

Reális a földrengésveszély Magyarországon?

WÉBER ZOLTÁN

2022. végén fejeződött be a Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet és a Geomega Kft. együttműködésével a Nemzeti Kiválósági Program keretében megvalósult kutatás, amelynek célja Magyarország szeizmotektonikai veszélyeztetettségi térképének megalkotása volt. A következőkben a kutatás eredményeiből mutatunk ízelítőt.

Bevezetés

Magyarország és környezetének földrengés-veszélyeztetettsége valós. A térségben bárhol előfordulhat földrengés, és akár súlyos következményekkel járó szeizmikus esemény lehetőségét sem lehet kizárni.

A földrengések oka a térség aktív geológiai fejlődése. A Kárpát-medence (földtani szempontból a Pannon-medence), valamint a környező hegyláncok mozgása, gyűrődése mind a mai napig tart. A földrengésveszély mértéke közepes: átmenetet képez a szeizmikusan aktív mediterrán térség és a tektonikailag stabil Kelet-európai-platform között. A közepes aktivitás azonban nem jelenti azt, hogy minden földrengés mérsékelt erősségű lenne, csak azt, hogy a nagy rengések ritkán következnek be. A múltban több, komoly pusztítást okozó földrengés sújtotta az országot. Például 1763-ban Komárom, 1834-ben a magyar-román határ közelében található Érmellék térségében pattant ki 6-osnál nagyobb rengés. A huszadik század folyamán 1911-ben Kecskeméten, 1925-ben Egerben, 1956-ban Dunaharasztaban keletkezett 5-ösnél nagyobb, 1985-ben pedig Berhidán 4,9-es magnitúdójú, jelentősebb károkat okozó földrengés. Statisztikai

vizsgálatok szerint 5-ösnél nagyobb magnitúdójú földrengések hazánkban átlagosan 40-50 évente fordulnak elő. Napjainkban pedig a modern társadalom és gazdaság kritikus infrastruktúráinak sérülékenysége miatt egy-egy nagyobb földrengés beláthatatlan következményekkel járhat hazánkban is.

A földrengéseket elhárítani nem tudjuk. Védekezni ellenük csak úgy lehetséges, ha felmérjük a földrengés-veszélyeztetettség mértékét, és olyan épületeket tervezünk és építünk, amelyek a megállapított veszélyeztetettség mértékének ellent tudnak állni.

A földrengés-veszélyeztetettség területről-területre változik, amelynek meghatározása a szeizmológia egyik legfontosabb feladata. Az utóbbi évtizedekben jelentős haladás történt a Föld dinamikájának megértésében, beleértve a földrengések kialakulásának folyamatát és mechanizmusát. Ezzel párhuzamosan látványosan fejlődtek az aktív vetők térképezésére alkalmas geofizikai mérések, a szeizmogén szerkezetek pontosabb azonosítására képes hipocentrum meghatározó eljárások, és új űrgeodéziai módszerek születtek a felszínmozgások nagy pontosságú mérésére. E korszerű ismeretek és technikák szélesebb alapokra helyezik a szeizmi-

kusan veszélyes területek kijelölését.

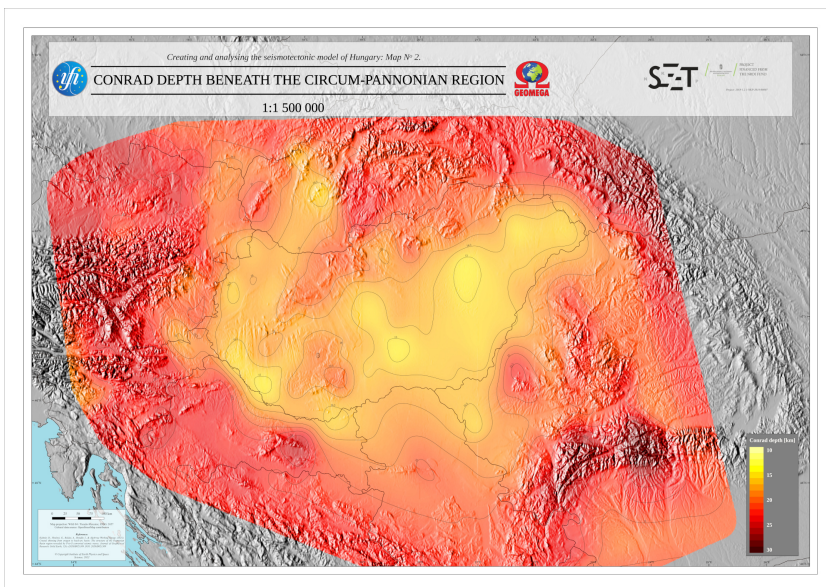
Ennek szellemében a Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet és a Geomega Kft. – a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal anyagi támogatásával – egy olyan kutatási projekten dolgozott 2019–2022 között, amelynek végcélja egy új hazai szeizmotektonikai veszélyeztetettségi térkép megszerkesztése volt. A térkép országos skálán mutatja a fiatal és aktív törésvonalakat, a földrengések eloszlását és fészekmechanizmusát, valamint hazánk földrengés-veszélyeztetettség szempontjából legérzékenyebb területeit. Egy ilyen térkép mind a helyi szeizmikus kockázatelemzések, mind pedig az országos léptékű infrastrukturális stratégiai tervezések alapjául szolgálhat.

A projekt végcélját, azaz a szeizmotektonikai, illetve szeizmotektonikai veszélyeztetettségi térképek megszerkesztését és értelmezését szerteágazó kutatások előzték meg, amelyek önmagukban is jelentős új eredményekkel járulnak hozzá a

Pannon-régió szerkezetének és geodinamikájának jobb megértéséhez. A kutatás kiterjedt a teljes litoszférára, a felszíntől a litoszféra/asztenoszféra határig.

Fontosabb eredmények

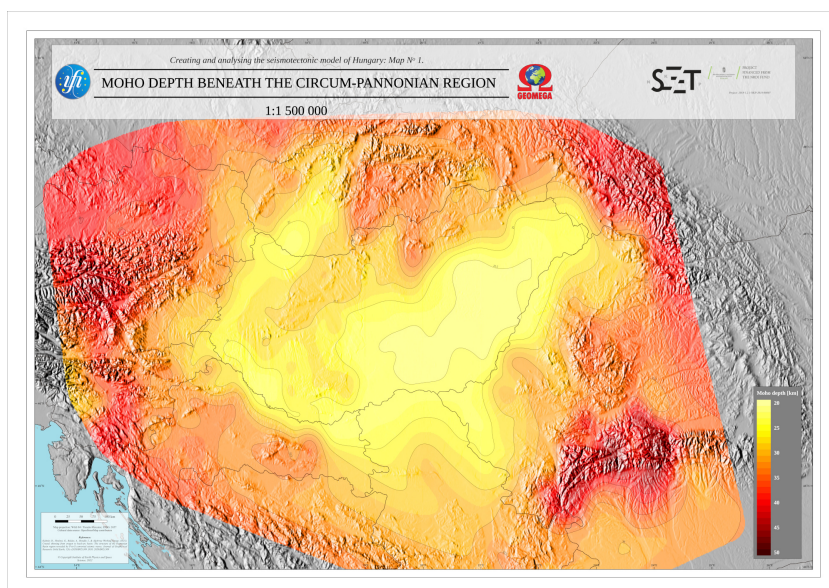
A Pannon-régióban működő állandó és ideiglenes szeizmológiai állomások mérési adataira támaszkodva meghatároztuk a földkéreg szerkezetére jellemző két határfelület mélységét. Az alsó és a felső kéreg között elhelyezkedő Conrad-felület mélységéről korábban még nem készült ilyen térkép. Az 1. ábrán bemutatott eredményeink szerint a Conrad-felület sekélyebb (12-16 km) az üledékes medencék (Alföld, Kisalföld, Dráva-medence) alatt és mélyebb (24-28 km) a Keleti-Alpok és a Déli-Kárpátok környezetében. Más szavakkal: a felső kéreg az üledékes medencék alatt a legvékonyabb, míg a hegységek alatt a legvastagabb.



1. ábra. Az alsó és a felső kéreg között elhelyezkedő Conrad-felület mélységtérképe. A felső kéreg az üledékes medencék alatt vékonyabb (sárga), mint a hegységek alatt (piros) (Kalmár et al. 2021).

A földkéreg alját jelentő határfelületet Moho-felületnek hívjuk. Ennek mélysége lényegében a földkéreg vastagságának felel meg. Az általunk szerkesztett Moho-térkép (2. ábra) – köszönhetően a rendelkezésre álló sűrű szeizmológiai állomáshálózatnak – sokkal részletgazdagabb és területileg is jobban lefedett, mint az eddig ismert térképek. A Moho-felület legsekélyebb (20-26 km) az üledékes medencék alatt, különösen az Alföld délkeleti részén. A Pannon-medence belsejétől kifele haladva mélyülés (28-33 km) figyelhe-

tő meg az Erdélyi-szigethegység, Északi-középhegység és Dunántúli-középhegység alatt. A legvastagabb (40-45 km) kéreg a Keleti-Alpok és a Déli-Kárpátok vonulatai alatt található. Mivel a szárazföldek alatti kéreg vastagsága a Földön átlagosan 30-35 km, megállapíthatjuk, hogy hazánk alatt a földkéreg jelentősen kivékonyodik. Ennek következtében Magyarországon az átlagosnál nagyobb a földi hőáram. Ez is az oka annak, hogy hazánk olyan gazdag hőforrásokban.



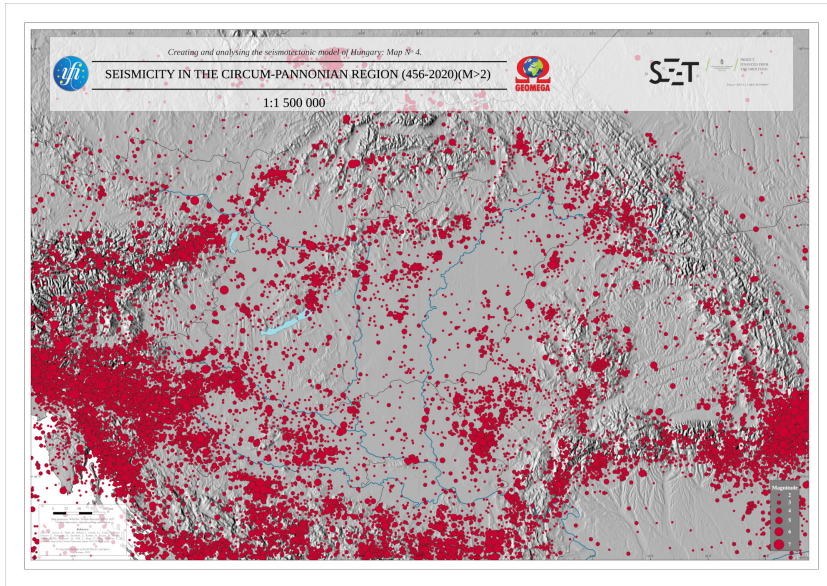
2. ábra. A földkéreg aljának, azaz a Moho-felületnek a mélysége. Magyarország alatt a kéreg jelentősen vékonyabb (sárga), mint a kontinentális átlag (Kalmár et al. 2021).

A Magyar Nemzeti Szeizmológiai Bulletinokban (<http://www.seismology.hu/index.php/hu/szeizmicitas/foeldrengesek-evkoenyve>) fellelhető, 1996-2021 között műszeresen detektált szeizmikus események hipocentrumát a legmodernebb helymeghatározó algoritmusokkal pontosítottuk, majd azonosítottuk és elkülönítettük az emberi tevékenység által előidézett eseményeket (el-

sősorban bányarobbantásokat). Az így kapott, jobbra már csak földrengéseket tartalmazó adatbázist egyesítettük a történelmi földrengéseket tartalmazó magyar földrengés-katalógussal. A kapott egyesített adatbázis alapján megszerkesztettük a Pannon-medence szeizmicitás térképét (3. ábra), amely elengedhetetlen részét képezi az új országos szeizmotektonikai térképnek. A szeizmicitás térkép megmutatja,

hogy az eddigi megfigyelések szerint hol keletkeztek földrengések. A térképről leolvasható, hogy hazánk jelenlegi határain belül a földrengés-aktivitás közepes szintű, míg például Szlovéniában, Horvátország-

ban és Románia egyes területein az aktivitás lényegesen nagyobb. Magyarország területén belül sem egyenletes a rengések területi eloszlása: vannak földrengéseknek jobban és kevésbé kitett régiók.

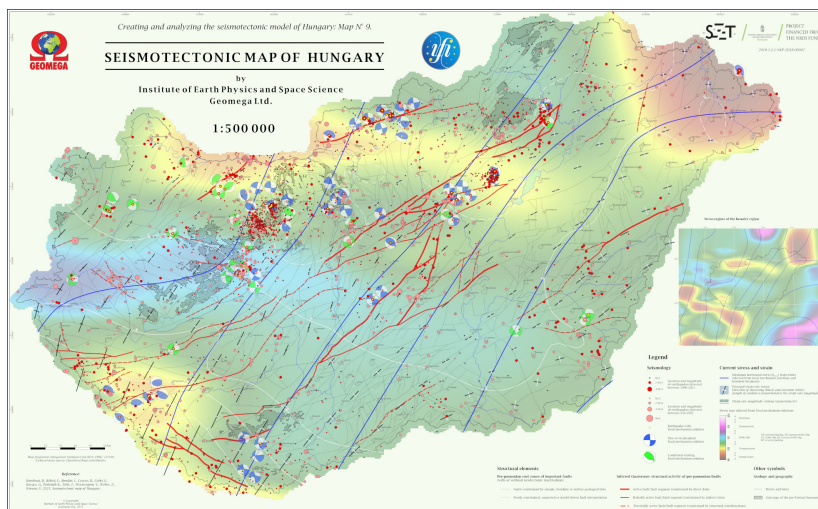


3. ábra. A Kárpát-medence szeizmicitása. A piros pöttyök az ismert földrengések keletkezési helyét (epicentrumát) jelölik. A pöttyök mérete a rengések nagyságával (magnitúdójával) arányos (Czecze et al. 2023, Györi et al. 2023).

Földrengések által nyújtott információk és fúrólukokban végzett mérések adatai alapján vizsgáltuk a földkéregben felhalmozódott kőzetfeszültség jellemző tulajdonságait is. Megállapítottuk, hogy Magyarországon kompressziós jellegű feszültség rezsím uralkodik, sehol sem jelentkezik extenzió (tágulás). A kőzetfeszültség Magyarország területén döntően (É)ÉK–(D)Ny irányú. Ez alól kivételt képez a Kisalföld déli része és az Alföld keleti, valamint északkeleti része, ahol a kőzetfeszültség kb. K–Ny-i orientációjú.

Mіндеzen eredmények és információk birtokában megszerkesztettük az új országos szeizmotektonikai térképet (4. ábra), amely feltünteti a historikus (456–1995) és a modern, műszeresen de-

tektált földrengéseket (1996–2021), az aktív vetőket/vetőzónákat, továbbá a jelenkori kéregdeformáció jellegét, irányát és nagyságát. A térkép háttérét a színek segítségével megjelenített feszültségrezsím adja, amely szerint hazánkban túlnyomórészt oldaleltolódásos és feltolódásos földrengések keletkeznek, azaz kompressziós feszültségtér uralkodik. A kőzetfeszültség irányát az ún. feszültség trajektóriák jelenítik meg. Az új szeizmotektonikai térkép az első ilyen típusú térkép az országról, amely tehát szintetizálja azokat a szeizmológiai, tektonikai és geodinamikai ismeretanyagot, amely segítségével megérthetjük a hazánkban aktív tektonikai-geodinamikai folyamatokat.



4. ábra. Magyarország új szeizmotektonikai térképe, amely feltünteti az ismert földrengések kipattanási helyét (piros és halványpiros pöttyök), az aktív vetőket/vetőzónákat (piros vonalak), valamint a kéregben uralkodó kőzetfeszültség irányát (kék trajektóriák). A térkép háttérét a színek segítségével megjelenített feszültségrezim adja, amely szerint hazánkban túlnyomórészt oldaleltolódásos és feltolódásos földrengések keletkeznek (Koroknai et al. 2023a,b).

Ugyanazon földrengés nagyobb földfelszíni rázást okoz laza üledékekkel fedett területen, mint kemény kőzeten. A földrengés-veszélyeztetettség becsléséhez tehát nagyon fontos tudnunk azt is, hogy az ország egyes területein milyen talajtípusok, talajosztályok találhatóak. Ezért az új szeizmotektonikai veszélyeztetettség térkép (5. ábra) nemcsak arról nyújt információkat, hogy mely területeken fordulhatnak elő földrengések, illetve vető menti elmozdulások, hanem jelzi a különböző talajosztályok elhelyezkedését is, bemutatva ezzel, hogy földrengések esetén hol milyen mértékű rengéserősítő hatással kell számolnunk. Azokat a területeket tekintjük a legveszélyeztetettebbnek, ahol nagyobb számú földrengést, vagy ilyen területhez kapcsolódó aktív vetőt láthatunk, továbbá konszolidálatlan, laza talajtípus fordul elő. A térkép tájékoztató jellegű, méretaránya miatt átnézetes képet nyújt hazánk veszélyeztetettség viszonyairól, kijelölve a kisebb, illetve a nagyobb veszélynek kitett

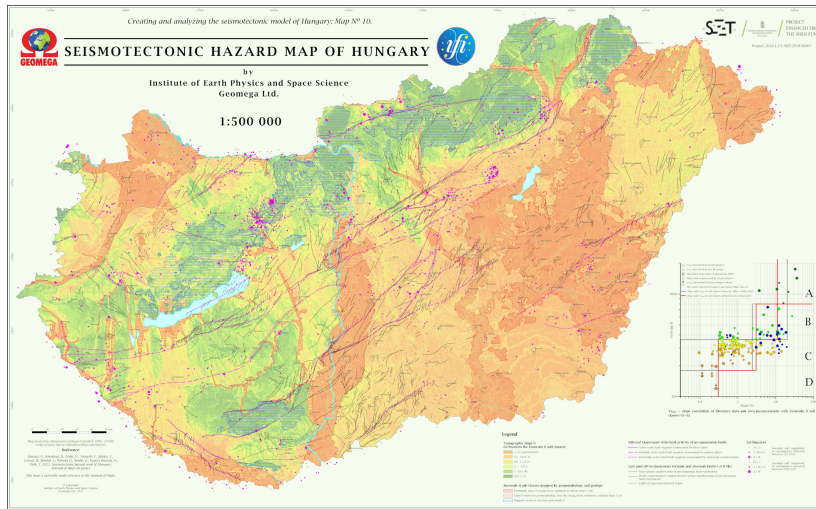
területeket.

A térkép tudományos értékén túl gyakorlati szempontból is kiemelt fontosságú, hiszen mind a helyi szeizmikus kockázatelemzésekhez, mind pedig az országos léptékű infrastrukturális stratégiai tervezésekhez alapvető jelentőségű információkat nyújt. Ugyanakkor hangsúlyozzuk, hogy egy-egy szakmai döntés, vagy konkrét beruházás előtt kellően átgondolt és precízen kivitelezett helyi geofizikai mérésekre és csatlakozó (mérnök-)geológiai vizsgálatokra van szükség a pontos veszélyeztetettség megállapítására.

A projekt eredményei a magyar szeizmológiai kutatás több mint 100 éves örökségére, valamint a Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet és a Geomega Kft. gyümölcsöző együttműködésére építve, több esetben nemzetközi kooperációk keretében és a legkorszerűbb módszerek felhasználásával jöttek létre. Az elkészült térképek, elemzések jelentős előrelépést jelentenek mind tudományos, mind gya-

korlati szempontból. Tudományosan meg-alapozott bemeneti adatokat szolgáltat-nak az aktuális és későbbi földrengés-veszélyeztetettségi vizsgálatokhoz és koc-

kázatelemzésekhez, mérsékelve ezzel a környezetünkben keletkező földrengések várható következményeit.



5. ábra. Magyarország új szeizmotektonikai veszélyeztetettségi térképe, amely feltünteti az ismert földrengések kipattanási helyét (lila pöttyök), valamint az aktív vetőket/vetőzónákat (lila vonalak). A térkép háttérét a színek segítségével megjelenített különböző talajtípusok adják: minél pirosabb színnel van jelölve egy terület, annál lazább altalajjal kell számolnunk. Azokat a területeket tekintjük a legveszélyeztetettebbnek, ahol nagyobb számú földrengést, vagy ilyen területhez kapcsolódó aktív vetőt láthatunk, továbbá konszolidálatlan, laza talajtípus fordul elő (Koroknai et al. 2023a, Kovács et al. 2023).

Hivatkozások

- Czece, B., Győri, E., Timkó, M., Kiszely, M., Süle, B., Wéber, Z. (2023). A Kárpát-Pannon régió szeizmicitása: aktualizált és átdolgozott földrengés-adatbázis. FÖLDTANI KÖZLÖNY, 153(4), 279–296.
- Győri, E., Czece, B., Timkó, M., Bondár, I., Czanik, C., Czifra, T., ... Wéber, Z. (2023). Seismicity map of the Circum-Pannonian region (456–2020) ($M > 2$). FÖLDTANI KÖZLÖNY, 153(4)
- Kalmár, D., Hetényi, G., Balázs, A., Bondár, I. (2021). Crustal Thinning From Orogen to Back-Arc Basin: The Structure of the Pannonian Basin Region Revealed by P-to-S Converted Seismic Waves. JOUR-

NAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH: SOLID EARTH, 126(7).

- Koroknai, B., Kovács, G., Wórum, G., Békési, E., Győri, E., Czece, B., ... Tóth, T. (2023a). Magyarország szeizmotektonikai viszonyai és veszélyeztetettsége. Földtani Közlöny, 153(4), 335-352.
- Koroknai, B., Békési, E., Bondár, I., Czece, B., Győri, E., Kovács, G., ... Wórum, G. (2023b). Magyarország szeizmotektonikai térképe. FÖLDTANI KÖZLÖNY, 153(4)
- Kovács, G., Koroknai, B., Győri, E., Németh, V., Balázs, L., Bondár, I., ... Tóth, T. (2023). Magyarország szeizmotektonikai veszélyeztetettségi térképe. FÖLDTANI KÖZLÖNY, 153(4)

