

# Hazánkban is érezhető földrengések Ausztriában, a Bécsi-medence területén (2021)

CZECZE BARBARA

*A 2021-es évben több olyan földrengés is kipattant Ausztria területén, melyet a hazai lakosság – főleg a határ menti településeken – is érzett. Bár Ausztria nem tartozik a leginkább szeizmikusan aktív területek közé a világon, hazánkhoz hasonlóan ott is előfordulhatnak nagyobb, károkat is okozó földrengések. Ezen a területen a legnagyobb jól ismert, Magyarországot is érintő földrengés 1972. április 2-án pattant ki 5.9-es magnitúdóval, melyet a nagy Bécsi földrengésként emlegetnek, és aminek során hazánkban is számoltak be épületkárokról. Az újabb érezhető osztrák földrengések kapcsán sok bejelentés érkezett Observatóriumunkba, a hazai lakosság több jelenségről is beszámolt. Ebben a tanulmányban összefoglaljuk, hogy mi is okozta ezeket az eseményeket, és milyen földrengések keletkeztek a múltban ezen a területen.*

## Ausztria szeizmicitása

Ausztria nagy része az Alpok keleti részén található. Az Alpok e része négy fő régióra osztható: Északi-Középső-Alpok, Középső-Alpok, Déli-Alpok és Keleti-Alpok, így nagyon sokszínű és eltérő szeizmicitású tájegységeket határolhatunk le (1. ábra).

A legészakibb alpesi tájegység az Északi-Középső-Alpok, itt található Ausztria legmagasabb csúcsai, Großglockner (3 798 méter) és a Wildspitze (3 768 méter). Ezt a területet főleg kristályos alapzat jellemzi, itt található az Alpok legősibb kőzetei, amelyek a prekambriumi időszakból (kb. 4,6 milliárd - 541 millió évvel ezelőtt) származnak. Ezen kőzetek többek között a gneiszek, amfibolitok és a gránitok. A területen földrengések ritkán fordulnak elő, jellemzően kisebb magnitúdóval.

A Középső-Alpok az osztrák Alpok

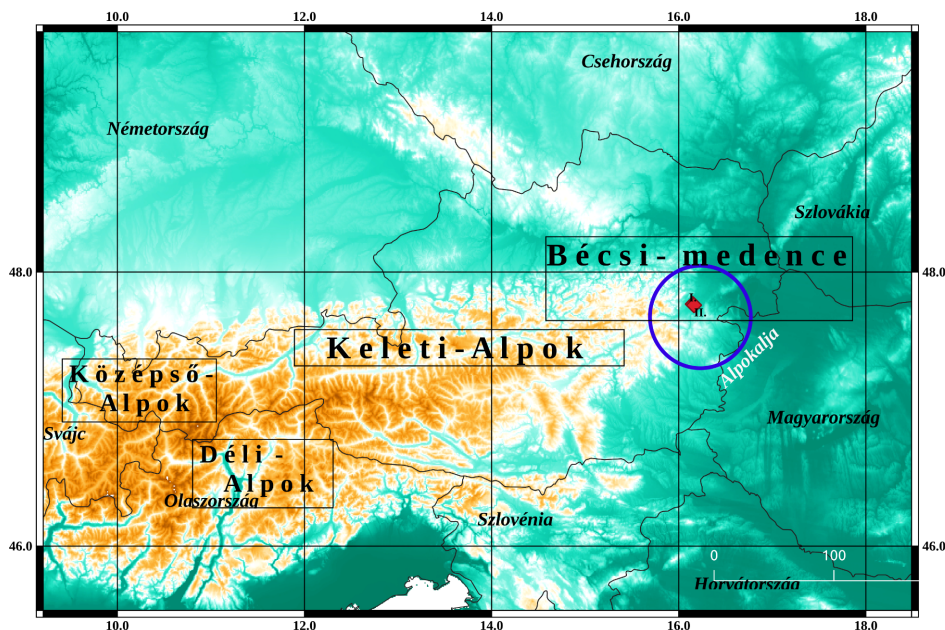
középső részét jelenti, gazdag gleccserekben, hegyekben, völgyekben. Ez a tájegység a kristályos kőzetek mellett üledékes kőzetekben is gazdagabb. A sík vidékeket már kissé magasabb szeizmikus aktivitás jellemzi, de a földrengések mérete ritkán jelentős. Az osztrák Alpok keleti részét a Keleti-Alpok alkotja, mely átnyúlik Csehország, Szlovákia és Magyarország felé. A Keleti-Alpok jellemzően lágyabb vonalvezetésű, mint a nyugati Alpok, szintén mérsékelt szeizmicitással.

Földrengések szempontjából az egyik legérdekesebb terület az Ausztria déli határa mentén található Déli-Alpok, az ütközési zóna, mely kiterjed Észak-Olaszországba és Szlovéniába is. Itt található a Dachstein-hegység és a Karavankák. Gazdag karsztos formációkban és gyönyörű tavakban. A Dachstein-hegység és a Karavankák fekszik legközelebb az

Adriai-mikrolemez határához, így ez egy szeizmikusan aktív terület, ahol gyakran pattannak ki erősebb földrengések.

Végül a Bécsi-medence Ausztria keleti, hazánkhoz közeli részén található,

mely egy nagy, sekély, a Pannon-medence részét képező üledékes medence. Az itt ki-pattant földrengéseket érezte a hazai lakosság, így ez a terület részletesebben is bemutatásra kerül.



1. ábra. Ausztria főbb tájegységei, a Keleti-Alpok részei. A vizsgált területet (Bécsi-medencét) kék kör, a 2021-es érezhető földrengések helyét piros rombuszok jelölik.

## A Bécsi-medence

A Bécsi-medence Ausztria keleti részén található, és egy nagy, ovális alakú, sekély medence, mely Bécs városát is magában foglalja, az ország legsűrűbben lakott területe. A medence kialakulásában és szerkezetében számos geológiai folyamat játszott szerepet. Természetesen fő oka tektonikai lemezmozgásokhoz kapcsolódik. A medence az Alpok és a Kárpátok között található, ahol az Eurázsiai és az Afrikai lemezhatárok találkoznak egymással. A medencét főleg üledékes kőzetek alkotják. Az alján vastag rétegekben található homok, agyag, kavics, melyeket a folyók és gleccserek szállítottak a területre az elmúlt évmil-

liók során. Az üledékek vastagsága változatos, a medence központi részén vastagabb, míg a perem felé vékonyodik. Nem csak a medencefenékre lerakódott üledék vastagsága, a magassági szintek is változatosak. A medence alja 150-300 méteres tengerszint feletti magasságban található, a peremén elérheti a 300-500 métert is (Hinsch et al. 2005). Ezen a területen jelentős kőolaj- és földgáz lelőhelyek fordulnak elő, de az évszázadok során a sóbányászat is jellemző volt. A medence fontos szerepet játszik a víz- és termálforrások kialakulásában, melyeket a mélyben található nagy víztartalmú rétegek táplálnak.

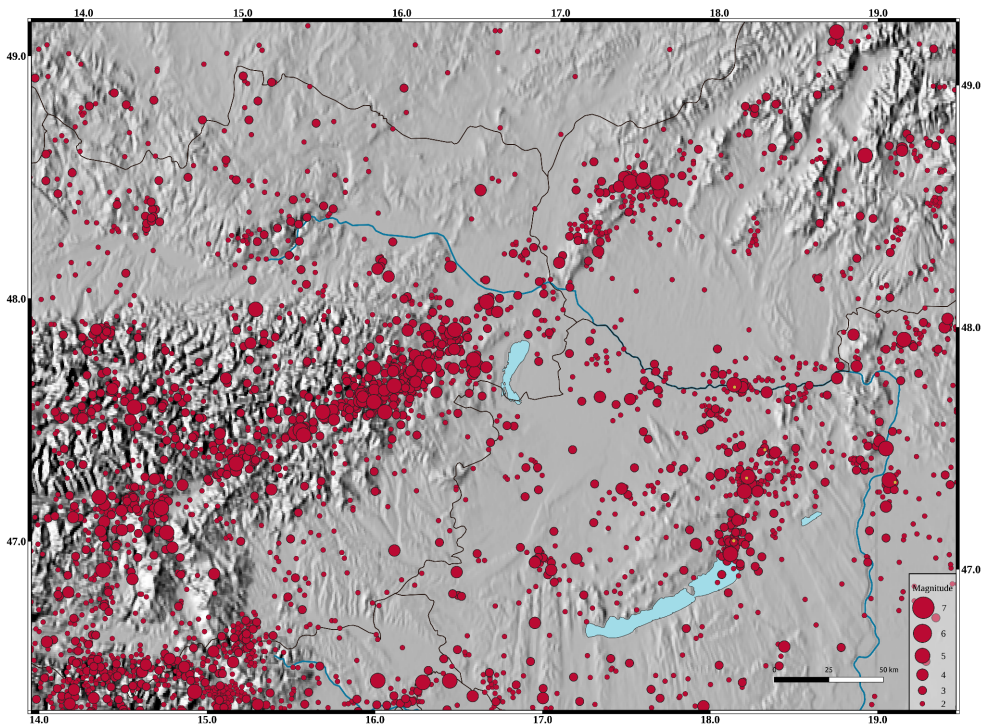
Összességében láthatjuk, hogy az üledék az uralkodó a medencében, mely

szeizmicitás szempontjából nem elhanyagolható. A földrengések során felszabaduló energia földrengéshullámok formájában terjed a környező kőzetekben, talajrétegekben. Az üledékes kőzetekben a földrengéshullámok felerősödhetnek, melynek több oka is van. Az üledékes rétegekben található kőzetek általában laza szerkezetűek, kevésbé merevek, mint a szilárd kőzetekben, mely azt eredményezi, hogy az üledékben a földrengéshullámok lassabban terjednek. A laza szerkezet miatt az üledékes rétegek hajlamosabbak a deformációra, erősítve a földrengéshullámok amplitúdóját.

Emellett az üledékes rétegek általában heterogének, sokszínűek, változatos összetételűek, bonyolult rétegződésűek. Így a terjedési sebességek is eltérnek

a különböző rétegekben, mely a réteghatárokon történő visszaverődésekhez vezet. Így többszörös interferencia is kialakulhat, aminek következtében felerősödhetnek a rugalmas hullámok, ezzel nagyobb károkat okozva a földrengés kipattanásának közelében. Természetesen a földrengés forrásától távolabb már csillapodnak a rugalmas hullámok.

A Bécsei-medence alapvetően nem számít magas szeizmicitású területnek, de évről-évre előfordulnak érezhető földrengések. Gyakoriságuk és méretük változó lehet, de nagyon jól kirajzolódik a terület tektonikai aktivitása (2. ábra). Az állomáshálózat évről-évre javul, így a legkisebb események is regisztrálásra kerülnek, az adatok minősége minden eddiginél kedvezőbb.



2. ábra. 2. A Bécsei-medencét átszelő Mur-Mürz vetőzónához kapcsolható historikus és recens földrengések 456-tól 2021-ig. Az földrengéseket jelölő körök mérete a magnitúdóval arányos (Györi et. al, 2022)

A földrengések kipattanási helyei nagyon jól kijelölik a folyamatosan aktív, leginkább balos oldalelmozdulásokat produkáló Mur-Mürz törésvonalat (vetőrendszer) (3. ábra), mely egy jelentős tektonikai határt képez az Alpok és a Pannonmedence között (Decker et al. 2005). Jelenlegi ismereteink szerint ehhez a vonalhoz kapcsolódhat a hazánkban észlelt egyik legnagyobb, és legelső ismert történelmi földrengése, mely 456. szeptember 7-én pattant ki. Bár a rengés keletkezési helyét nem sikerült pontosan rekonstruálni, vélhetően Szombathelytől (Savaria) ÉNY-ra, 35-40 km-es távolságban volt az epicentrum, és magnitúdója 6,6-osra becsülhető, de ez nagyon bizonytalan adat.

Az 1200-as évektől 14 további olyan földrengést jegyeztek fel, mely a Mur-Mürz zónához köthető, és legalább 7-es intenzitású volt. (Hausmann et. al, 2010). A Bécsi-medence környéke alkalmanként 4-esnél erősebb földrengéseket produkál, például 1938-ban Ebreichsdorf közelében egy 5.0-s magnitúdójú földrengést (Apoloner et. al, 2014). A műszeresen regisztrált legnagyobb földrengés magnitúdója 5.9 volt.

## A 2021-ben észlelt események

2021. március 30-án helyi idő szerint 18:25-kor 8 km-es mélységben földrengés keletkezett Ausztriában, Bécs közelé-

ben, a magyar országhatártól megközelítőleg 30 km-re. A földmozgás mérete 4,4 volt a Richter-féle skálán. Ezt április 20-án helyi idő szerint 00:57-kor egy újabb, 4,3-as magnitúdójú földrengés követte Wiener Neustadt közelében, a magyar országhatártól megközelítőleg 25 km-re. Mindkét földrengést érezte a hazai lakosság, bejelentések a nyugati határvidékről, főleg Sopronból érkeztek Observatóriumunkba.

Az első földrengést széles körben érezték: Bécs, Sopron, Győr, Mosonmagyaróvár, Wiener Neustadt, Szombathely, Tatabánya, Eisenstadt, Kőszeg, Nagykanizsa, Oberpullendorf. A két érezhető földrengést több kisebb utórengés is követte, melyekről már nem érkeztek bejelentések. Közülük a legerősebb április 23-án keletkezett, mérete 3,6 volt a Richter-féle skálán.

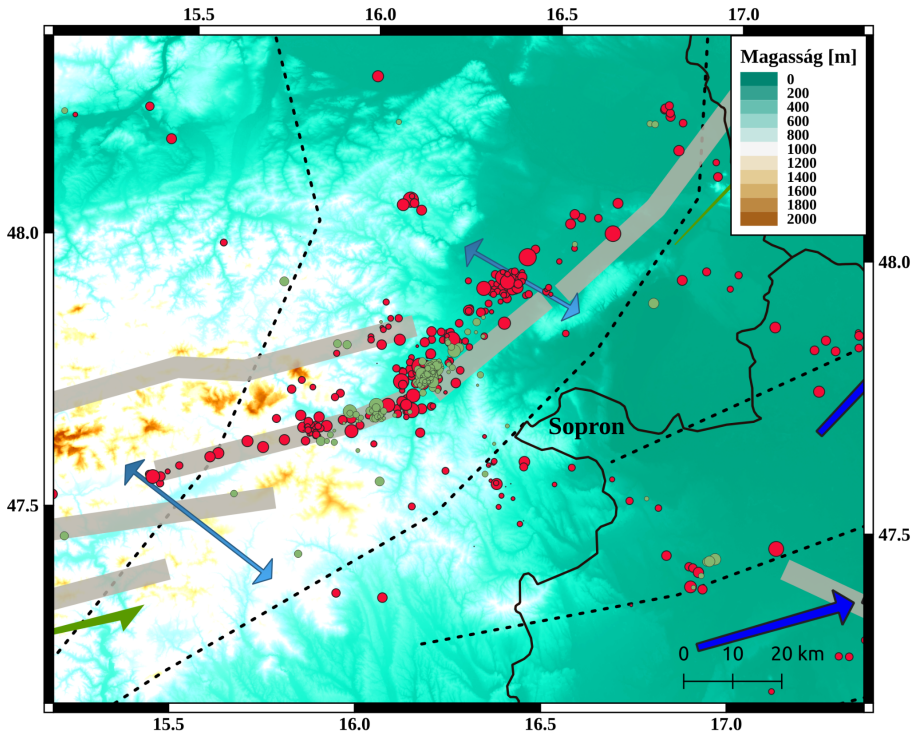
A 3. ábrán a piros körök az elmúlt 25 év szeizmicitását mutatják, míg a zöld körök a 2021-ben regisztrált földrengéseket mutatja, beleértve a lakosság által nem érezhető utórengéseket is.

A 3. ábrát vizsgálva jól látszik, hogy a térségben kipattanó földrengések epicentrumai szinte kirajzolják a szürke vonallal jelölt törési zónát, a Mur-Mürz vetőrendszert, mely szinte teljes vonalán aktívnek tekinthető.

A főrengést számos kisebb utórengés követte, melyek nagy részét a lakosság már nem érzékelte. Ahogy az látható volt, időben egyre kisebb utórengések pattantak ki, ezek közül a legjelentősebbek:

Dátum	Magnitúdó
2021. március 30.	4,4
2021. április 20.	4,3
2021. április 20.	2,8
2021. április 23.	3,6
2021. április 24.	3,2

**1. táblázat.** A 2021. március-április hónapban keletkezett jelentősebb földrengések Ausztriában



**3. ábra.** Digitálisan regisztrált földrengések a Bécsi-medence környezetében 1996-tól napjainkig (RSTT, iLoc helymeghatározások). A zöld körök a 2021-es év eseményeit jelölik, köztük a két érezhető földrengést is. A körök mérete a magnitúdóval arányos. A nyilak a fő lemezmozgási irányokat mutatják. A szürke vonalak a főbb vetőzónák. Az epicentrumok alatt futó szürke vonal a Mur-Mürz-zóna.

## Fészekmechanizmus

Egy földrengés fészekmechanizmusának meghatározása segít leírni és értelmezni a földrengés során végbemenő tektonikus elmozdulásokat és deformációkat. A felhalmozódó feszültségek hatására a kőzettömb eltörik, vagy egy létező törés mentén elmozdul. A fészekmechanizmus a földrengés által keltett hullámtér tulajdonságai alapján ad információt arról, hogy milyen típusú törés, elmozdulás történt a kéregben. Megmutatja, hogy hogyan helyezkedett el a törés síkja, milyen irányú elmozdulás ment végbe, és a rengést indukáló feszültségtér főbb jellemzőit is megismerhetjük.

A fészekmechanizmus meghatározására több módszer is rendelkezésünkre áll. A hipocentrum köré rajzolt fokális gömböt az elmozdulás vetősíkjára, és az erre merőleges segédvonalra négy negyedre osztja, de az utóbbinak nincs geológiai jelentése. A négy negyedben felváltva tágulást és összehúzódást figyelhetünk meg. Ezek a tágulós és kompressziós negyedek ideális esetben a regisztrátumokon megjelenő hullámforma első beérkezésének iránya (polaritása) alapján ismerhetők meg, de más módszerek is rendelkezésünkre állnak. A hipocentrumból kiinduló földrengéshullámok amplitúdója függ attól, hogy a hullám által megtett út hol metszi ezt a fokális gömböt. A fokális gömb vetüle-

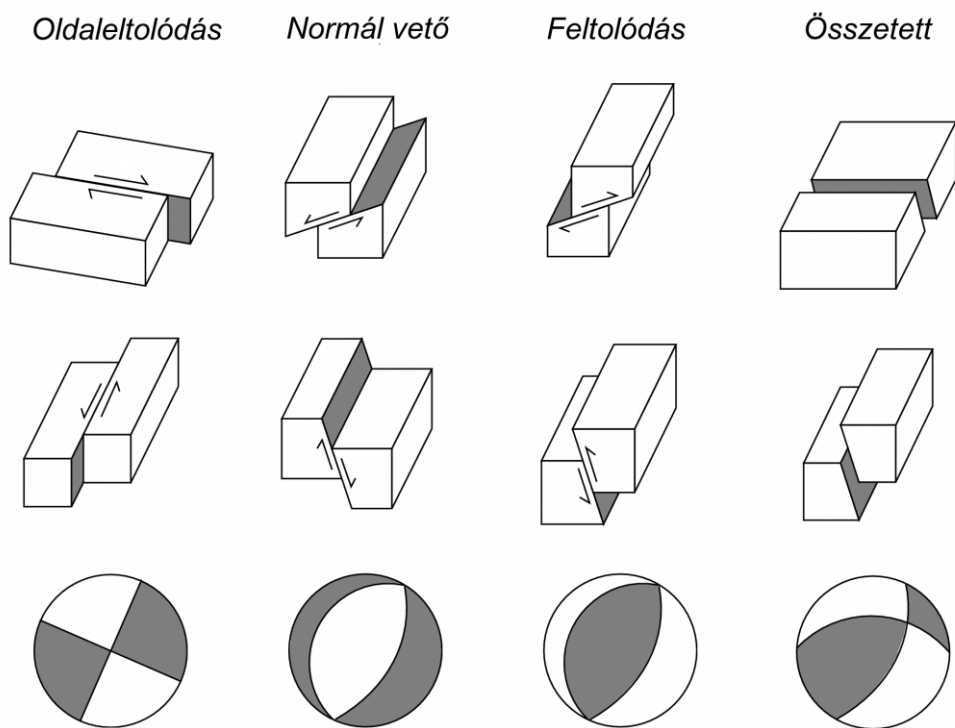
tét ábrázolva különböző színekkel jelöljük a negatív és pozitív amplitúdóval történő beérkezéseket. A gömb vetületén (“strandlabdán”) eltérő színek jelölik a negatív és a pozitív amplitúdójú beérkezéseket.

A polaritásadatok sajnos nem mindig nyújtanak megbízható információt a fészekmechanizmusról, így komplexebb, az összes hullámforma egyidejű vizsgálatán alapuló módszerek is kifejlesztésre kerültek. A jelen tanulmányban publikált megoldások a legmodernebb eljárás eredményei (Wéber, 2016; Wéber és Süle, 2014).

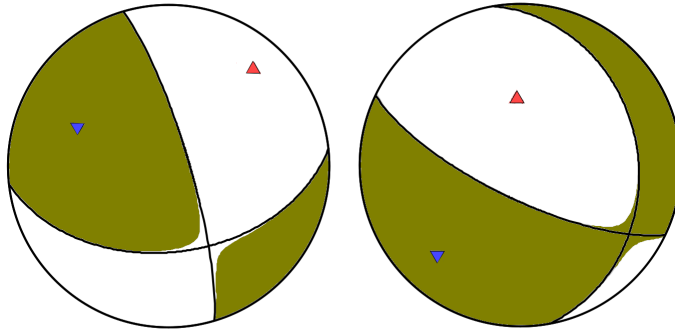
A földrengés fészekmechanizmusa három fő paramétert használ fel a leírásához: csapás (strike), dőlésszög (dip), a csúzás-vektor és a csapásirány között bezárt szög (rake). Ezen értékek alapján fel-

tolódást, normál vetőt, transzform vetőt (jobbos/balos) különböztetünk meg. Természetesen ezek bonyolultabb kombinációi is előfordulnak a gyakorlatban, ritkán találkozunk tiszta elmozdulás típusokkal. Ezeket az értékeket “strandlabdákon” ábrázoljuk, így könnyen beazonosíthatóak a vetőtípusok (4. ábra).

A 2021. március 30-án és 2021. április 20-án kipattant földrengések fészekmechanizmusát az 5. ábra szemlélteti. Ezen fészekmechanizmusok alapján ebben az esetben összetett fészekmechanizmusról beszélünk, melyben nem csak egy tiszta normál vetős elmozdulás figyelhető meg. Ekkor a kőzetblokk lefelé halad a törési síkon, vagyis leginkább függőleges elmozdulás megy végbe, de más komponensek is megfigyelhetőek.



4. ábra. Főbb elmozdulás típusok, és az azokhoz tartozó “strandlabda” ábrázolások



5. ábra. A március 30-án és április 20-án keletkezett érezhető földrengések fészekmechanizmus megoldásainak strandlabdás ábrázolása (Wéber, 2021)

## Intenzitás, a lakosság tapasztalatai

Egy földrengés intenzitása egy olyan érték, mely azt mutatja meg, hogy mekkora a felszíni hatása az adott magnitúdójú földrengésnek. A magnitúdó a rengés során felszabadult energiát számszerűsíti, míg az intenzitás a felszínen okozott hatásokat, károkat összegzi. Azonos magnitúdójú földrengések eltérő intenzitással jelentkezhetnek a felszínen, hiszen az intenzitás számos dologtól függ, pl. kőzettől, fészekmélységtől. Ennek becsléséhez a lakosság által kitöltött kérdőíveket használjuk fel, ahol a lakosság pontosan leírja tapasztalatait. Ezzel becsülhető, hogy az epicentrum mekkora sugarában milyen jellegű károokra lehet számítani.

Az EMS skála (European Macroseismic Scale), más néven az EMS-98 a jelenleg használt skála, amelyet az Európai Unió tagállamainak közös használatára fejlesztettek ki, 12 fokozatot tartalmaz, ahol az I. fokozat az a földrengés, melyet a lakosság egyáltalán nem érzékel, a XII. fokozat pedig a teljes megsemmisülést, a legnagyobb mértékű pusztítást írja le.

A jelen tanulmányban tárgyalt rengések Magyarországon III. és IV. fokozatú-

ak voltak (6. és 7. ábra), melyek a következőképpen írhatók le:

EMS 3. fokozat: Gyenge - A rezgés gyenge, néhány ember érzi, főleg épületen belül. A fekvő emberek lengést vagy gyenge remegést éreznek.

EMS 4. fokozat: Széles körben érezhető - A rengést épületen belül sokan érzik, a szabadban kevesen. Néhány ember felébred. A rezgés mértéke nem ijesztő. Ablakok, ajtók, edények megcsörrennek, felfüggesztett tárgyak lengenek.

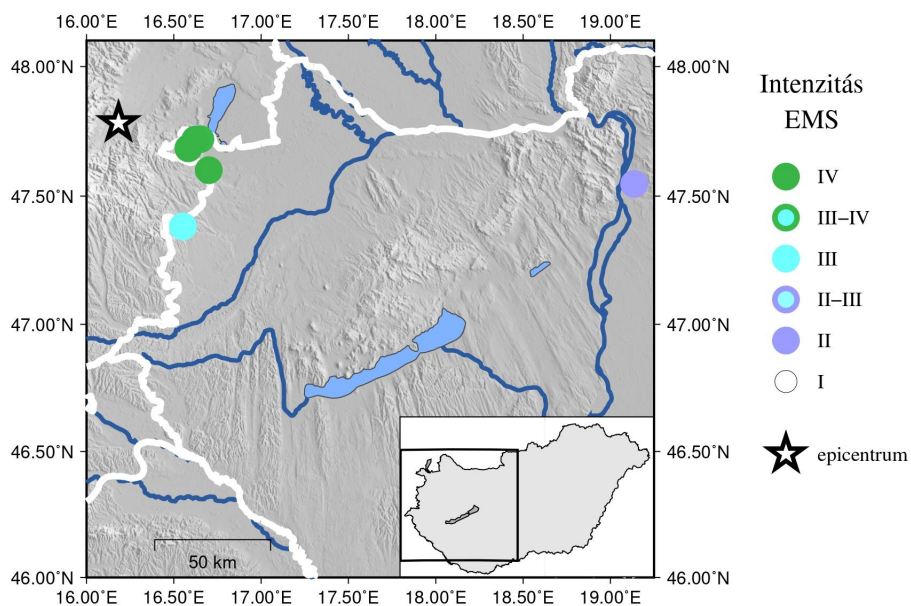
## Részletek a lakossági bejelentésekből

2021. március 30.

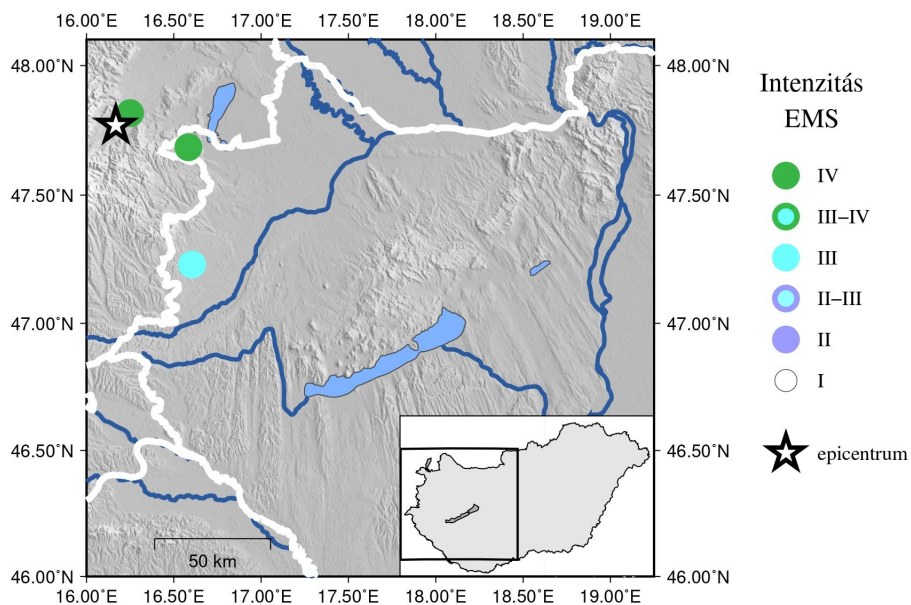
„A lakás különböző helyiségeiben éreztük az ágy és a szék finom ringató, kis-mértékű mozgását. „

„Azt hittük, jármű ütközött az épületnek, ezért kimentünk megnézni. A férjem a kertben volt, ő semmit nem vett észre. Bent csörögtek a poharak a szekrényben, a padló mozgott.”

„az egész épület úgy rezgett és olyan hangja volt, mint a talajtömörítő gépeknek, ill. mint egy kőomlás”



6. ábra. A március 30-i földrengésről készült intenzitás térkép, és a földrengés epicentruma. A különböző színek az EMS skálán értelmezett intenzitás értékeket jelölik.



7. ábra. Az április 20-i földrengésről készült intenzitás térkép, és a földrengés epicentruma. A különböző színek az EMS skálán értelmezett intenzitás értékeket jelölik.

2021. április 20.

„Egy lökésszerű érzés volt mintha megmozdult volna a padló. Csúszózsalsal szerkezetű, 2 szintes, 35 éves panelház, mindenhol szomszédokkal körülveve, körülöttem csend. Mintha hirtelen egy "erő" eltaszította volna magától az épületet, aztán az visszapattant volna, mindezt egy szempillantás alatt, aztán összeszorult a gyomrom és az agyam azóta is gyözköd, hogy nem képzelődtem. Nagyon gyors és furcsa volt, aludva vagy zajban lehet fel sem tűnt volna.”

„Altató mély álomból rázott fel, de ébredéskor nem volt különösebb, csak a nyirkos tv állvány és rezgő monitorok, kicsit loccsanó akvárium (benne az állatok csak a lámpafényre ébredtek) kis ideig tartott”

„Félelmetes volt. Mozgott a virág, remegett a ház, mintha ráznák...”

Látszik tehát, hogy ezen rengések intenzitása határozottan érintette a lakosság egy részét, az ilyenkor létrejövő zajok, rezgések szokatlanok, félelmet keltők, de épületkárok szerencsére nem keletkeztek. Vannak helyek a világon, ahol az ilyen típusú rengések megszokottak, hétköznapi események, hazánkban viszont szerencsére ritkán fordulnak elő, így a lakosság érzékenyebben reagálhat.

## Összefoglalás

Ausztria szeizmicitása hazánkhoz hasonlóan mérsékelt, de előfordulhatnak kisebb-nagyobb károkat okozó földrengések is. A Bécsi-medence nagyon jó példája annak, hogy a földrengések epicentrumai hogyan tudnak kirajzolni egy-egy aktív törési zónát. A lemeztektonikai folyamatok nem pihennek, a folyamatosan mozgásban lévő lemezek kirajzolódnak a feszültség folyamatos kioldódása következtében, így ebben az aktív térségben a jövőben is számítani kell érezhető földrengésekre.

A hazai lakosság szerencsére kevésbé érintett ezen a területen, de ahogy a múltban már volt rá példa, nagy intenzitá-

sú rengések is kipattanhatnak. A lakossági bejelentések és beszámolók nagyon fontosak számunkra, hiszen ez alapján tudjuk becsülni az epicentrum körül bekövetkező esetleges károkat, sérüléseket, így a jövőben is számítunk a földrengést tapasztaló lakosság segítségére.

## Irodalomjegyzék

- Apoloner, M-T., Bokelmann, G., Bianchi, I., Brückl, E., Hausmann, H., Mertl, S., Meurers, R. (2014). The 2013 Earthquake Series in the Southern Vienna Basin: location. *Advances in Geosciences*. 36. 77-80. 10.5194/adgeo-36-77-2014.
- Bada, G. és Horváth, F., 2001. On the structure and tectonic evolution of the Pannonian basin and surrounding orogens. *Acta Geol. Hung.*, 44: 301-327.
- Bondár, I. and D.A. Storchak (2011). Improved location procedures at the International Seismological Centre, *Geophys. J. Int.*, 186, 1220-1244, doi: 10.1111/j.1365-246X.2011.05107.x
- Decker, K., Peresson, H., Hinsch, R. (2005). Active tectonics and Quaternary basin formation along the Vienna Basin Transform fault. *Quaternary Science Reviews*, 24(3-4), 305-320.
- Györi, E., Czece, B., Timkó M., Bondár, I., Czani, Cs., Czifra, T., Fodor, Cs., Grácz, Z., Gribovszki, K., Gyarmati, A., Kalmár, D., Kiszely, M., Kovács, I.J., Mónus, P., Süle, B., Szanyi, Gy., Tóth, L., Varga, P., Zsíros, T., Wéber, Z., 2022. Seismicity map of the Circum-Pannonian region (456-2020) (in prep.)
- Hausmann, H., Hoyer, S., Schurr, B., Brückl, E., Houseman, G., Stuart, G.. (2010). New seismic data improve earthquake location in the Vienna Basin area, Austria. *Austrian Journal of Earth Sciences*. 103. 2-14.
- Hinsch, R., Decker, K., Peresson, H. (2005). 3-D seismic interpretation and structural modeling in the Vienna Basin: implications for Miocene to recent kinematics.

- Austrian Journal of Earth Sciences, 97, 38-50.
- Horváth, F., Bada, G., Szafián, P., Tari, G., Ádám, A., Cloetingh, S. (2006). Formation and deformation of the Pannonian Basin: constraints from observational data. Geological Society, London, Memoirs, 32(1), 191-206.
- ISC Bulletin - International Seismological Centre (2021), On-line Bulletin, <https://doi.org/10.31905/D808B830>
- Wéber, Z., 2016, Probabilistic waveform inversion for 22 earthquake moment tensors in Hungary: new constraints on the tectonic stress pattern inside the Pannonian basin: Geophysical Journal International, v. 204, no. 1, p. 236-249.
- Wéber, Z., and Süle, B., 2014, Source properties of the 29 January 2011 ML 4.5 Oroszlány (Hungary) mainshock and its aftershocks: Bulletin of the Seismological Society of America, v. 104, no. 1, p. 113-127.
- Az ábrák a feltüntetett adatforrások alapján a QGIS szoftverrel készültek (QGIS v. 3.10.2 (<https://qgis.org/>))