

NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

**Természetes és mesterséges szeizmikus események összehasonlító
analízise**

Marótiné Kiszely Márta

Sopron

2014

Doktori Iskola: Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola
Doktori Iskola vezetője: prof. Dr. Csaba Mátyás

Program: Geokörnyezettudomány
Programvezető: prof. Dr. Szarka László

Témavezetők: Dr. Győri Erzsébet
Dr. Veress Márton
Dr. Ádám Antal

1. Előzmények és célkitűzések

Magyarország területén a korszerű szeizmológiai állomások számának növekedése révén az utóbbi években egyre több földrengést és robbantást sikerült katalógusba venni. A különböző területeken a tektonikus aktivitás paramétereinek meghatározásakor a földrengéseket el kell választani a robbantásoktól. Ehhez szükség van a robbantások és földrengések elkülönítésére szolgáló paraméterek elemzésére, ismeretére.

A szerző két területet választott ki a természetes és mesterséges szeizmikus jelek tulajdonságainak az elemzésére. Az egyik Észak-Magyarország és Szlovákia déli területe volt. Itt a Mátra második legmagasabb csúcsán működő piszkéstetői (PSZ) szeizmológiai állomás által detektált, 2011 és 2013 júliusa között kipattant helyi földrengéseket vizsgálta. Ez az állomás nyolc különböző bánya robbantásait is rendszeresen rögzítette. E robbantások és a terület földrengéseinek elemzése, paramétereik meghatározása és a két csoport elkülönítése volt az egyik célkitűzés.

A másik kiválasztott terület a Vértes hegységre és környékére esett. A Vértes északi részén, Oroszlányban 2011. január 29-én pattant ki, az elmúlt 25 év egyik legjelentősebb $M_L 4,5$ földrengése, amit több mint 400 utórengés követett. A terület közepén, Gánt községben működő kőbánya rendszeres robbantásait ezekkel az utórengésekkel együtt regisztrálta több közeli szeizmológiai állomás. A szerző két állomás, a csókakői (CSKK) és a Gánton működő (PKSG) állomások 2011-es és 2012-es adatait dolgozta fel a rengések és robbantások paramétereinek megismerése érdekében.

A disszertáció a következő tudományos kérdésekre kereste a választ:

1. Milyen paraméterekkel jellemezhetők az Észak-Magyarország és Szlovákia déli területén kipattant földrengések és robbantások?
2. Milyen paraméterekkel jellemezhetők a Vértes és környezetében regisztrált földrengések és robbantások?

3. Melyek a legmegfelelőbb módszerek a robbantások és földrengések elkülönítésére?

2. Alkalmazott módszerek

Az alkalmazott módszerként az összehasonlító analízist használta a szerző.

A pizskésetői PSZ állomás adatait felhasználva az észak-magyarországi földrengéseket és 8 bányarobbantásait elemezte. A földrengések paramétereinek időbeli stabilitását is vizsgálta a szerző, összehasonlítva két egymás utáni időszak földrengéseire kapott adatokat.

A Vértes területén, a gánti kőbánya robbantásait két szeizmológiai állomás szeizmogramjai alapján vizsgálta. Az események nagy száma lehetővé tette az események két részre bontását a robbantások és a földrengések esetében is, amelynek célja a meghatározott jellemzők időbeli stabilitásának ellenőrzése volt.

A szerző a földrengések és robbantások jellemzőinek elemzésére a módszerek három csoportját alkalmazta.

1. Az epicentrumok helye, mélysége, és időbeli eloszlásának elemzése.
2. A hullámformák vizsgálata a következőkre terjedt ki:
 - a. A P hullám első beérkezésének jellege.
 - b. A P, S és R_g fázisok amplitúdó és amplitúdó arányainak elemzése (szűrve és szűretlenül).
 - c. A szeizmogramok hullámformáinak korrelációs vizsgálata.
3. Különböző spektrális paraméterek elemzése a következőket tartalmazta:
 - a. A robbantási technika spektrummodosító hatásának vizsgálata, a spektrum csipkézettségén és a bináris spektrumok elemzésén keresztül.
 - b. A spektrum meredekség és az alacsonyabb és magasabb frekvencia tartományokhoz tartozó spektrum arány,

valamint a spektrum átlagos teljesítményének és a maximális értékének vizsgálata.

A szerző matematikai módszerként a Mahalanobis távolságot (MD) használta, ami két csoport statisztikai elkülönülésének mértékét adja meg. E statisztikai mérőszám segítségével állapította meg, hogy mely paraméterek, ill. kombinációik voltak a legalkalmasabbak a földrengések és a robbantások elkülönítésére.

Mindkét területen több bizonytalan eredetű vagy valamilyen szempontból érdekes eseményt külön is tárgyalt.

A dolgozatban felhasznált események fészekparamétereinek elemzése a Magyarországi Földrengések Évkönyve 2007 és 2013 közötti kötetei és a Magyar Nemzeti Szeizmológiai Bulletin 2011 és 2012 kötetei alapján történt.

A szeizmikus hullámok paramétereit és az epicentrumok meghatározási hibáját a SEISAN földrengés feldolgozó szoftver használatával határozta meg. A robbantások indikációs térképét zmap MATLAB program alapján ábrázolta. A hullámforma korreláció vizsgálatokat MATLAB környezetben a GISMO programcsomag segítségével végezte el. A statisztikai Mahalanobis távolságokat a különböző paraméter kombinációkra MATLAB függvény segítségével számította ki. A térképeket GMT (Generic Mapping Tools) alkalmazásával készítette.

4. Eredmények

4.1. Általános következtetések az események helye alapján:

A vizsgált területeken a bányák 10 km-es környezetében előfordultak olyan robbantásnak tűnő események is, amelyeket a bányakapitányság nem igazolt vissza. A robbantások számolt epicentrumainak hibája az 5-10 km-t is elérte.

A Vértes területén az epicentrumok konfidencia tartománya erősen elnyúlt ellipszist mutatott, melyeknek nagytengelye legtöbbször merőleges volt a permanens állomások által kijelölt egyenesre. A hiba néhány esetben megközelítette a 15 km-t.

A robbantások számított mélysége a két területen több mint 90 %-ban 0 km-nek adódott. Az Északi-középhegység területén a földrengések 5%-a, a Vértesben pedig 18%-a esett 1 km-nél sekélyebbre.

A földrengések és robbantások elkülönítése csak a hipocentrum alapján egyik területen sem lehetséges a sekélyfészklű földrengések előfordulása és a helymeghatározás nagy horizontális hibája miatt.

4.2. Időbeli eloszlás:

Észak-Magyarország területén a robbantások túlnyomó részben hétköznap történtek, a Vértesben működő gánti bánya pedig minden esetben hétköznap történtek. Mindkét területen ki lehetett jelölni egy időablakot, amikor a robbantások jelentős részét végezték. A földrengések egy része erre a robbantásokra jellemző időszakokra esett (Észak-Magyarországon 36%, a Vértes területén 15%). Ezért megállapítható, hogy az esemény időpontja nem ad elegendő információt a robbantások kiszűrésére.

A Vértes területén az utóregésekhez közeli állomásoknak köszönhetően a regisztrált földrengések közel felének a mérete kisebb volt, mint $M_L=0,2$. Ezek napi eloszlására hatással volt, hogy a terület kulturális zaja miatt éjjel több $M_L<0,2$ földrengést lehetett regisztrálni. A csendesebb éjszakai időszakban történt földrengések számából megbecsülve, egyenletes eloszlást feltételezve, az ilyen kis magnitúdójú földrengések 44%-a hiányzik a nappali időszakból.

A 2 km-nél mélyebb rengések száma is kevesebb a nappali órákban. A mélyebb rengések regisztrálása is kedvezőtlenebb nappal. A szerző becslése szerint a mélyebb földrengések 33%-a kimaradt a nappali időszakból.

A Vértes területén meghatározható az a magnitúdó küszöb ($M_L=0,2$), aminél kisebb rengések nappali regisztrálási lehetősége kimutathatóan romlik.

4.3. A P hullám beérkezési irányának elemzése

Elméletileg a robbantások impulzív tulajdonsága miatt minden állomáson kompressziós első beérkezés várható.

Az Észak-Magyarország területén vizsgált szeizmikus eseményeknél a P hullám beérkezési iránya nem mutatott lényeges eltérést a

földrengéseknél és a robbantásoknál, mindkét esetben kb. ugyanannyi arányban mutatott kompressziós, mint dilatációs irányt. A bizonytalan beérkezések aránya a robbantások harmadát, a földrengések közel felét jellemezte.

A gánti bányarobbanások első beérkezése mindkét állomáson nagyrészt (75% felett) kompressziós volt, de ott is előfordultak ezzel ellentétes, dilatációs irányok is.

A vizsgálatok alapján a P hullám beérkezési iránya a robbantásoknál sokszor megfigyelt dilatációs és bizonytalan beérkezési irányok miatt a bányarobbanások és földrengések elkülönítése szempontjából másodlagos paraméternek tekinthető.

4.4. A különböző fázisok amplitúdó vizsgálata:

A P és S hullámfázisokra a szűretlen, míg az Rg felületi hullámra a 0,5-1,5 Hz között szűrt regisztrátumokból meghatározott amplitúdók és amplitúdó arányok adták a földrengések legjobb elkülönülését a robbantásoktól.

Észak-Magyarország és Szlovákia déli területeinek eseményei esetében a P, S és Rg amplitúdó értékek kombinációjával a robbantások 70%-a és a földrengések több mint 90%-a különült el statisztikailag megfelelően a másik csoporttól.

Az amplitúdó adatok alapján a különböző bányák robbanásai eltérő mértékben különültek el a földrengésektől. A legjobban a nagydaróci és nagylóci, a legkevésbé a berceli és gyöngyössolyosi bányarobbanások paraméterei váltak el a földrengéseket jellemzőktől.

A Vértes eseményeinél a P, S és Rg amplitúdó értékek kombinációjával kapott statisztikai Mahalanobis távolságok alapján a robbantások és földrengések elkülönülése nem volt megfelelő. Ennek oka, hogy a robbantások amplitúdó paraméterei a CSKK állomáson szinte teljesen, a PKSG állomás esetében részben a földrengésekre jellemző tartománynak egy szűkebb részét foglalták el.

A CSKK és PSZ állomás esetében hasonló tendencia mutatkozott a robbantások és földrengések S/P amplitúdó paramétere között, vagyis földrengéseknél a nyíró hullámok jóval nagyobb gerjesztése volt jellemző, mint az impulzív jellegű nyomáshullámokat keltő robbantásoknál. A bányától mindössze 3 km-re levő PKSG állomás

esetében a robbantások nagyobb S/P aránya annak volt köszönhető, hogy az S és a felületi hullámok szinte egyszerre érkeztek be a csatornákra, nem váltak még szét.

4.5. A hullámformák hasonlóságának elemzése:

A szeizmológiai állomások által regisztrált hullámformák korrelációs vizsgálata alapján mindkét területen a földrengések jelentős része bizonyult hasonlóknak valamely másik eseményhez.

Minél távolabb található az állomás az epicentrumtól, annál több fázis érkezett be, illetve szétterültebbek az ún. „coda” hullámok. Ezért a közelebbi állomáshoz (PKSG) tartozó hullámformák jobban hasonlítottak egymáshoz, mint a távolabbi (CSKK) állomáson regisztráltak.

A korrelációs analízis alapján a robbantások hullámformái között kevesebb hasonló volt, mint a földrengéseknél, annak ellenére, hogy az állomás és az egyes robbantások helye, ill. mélysége sem változott. Ennek oka, hogy kivitelezésük (töltetek tömege, késleltetési idők és fúrólukák száma) miatt egyedi Rg felületi hullámok alakultak ki nagy amplitúdóval, ami miatt keresztkorrelációjuk kicsi lett.

A különböző bányák robbantásai külön klaszter(eke)t alkottak. A klaszterekben a földrengések és robbantások nem keveredtek egymással.

A klasztereken belül különböző méretű események szerepeltek, a hasonlóságot nem befolyásolta azok mérete.

A recski, nagylóci és gyöngyössolymosi robbantások klaszterei esetében, a korábban földrengésnek tekintett, vagy ismeretlen eredetű robbantást most sikerült valamelyik bánya tevékenységéhez kötni.

Több olyan esemény is belekerült valamelyik klaszterbe, amelyek hipocentrumát az események kis mérete miatt nem lehetett meghatározni, csak azok hullámformái álltak rendelkezésre. A hullámforma korreláció segítségével a szoros klaszterbe került ilyen események hozzákapcsolhatók az ismert hipocentrumú rengésekhez, így az utórengések számáról pontosabb képet kaphatunk.

Létrehozva az egyes bányákhoz tartozó hullámforma adatbázist, azt az újabb robbantások hullámformáival folyamatosan bővítve lehetővé válik a robbantások egy részének kiszűrése.

4.6. A spektrumok elemzésének eredménye:

A legtöbb bányarobbanás spektrumán megfigyelhető volt a késleltetett robbantási technika miatt fellépő spektrum csipkézettség, és a spektrogramon az idő-független moduláció kialakulása. Ezeknek a spektrumjegyeknek a jelenléte jó indikációs paraméternek bizonyult a bányarobbanások felismerésére.

Az elemzés szerint az észak-magyarországi események esetében a robbantások és földrengések között a legjobb elkülönülést a *spektrum meredekség* (1-4 Hz között) és a *spektrum átlagának és maximumának a hányadosa* (1-10 Hz között) paraméterek együttes alkalmazásával lehetett kapni. Ezek alapján a robbantások 70%-a és a földrengések 54%-a esetében lehetett találni megfelelő statisztikai elkülönülést a két csoport között.

A Vértes szeizmikus eseményeinél a spektrum meredekség (2-24 Hz között), a spektrum átlagának és maximumának hányadosa (2-24 Hz között), valamint az 1-10 Hz és 10-20 Hz közötti spektrum arány együtt adta a legjobb diszkriminációt.

A különböző bányák robbantásainak paraméterei eltérő mértékben váltak el a földrengéseket jellemzőktől. Legjobban a recski, nagylóci, nagydaróci és kishánai, a legkevésbé a gyöngyöstarjáni, szalóci, gyöngyössolymosi és berceli bányarobbanások váltak el a földrengésektől.

Mindhárom szeizmológiai állomáson megfigyelhető volt, hogy a földrengések két részre bontott adatrendszer esetében a hullámformák amplitúdó értékeire kapott paraméterek átlagértékei nagyobb, a spektrum paraméterek kisebb mértékben, de eltértek.

A robbantásoknál a két adatrendszer paraméter értékeinek az eltérése a CSKK és PKSG állomások esetében sokkal kisebb mértékű volt, mint ami a földrengéseknél jelentkezett.

A CSKK állomás esetében a robbantások és a földrengések a spektrum adatok alapján csak az I. adatrendszer esetében különültek el megfelelően. A 2012. áprilisi gánti földrengések paraméterei a

CSKK állomáson robbantásos, a PKSG állomáson, pedig földrengésekre jellemző paramétereket mutatták.

Az észak-magyarországi földrengések esetében a 2013. április és július között kipattant Heves és Tenk környéki földrengések hullámformák adatai eltértek a többi rengésétől, de egymáshoz nagyon hasonlítottak, és a robbantásokétól jól elváló halmazt alkottak.

A tapasztalatok alapján a jellemző paraméter értékek meghatározása érdekében ajánlatos hosszabb időszak földrengéseit elemezni. A gánti robbantások esetében már elegendő számú adat áll rendelkezésre azok jellemző paramétereinek a meghatározásához.

5. Az eredmények alkalmazhatósága

A különböző bányák robbantásai esetében az állomásokon regisztrált hullámformákból olyan korrelációs adatbázis hozható létre, aminek a segítségével az újabb robbantások egyre megbízhatóbban elkülöníthetők lesznek a földrengésektől. E módszer alkalmas a tévesen földrengésnek tekintett események egy részének kiszűrésére a katalógusból.

A hullámforma korreláció analízis, a szoros klaszterek esetében a hipocentrumok térbeli eloszlására kiegészítő információt ad.

A hullámforma korrelációs vizsgálat alkalmas olyan események besorolására, amit kevés állomás regisztrált, ezért hipocentrum paraméterek nem állnak rendelkezésre. Ezeknek az események az utórengésekhez való kapcsolásával a terület szeizmicitásáról pontosabb képet kaphatunk.

A földrengések és az egyes bányák eseményei alapján meghatározott hullámforma és spektrum paraméterek együttes elemzésével lehetővé válik a magyarországi katalógus megtisztítása a robbantások jelentős részétől.

6. Tézisek

6.1

- 1) A robbantások és földrengések elkülönítésére az epicentrumok földrajzi koordinátája csak korlátozottan alkalmas paraméter, a helymeghatározás nagy horizontális hibája miatt. A szeizmikus események fészekmélysége a sekélyfészekű földrengések előfordulási gyakorisága miatt (4% Észak-Magyarország, ill. 18% Vértes) szintén korlátozottan használható.
- 2) A bányák robbantásai esetében kijelölhető volt egy-egy időablak, amikor a robbantások jelentős része történt. A robbantásokra jellemző órákra esett azonban a földrengések egy része is (36% Észak-Magyarország, 15% Vértes területe), ezért az esemény időpontja sem ad elegendő információt a robbantások kiszűrésére.
- 3) A Vértes területén meghatározható az a magnitúdó küszöb ($M_L=0,2$), aminél kisebb rengések nappali regisztrálási lehetősége kimutathatóan romlik.

6.2

- 1) A robbantások esetében a P hullám beérkezési iránya sok esetben az elméletileg elvárttól ellentétes, vagyis dilatációs volt. Emiatt és a sok bizonytalan minősítés miatt az első beérkezés iránya nem tekinthető az elkülönítés biztos paraméterének.
- 2) Az amplitúdók és az amplitúdó arányok vizsgálatánál a robbantások és a földrengések elkülönítésére a legjobb eredményt a szüretlen regisztrátumból meghatározott P és S hullám, valamint az Rg fázis 0,5-1,5 Hz között szűrt amplitúdói paraméterei adták. Több fázis, illetve amplitúdó arány együttes figyelembe vételével ($\log(Rg)$, $\log(Rg/P)$, $\log(Rg/S)$, és $\log(S/P)$) egyre jobb lett a földrengések statisztikai elkülönülése. A robbantások esetében különbség volt a földrengésektől való elkülönülés mértékében a különböző bányák és állomások esetében.

6.3

- 1) A legtöbb bányarobbantás spektrumán megfigyelhető volt a késleltetett robbantási technika miatt fellépő spektrum csipkézettség, és a spektrogramon az idő-független moduláció

kialakulása. A vizsgálat alapján e spektrumjegyek jelenléte általában jó indikáció a vizsgált hazai bányarobbantások felismerésére, de a bizonytalan megítélésű, és robbantásos jellegű földrengés spektrumok miatt mégsem tekinthető biztos elkülönítési paraméternek.

- 2) Az elemzés szerint az észak-magyarországi események esetében a robbantások és földrengések között a legjobb elkülönülést a spektrum meredekség (1-4 Hz között) és a spektrum átlagának, és maximumának a hányadosa (1-10 Hz között) paraméterek együtt adták.
- 3) A Vértes szeizmikus eseményei esetében a spektrum meredekség (2-24 Hz között), a spektrum átlagának és maximumának hányadosa (2-24 Hz között), valamint az 1-10 Hz és 10-20 Hz közötti spektrum arány együtt adták a legjobb diszkriminációt.

6.4

- 1) A szeizmikus események hullámformáinak korrelációs elemzése alapján, a különböző bányák robbantásainak szeizmogramjai különböző klaszter(ek)e)t alkottak. A klaszterekben a földrengések és robbantások nem keveredtek egymással. Létrehozva az egyes bányákhoz tartozó elegendő számú hullámforma adatbázist, lehetővé válik a robbantások nagy részének kiszűrése a katalógusokból.
- 2) Mindkét területen a hullámforma analízis olyan események klaszterekbe sorolását is eredményezte, amit kevés állomás regisztrált, és a hipocentrum paraméterek ezért nem álltak rendelkezésre. Ezeknek az eseményeknek az utórengések klasztereihez való kapcsolásával e területek szeizmicitásáról pontosabb képet lehet kapni. Amennyiben egy szoros klaszter tartalmaz egy ismert fészekmechanizmusú rengést, akkor a többi esemény fészekmechanizmusára is következtethetünk ez által.
- 3) Az elemzés szerint, több esetben egy-egy klaszteren belül az elemek számított epicentrumai egymástól akár 15 km-re is eshettek. A hasonlósági elmélet szerint a szoros párok forrásainak egymáshoz nagyon közel, néhány km-en belül kell lennie. Ez arra utal, hogy az epicentrumok meghatározási hibája a Vértes hegység

területén telepített állomások kedvezőtlen elhelyezkedése miatt akár 15 km is lehetett. A hullámforma korrelációs vizsgálattal kiegészítő információt kaphatunk az epicentrumok meghatározási pontosságára.

6.5 A hullámforma és spektrum, valamint a szeizmogramok korrelációs analízisét együttesen alkalmazva a földrengések és a robbantások nagy biztonsággal elkülöníthetők. A vizsgálat alapján azonban az elkülönítésre leginkább alkalmas módszerek területenként és állomásonként eltérőnek bizonyultak.

Az értekezés témaköréből készült saját publikációk jegyzéke

Angol nyelvű cikkek

Telesca L, Lovallo M, Kiszely M, Tóth L. (2011): Discriminating quarry blasts from earthquakes in Vértes Hills (Hungary) by using the Fisher-Shannon method, Acta Geophysica DOI: 10.2478/s11600-011-0018-0 IF: 0,617

M. Kiszely (2010): Statistical analysis of earthquakes and quarry blasts in the Carpathian Basin – New problems and facilities, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, October, Vol. 5, No. 2, p. 101 – 110 IF: 1,579

M. Kiszely (2009): Discrimination of small earthquakes from quarry blasts in the Vértes Hills, Hungary using complex analysis, Acta Geod. Geoph. Hung., Vol. 44 No.2 (June), pp. 227-244 IF: 0,288

M. Kiszely (2007): Statistical investigations of local earthquakes in the Carpathian Basin and surrounding area Acta Geod. Geoph. Hung., Vol. 42(3). 341-359

M. Kiszely (2005): Annual, monthly, weekly and diurnal distribution of Carpathian (1980-2004) and $M > 7$ earthquakes worldwide (1964-2004) and seeking the effect of the Moon Acta Geod. Geoph. Hung., Vol. 40(3-4), pp. 437-454

Varga P., Bus Z., Kiszely M. (2004): Study of the temporal variation in seismic activity within the Pannonian Basin. Acta Geod. Geoph. Hung., Vol. 39(2-3), pp. 327-337

Tóth L., Mónus P., Zsíros T., Kiszely M. (2004) Micro-seismic monitoring of seismoactive areas in Hungary. Studi Geologici Camerti, Special Issue: Proceedings of the workshop COST Action 625 "Active faults: analysis, processes and monitoring"

Varga P., Bus Z., Kiszely M., (2004): Strain rates, seismic activity and its temporal variations within the Pannonian basin. Reports on Geodesy, 2, 69, 149-156.

Varga P., Kiszely M., Bus Z. (2003): Study of the temporal variation in seismic activity within the Pannonian basin. 1-13. oldal. Proceedings of the CEI Conference "Natural risks: developments, tools and techniques in the CEI area" (Eds. Panza G. F., Varga P., Paskaleva I.) Elektronikus kiadás

Tóth L., Mónus P., Zsíros T., Kiszely M. (2002): Seismicity in the Pannonian Region – earthquake data -, EGU Stephan Mueller Special Publication Series, 3, 1-20, 2002

Tóth L., Mónus, P., Zsíros, T. and Kiszely M., (2002) Seismicity in the Pannonian Region earthquake data. In Neotectonics and surface processes: the Pannonian basin and Alpine/Carpathian system, S. Cloetingh, F. Horv th, G. Bada, A. Lankreijer, eds., EGU St. Mueller Special Publication Series 2002; 3: 9-28.

Kiszely M. (2001): Discriminating quarry-blasts from earthquakes using spectral analysis and coda waves in Hungary Acta Geod. Geoph. Hung., Vol. 36(4), pp. 439-449

Kiszely M. (2000): Attenuation of Coda Waves in Hungary. Acta Geod. Geoph. Hung., Vol. 35(4), pp. 465-473

Tóth L, Mónus P, Zsíros T, Kiszely M. (1999): Seismicity in the Pannonian Region: Earthquake Facts, In: Neotectonics and Seismicity of the Pannonian Basin and Surrounding Orogens, A Memoir on the Pannonian Basin. to be published at the European Geophysical Society, Special Publications (Volume 1)

Magyar nyelvű cikkek

Kiszely M. & Gyóri, E. (2013) Az Északi-középhegységben és Szlovákia déli területein kipattant földrengések és robbantások összehasonlító elemzése, Magyar Geofizika 54. 4. 185-203

Kiszely M. (2012) A hullámforma korreláció használata mikrorengések elemzésére – 2012. április 6., Vértes. Geomatikai közlemények XV, 2012 119-127

Kiszely M., Pődör A. (2011): Földrengések eloszlásának statisztikai vizsgálata – két esettanulmány. Geomatikai Közlemények 2011. XIV/1 kötet, 111-121

Kiszely M. (2006): A Kárpát-medence 1900-2005 közötti földrengéseinek statisztikai elemzése, Geomatikai közlemények 2006, 123-132. HU ISSN: 1419-6492

Tóth L., Mónus P., Zsíros T., Kiszely M. (2002) Szeizmicitás a Pannon-medencében. Földtani Közlöny 132/különszám, 327-337 Budapest

Kiszely M. (2010): A földrengések eloszlásának statisztikai elemzése a Föld tektonikailag különböző területein. IX. Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok alkalmazása Nemzetközi Konferencia Szombathely (NyME) 2010. május 15. (Konferenciakiadvány)

Bulletinek (2010-2014)

Tóth L., Mónus P., Kiszely M. (2014) Magyarországi Földrengések Évkönyve 2013, Hungarian Earthquake Bulletin, 2013. GeoRisk Kft., Budapest, 136 old. HU ISSN 1589-8326.

Tóth L., Mónus P., Zsíros T., Kiszely M. & Czifra T. (2013) Magyarországi Földrengések Évkönyve 2012, Hungarian Earthquake Bulletin, 2012. GeoRisk Kft., Budapest, 88 old. HU ISSN 1589-8326.

Tóth L., Mónus P., Zsíros T., Kiszely M. & Czifra T. (2012) Magyarországi Földrengések Évkönyve 2011, Hungarian Earthquake Bulletin, 2011. GeoRisk Kft., Budapest, 158 old. HU ISSN 1589-8326.

Tóth L., Mónus P., Zsíros T., Bus Z., Kiszely M. & Czifra T. (2011) Magyarországi Földrengések Évkönyve 2010, Hungarian Earthquake Bulletin, 2010. GeoRisk Kft., Budapest, 140 old. HU ISSN 1589-8326.

Tóth L., Mónus P., Zsíros T., Bus Z., Kiszely M. & Czifra T. (2010) Magyarországi Földrengések Évkönyve, Hungarian Earthquake Bulletin, 2009. MTA GGKI és GeoRisk Kft., Budapest, 92 old. HU ISSN 1589-8326.

Gráczer Z., Czifra T., Győri E., Kiszely M., Mónus P., Süle B., Szanyi Gy., Tóth L., Varga P., Wesztergom V., Wéber Z. & Zsíros T. (2013) Hungarian National Seismological Bulletin 2012. Kövesligethy Radó Seismological Observatory, MTA CSFK GGI Budapest, 258.

Gráczer Z., Czifra T., Kiszely M., Mónus P. & Zsíros T. (2012) Hungarian National Seismological Bulletin 2011. Kövesligethy Radó Seismological Observatory, MTA CSFK GGI Budapest, 336.

Konferencia előadások és poszterek

Kiszely M. & Győri, E. (2013, April). Discrimination of earthquakes and quarry blasts in the Vértes Hills, Hungary. In EGU General Assembly Conference Abstracts (Vol. 15, p. 10596). (poszter)

Kiszely M. (2012): A hullámforma korreláció használata mikrorengések elemzésére – 2012. április 6., Vértes, Geomatika konferencia, 2012 nov. 8-9 Sopron

Kiszely M., Pődör A.: Visualization problems of the Hungarian Earthquake Catalog (2011): GeoViz: Linking Geovisualization with Spatial Analysis and Modeling, 10-11 March 2011, Hamburg, Germany, (poszter)

Kiszely M., Pődör A. (2011): A Magyar Földrengés Katalógus megjelenítési problémái, GDi FÓRUM 2011 - XVI. Esri Magyarország Felhasználói Konferencia, 2011. október 6-7. (poszter)

Kiszely M., Pődör A. (2010): A földrengések eloszlásának statisztikai vizsgálata: két esettanulmány: Geomatika Szeminárium: Sopron 2010. november 2-3.

Kiszely M. (2009): A Kárpát-medencében kipattant földrengések és robbantások statisztikai elemzése: Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok alkalmazása Nemzetközi Konferencia, (NyME) Szombathely, 2009. május 23.

Kiszely M.: (2009) The diurnal and seasonal variations of magnetic field activity recorded at Nagycenk geomagnetic station, and the similarity with earthquakes distribution occurred up to 100km Nagycenk station. IAGA 2009-Geomágneses világtalálkozó: Sopron 2009. augusztus 23-30. (poszter)

Kiszely M. (2008): A Kárpát-medence 1900-2005 közötti földrengéseinek statisztikai elemzése: Geomatikai Konferencia: Sopron 2008. november 6-7.

Fodor L., Csillag G., Lantos Z., Kiszely M., Tokarsky A. (2007): Late Miocene to Quaternary deformation and landscape evolution in the Vértes and forelands: inferences from geological mapping., Abstracts of the Annual Meeting of the Hungarian Geological Society, HUNTEK Workshop, Sopron, Hungary, 20–22/09/2007, 37-38.

Kiszely M. (2006): A Kárpát-medence 1900-2005 közötti földrengéseinek statisztikai elemzése. Geomatikai Konferencia, Sopron 2006. október 26-27.

Tóth, L., Mónus, P., Zsíros, T., Kiszely, M. (2005): Micro-seismic monitoring of seismoactive areas in Hungary, COST-625, Wroclaw, Lengyelország

Tóth, L., Mónus, P., Zsíros, T., Kiszely, M. (2002): Szeizmicitás a Pannon-medencében (poszter)