

## Tanulmányok

# VALLJUK BE, MENNYI MINDENT NEM TUDUNK. . . A SZARVASI FÖLDRENGÉSEKRŐL

## LET US ADMIT HOW MUCH WE DO NOT KNOW. . . ABOUT THE EARTHQUAKES NEAR SZARVAS

Hetényi György

PhD, Lausanne-i Egyetem Földtudományi Intézet, Lausanne, Svájc  
gyorgy.hetenyi@unil.ch

### ÖSSZEFOGLALÁS

2023 augusztusában az Alföldön korábban nem észlelt földrengéssorozat kezdődött Szarvas közelében. Az események kapcsán számos újságcikk tett biztosra vagy szinte biztosra vehető állításokat. Egy ilyen földrengésraj megértéséhez azonban sokkal több adat, geofizikai modellszámítások és számottevő kutatási idő szükséges. Emiatt a Szarvas környéki földrengésekről a mai tudásunk alapján nem lehet biztosan megállapítani, hogy mekkora eséllyel kapcsolódhatnak emberi tevékenységhez.

### ABSTRACT

In August 2023, a series of earthquakes unprecedented in the Great Hungarian Plain began near the town of Szarvas. Several newspaper articles have made certain or almost certain claims about the events. However, understanding such a swarm of earthquakes requires much more data, geophysical modelling, and considerable research time. For this reason, and on the basis of what we know today, the probability of the earthquakes around Szarvas being related to human activity cannot be established with certainty.

**Kulcsszavak:** földrengések, kvantitatív bizonytalanság, emberi tevékenység hatása, tudományos kutatás

**Keywords:** earthquakes, quantitative uncertainty, effect of anthropogenic activities, scientific research

2023. augusztus 19-én egyedülálló földrengésraj kezdődött Szarvas közelében. Az esemény annyiban egyedülálló, hogy ehhez hasonló az Alföldön eddig nem volt ismert, és ilyen mennyiségű újságcikk sem született magyarországi földrengésekről ilyen rövid idő alatt.

A cikksorozatot Aszódi Attila, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) egyetemi tanára kezdte a *Portfolióban* (URL1). Vitaindító cikkében azt szorgalmazza, hogy kezdődjenek alaposabb vizsgálatok a földrengések és az emberi tevékenységek (például: víz- és szénhidrogén-termelés, geotermikus projektek) esetleges kapcsolatának kiderítésére. Aszódi cikkét követően számtalan reakció jelent meg, amelyek vagy egyértelműen, vagy nagyon nagy valószínűséggel kizárták, hogy emberi tevékenységnek köze lehet a földrengésekhez. A fő gond az, hogy ezen cikkek túlnyomó része (lehetetlen az összeset elolvasni) friss adatok nélkül, általánosságokra alapozva íródott, továbbá nagyrészt figyelmen kívül hagyta a földtudományokban kritikusan fontos bizonytalansági tényezőket. Ez indított arra, hogy tollat ragadjak, és rávilágítsak, mennyi mindent *nem tudunk* az Alföldön folyó, valóban rendkívül izgalmas eseményekről.

Kezdjük az alapoknál. Egy földrengés akkor pattan ki, amikor a felszín alatti kőzetekben a mechanikus feszültség meghaladja azt a mértéket, amekkorát az a kőzet el tud viselni. Egyszerű hasonlattal élve: addig feszítjük a befőttesgumit, amíg el nem szakad. Míg a befőttesguminál az ujjunkkal érezzük, és a szemünkkel látjuk, hogy közelítünk a szakadáshoz, a földrengések esetében nem léteznek ennyire közvetlen és ilyen jó minőségű megfigyelések, ezért sem lehet előre jelezni azokat. Éppen ezért, nyíltan be kell számolni arról, hogy mit *tudunk* a földrengésekről, hogy mi az, amit csak *pontatlanul tudunk*, és mi az, amiről *tudjuk, hogy nem tudjuk*.

Az elmúlt hetek fő kérdése ez volt: vajon az emberi tevékenység (például: [termál]víz kitermelése és besajtolása, föld alatti repesztés nyersanyag kitermeléséhez vagy tárolásához) kapcsolatba hozható-e az alföldi földrengésraj beindulásával? Mert egyértelműen egy valódi földrengésraj (swarm) szemtanúi vagyunk, és nem egy nagyobb főrengést követő, időben ritkuló és energiájában gyengülő utórengés-sorozatról van szó.

## ÁLLÍTÁSOK

Mai tudásunk szerint két dolgot *nem állíthatunk*. Egyrészt: „Emberi tevékenység nem befolyásolta a földrengések keletkezését.” Ez nem igaz, mert a felszín alatti mechanikus feszültségeket bizonyítottan befolyásolja az oda bepréselt vagy az onnan kiemelt folyadék, annak mennyisége és ezen tevékenység üteme. A természetes eredetű feszültségek szerepe a rengésraj kialakulásában vitathatatlan, azonban a természetes feszültségállapotot megváltoztató tevékenységek hatása jelenleg nincs számszerűsítve.

Másrészt: „A földrengéseket kizárólag emberi tevékenység okozta.” Ez sem igaz, mert az alaphól létező feszültségteret természetes folyamatok hozzák létre, és ez a legtöbb esetben magától okoz földrengést.

Amit viszont *biztosan lehet állítani*: Mai tudásunk szerint *nem tudjuk*, hogy az emberi tevékenység *milyen mértékben* befolyásolta a földrengésraj beindulását. Az előző bekezdésben kizártuk a 0%-os esélyt és a 100%-os esélyt is, tehát a kérdésre adott válasz nem lehet bináris, igen–nem, fekete–fehér. Ehelyett a választ egy 0 és 100 közé eső számmal, valószínűségként lehet kifejezni. Hogy mi ez a szám, azt a mai tudásunk alapján *nem tudjuk* megbecsülni; pontos becslésekhez adatokra, modellekre, időigényes kutatásra van szükség.

### BIZONYTALANSÁGI TÉNYEZŐK

Íme néhány lényeges elem, amit ma nem vagy csak bizonytalanul tudunk:

1. *A földrengések mélysége.* Sokan a földrengések „nagy mélységével” magyarázták, miért nem lehet ember által okozott eseményről beszélni. Ez teljesen helytelen, ugyanis az első mélységmeghatározási eredmények mindig nagyon pontatlanok. A frissebb, már jobb minőségű mélységmeghatározások szerint a földrengések 3 és 19 km közötti tartományban történtek, ennek is főleg a mélyebb részében, ugyanakkor a meghatározási bizonytalanság általában 5–10 kilométeres. Tehát hiába 13 km egy becslés, ha a bizonytalansága plusz–mínusz 10 km. A mélységek becslésén még lehet (és kell) javítani, a rutinton túlmenő módon, például a helyi üledékes réteg részletes hullámterjedési sebességének beépítésével, ami előreláthatólag sekélyebb eredményt fog adni. Érdeemes pontosan felmérni, hogy mekkora magnitúdótól kezdve érzékelték a lakosság az egyes eseményeket, ez is fontos eredményt adhat az események mélységére. Mindenesetre, a földrengések mélységmeghatározásának jelenlegi bizonytalansága alapján egyelőre *nem lehet* kizárni azt, hogy emberi tevékenység (akár csak apró mértékben is) hozzájárult a földrengésraj végső elindításához. Fontos szem előtt tartani, hogy a földrengések nem feltétlenül a folyadékok által közvetlenül, hanem sokszor az ezáltal gerjesztett feszültségváltozásokon keresztül közvetve, távolabb és mélyebben keletkeznek.
2. *A földrengések száma.* Hány (nagyon) kicsi földrengés van az eddig felismert mintegy száz eseményhez képest? Ebben mintázatfelismerő módszerek és/vagy mesterséges intelligencia segíthet, ezt a keresést is le lehet majd futtatni, és fontos eredményt ad majd a nagyobb és kisebb földrengések számának arányáról (ún. *b-value*).
3. *A felszín alatti kőzetek töredezettsége.* A felszín alatt ismert vetőkön kívül mekkora kiterjedésű kisebb, geofizikai képeken nem látható repedéshálózat, törésrendszer létezik? Erről elsősorban feltevéseink lehetnek a mostani, már jó minőségű képek alapján, illetve pontszerű információink a korábbi mélyfúrások adatai alapján.

4. *Milyen mértékben aktiválódhattak ezek a repedések és törések?* A kőzetekben már jelen lévő törések a már meglévő feszültségterhez viszonyított irányítotttsága befolyásolja, hogy mekkora eséllyel tud egy adott törés felújulni, tovább fejlődni. Erről számszerű modelleket lehet építeni, amelyekben a feltevéseink bizonytalanságát is elemezni kell.
5. *Mekkora mechanikai feszültség van ezekben a kőzetekben?* Ezt a ma ismert módszerekkel nem tudjuk megfelelő léptékben felmérni. Vagy költséges fúrólukakból kaphatunk pontonkénti értékeket, vagy nagy területre kiterjedő átlagszámokat kaphatunk; a mostani földrengésraj megértéséhez szükséges 10, 100, 1000 méter léptékű feszültségekről leginkább modelleket tudunk építeni. Ezek a modellek figyelembe tudják venni az Alföld felszín alatti terének természetes feszültségviszonyait, amelyek eddigi ismereteink alapján nagyon összetett, heterogén képet mutatnak.
6. *Hol és milyen emberi tevékenységről van szó?* Pontosán hol futottak és futnak olyan projektek, amelyek módosíthatják a felszín alatti mechanikus feszültségeket, és ezek mekkora hozammal, intenzitással működtek, működnek? Erre a válasz részben nyilvánosan elérhető az Országos Geotermikus Rendszer- (OGRE) adatbázisból (URL2): ebben egyből hat, 2–3 kilométerre lenyúló, aktívan termelő kút látszik a földrengésraj fölött és közvetlen közelében (1–8 km távolságon belül). A helyzet részletes megismerése céljából a nem nyilvános adatokat is a kutatók, elemzők felhasználására kell bocsátani, nem maradhat „titok”. Az OGRE-adatbázist böngészve látható, hogy az Alföldön rengeteg hévízkút működik évtizedek óta, nagyobb ( $M > 4$ ) magnitúdójú földrengések azonban nem fordultak elő a térségben az elmúlt három évtizedben. Pontosán ezért sem egyértelmű, hogy milyen kapcsolat lehet a kútmunkálatok és a rengések között.
7. *Mit mondanak a modellszámítások?* Egyelőre semmit, mert még nem végezték el azokat. Számszerűsíthető kijelentésekre akkor nyílik majd lehetőség, amikor a részletes szeizmológiai elemzéseken túl minden, a föld felszíne alatti feszültségteret számottevően megváltoztató emberi tevékenység felmérésre kerül, illetve fizikai modellekkel kiszámoljuk a folyadékok áramlását és az ezáltal kifejtett mechanikai feszültség nagyságát és területi kiterjedését (a bizonytalanságot is meghatározva), s végül ezeket összevetjük a tektonikai eredetű feszültségváltozásokkal.
8. *Meddig fog tartani a földrengésraj?* Ezt egyelőre nem tudjuk, akár több szakaszban is aktiválódhat, heteken, hónapokon át, esetleg még tovább. Az említett modellek viszont segíthetnek megmagyarázni a Szarvas környéki földrengésraj idő- és nagyságbeli eloszlását is, sőt akár nagyságrendi becslést is adhatnak arra, mennyi ideig tarthat ez a raj.

## MIT TEHETÜNK?

Ne kövessünk el Szarvas-hibát! [sic!] A szarvasi eset kapcsán nem szabadna olyasmit állítani, amit nem vagy csak nagyon pontatlanul tudunk; a pontos eredmények elkészültéig óvatosabban kellene fogalmazni.

Az Amerikai Geológiai Szolgálat (USGS) szerint az emberi tevékenység helyszínéhez képest akár 25 kilométerrel arrébb és kilométerekkel mélyebben is keletkezhetnek úgynevezett *indukált*, gerjesztett földrengések (URL3). Vagyis, ahol a létező tektonikai feszültségekhez hozzáadódó, ember által keltett feszültségváltozás földrengést eredményez. A friss geotermikus és kőzetmechanikai kutatási eredmények szerint a föld alatti repedésrendszer időben sokáig fejlődik: a folyadékbesajtolás időtartamához képest nagyságrendileg százszor annyi ideig. Tehát ha például 1980-ban fél éven át történt folyadékbesajtolás, akkor az azzal összefüggő törésrendszer nagyságrendileg ötven évig, vagyis 2030-ig repedezik tovább. Fontos megjegyezni, hogy az emberi beavatkozás típusától függően különböző nagyságú és mechanizmusú változások következhetnek be a felszín alatti tér természetes állapotában. Például a kőzetrepesztés sokkal nagyobb mértékű mechanikai feszültségváltozást tud okozni, mint egy egyszerű hévízkutas kitermelés. Az injektálási beavatkozások során pedig a mechanikai feszültségváltozások mellett fontos szerepet játszhat a hőmérséklet-különbség okozta feszültségváltozás, amely a hideg fluidumok forró kőzetekbe történő besajtolásához köthető.

A fenti jelenségek pontos mértéke továbbá függ a helyi kőzetektől, töredezettségüktől, a helyi feszültségviszonyoktól is, és éppen ez az, amit feltétlen meg kellene vizsgálni, alaposan kutatni, modellezni. Ehhez sok fontos tényező adott Magyarországon: a szakmai tudás, az adatok, a nemzetközi együttműködéshez kapcsolatok. De nem minden adott: szükség van az adatok megosztására, valódi együttműködésekre és a feladatra szánt kutatási időre és pénzre. A mostani eseménnyel annál is inkább megéri foglalkozni, mert a hasonló esetek a jövőben szinte minden üledékes medencében előfordulhatnak, és még sokszor fel fogják tenni ugyanezt a kérdést az emberi tevékenységek szerepéről. Tehát a szaktudás és a tapasztalat kamatoztatható, eladható.

Leszögezem, hogy nem azt sugallom, hogy feltétlenül az ember okozta a földrengéseket, és legkevésbé sem szeretnék táptalajt adni összeesküvés-elméleteknek. Csupán arra igyekszem rávilágítani, hogy az alföldi földrengésraj megértésében egyelőre a sötétben tapogatózunk, és biztosabb, bizonyosabb állításokhoz még sokat kell dolgozni. Lehet, hogy a korábban említett valószínűség az emberi tevékenység szerepére vonatkozóan 1, esetleg 10 vagy akár 80 százalék lesz – minden olyan eredmény elfogadható, amelyik alá van támasztva.

A most a szemünk előtt – és a lábunk alatt – folyó eset nem egyértelmű, éppen ezért részletes vizsgálatot igényel. E véleményemet számos kolléga osztja Európa-szerte. Olasz kollégáim kiemelték, hogy a téma túlmutat a szeizmikus

veszélyeztetettség: nagyon fontos a felszín alatti tevékenységgel járó projektek biztonságos működéséhez és az ezen témákhoz kapcsolódó megfelelő tudományos és társadalmi kommunikációhoz is. Nincs abban semmi eget rengető, ha emberi tevékenységnek (például az energiaellátásunkhoz szükséges geotermikus projekteknek) köze van a Szarvas melletti földrengésekhez: ennek a lehetősége világszerte ismert, és az ezzel járó kockázatokkal ugyanúgy meg kell tanulni együtt élni, mint más emberi tevékenységek kockázataival, legyen az közlekedési, ipari vagy gazdasági. Magyarország Európában kiemelkedő geotermikus adottságainak kiaknázásához is elengedhetetlen a modern kutatásokra alapozott kockázatsökkentés, amely elősegíti a geotermikus projektek fenntartható, társadalmilag elfogadott működését, ezáltal megalapozva a geotermikus energia növekvő szerepét az ország energiaellátásában. Szarvas-hiba helyett ragadjuk meg szarvánál az esetet, és végezzünk alapos, adatokra és fizikai modellekre épülő, bizonytalanságbecsléssel bíró tudományos kutatásokat!

#### IRODALOM

- URL1: <https://www.portfolio.hu/gazdasag/20230828/aszodi-attila-surgos-vizsgalatokra-van-szuksega-magyarorszagi-foldrengesek-miatt-635933>
- URL2: <https://map.mbfisz.gov.hu/ogre/>
- URL3: <https://www.usgs.gov/faqs/are-earthquakes-induced-fluid-injection-activities-always-located-close-point-injection>