

Nyugat-Magyarországi Egyetem
Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola
Geokörnyezettudományi Program

Doktori értekezés tézisei

**Földrengések geofizikai és geológiai környezetének
valamint
Debrecen földrengés-veszélyeztetettségének vizsgálata
térinformatikai eszközökkel**

Gribovszki Katalin Eszter

Témavezető
Dr. Szeidovitz Győző

Sopron

2005

AZ ELVÉGZETT KUTATÁS ELŐZMÉNYEI

A természeti katasztrófák közül a legnagyobb károkat a földrengések és a földrengések következtében bekövetkező egyéb természeti jelenségek (pl. lejtőcsúszás, szökőár) hatása okozza [Meskó 2002]. Napjainkban egyes területek földrengés-veszélyeztetettségének megállapítása rendkívül fontossá vált még hazánk területére vonatkozóan is, ahol közepes méretű rengések ($M > 5.5$) is csak viszonylag ritkán (40-50 évente) fordulnak elő [Tóth et al. 2002]. Ez egyrészt annak köszönhető, hogy a korunkban esetlegesen bekövetkező katasztrófák a megnövekedett népsűrűség miatt már jóval több ember életét veszélyeztetik, mint korábban, másrészt az emberéletre nagy kockázatot jelentő létesítmények építése és az építéshez kapcsolódóan kötelezően előírt veszélyeztetettségi számítások készítése napjainkra vált általánossá. Mindezek következtében érthető, hogy miért szükséges különös figyelmet fordítani egy terület földrengés-veszélyeztetettségének megállapítására.

A földrengés-veszélyeztetettség megállapításához ismernünk kell a vizsgált terület környezetében található szeizmogén zónák jellemzőit, azaz a várható rengések méretét és gyakoriságát. A történelmi rengések katalógusa [Zsíros 2000] alapján azonban ezeket a paramétereket nagy biztonsággal nem lehet meghatározni. A rengéseket létrehozó folyamatok mechanizmusának ismeretében pontosabbá válhat a földrengés-veszélyeztetettség becslése.

A Kárpát-medencében, azon belül is hazánk területére vonatkozóan a földrengések epicentrumainak eloszlása egyes szerzők megfigyelései és véleménye alapján véletlenszerűnek mondható [pl. Bisztricsány 1977]. Horváth [1984] szerint a hazai szeizmoaktív zónák korábbi, neogén szerkezeti elemeknek feleltethetők meg: ezek újraaktiválódásához köthető a magyarországi földrengések nagy része. Vannak azonban ettől eltérő esetek is, ahol rendkívül fiatal törésvonalakhoz kapcsolódó szeizmoaktív zónák körvonalazhatók. Gerner et al. [1999] szerint a szeizmicitás térbeli eloszlása főként miocén vetőzónákhoz köthető, azonban ezt a képet jelentősen torzítja a medencebeli kéreg általános 'gyengeségéhez' (*weakness*) kapcsolódó véletlenszerű földrengés-tevékenység. A térképezett vetők és a földrengések hipocentrumai közötti kapcsolat tisztázását megnehezíti, hogy a vetők lefutása nem ismert azokban a mélységekben, ahol a földrengés-tevékenység bekövetkezik. Szeidovitz et al. [2002] szerint a rengések csak egy része magyarázható meg a tektonikus szemlélet alapján, ezért a hazai rengések kipattanási mechanizmusára vonatkozóan egyéb elképzelések is napvilágot láttak.

A földrengés-veszélyeztetettségi elképzelések pontosítása céljából Jámor & Szeidovitz [1995] elkészítették *Magyarország negyedidőszaki mozgásainak térképét*, melyen feltüntették azokat a szerkezeteket, amelyek az eddigi tapasztalatok, a geológiai és geofizikai eredmények alapján a rengések létrejöttében szerepet játszhatnak.

Lenkey et al. [2002] vizsgálatai megmutatták, hogy a Kárpát-medence azon területein, ahol nagyobb a szeizmikus energia-felszabadulás, azaz erősebb a szeizmikus tevékenység ott a hőáram értékek alacsonyabbak, és ezzel azonos módon, ahol nagyobb a hőáram ott kisebb a szeizmikus aktivitás.

Szabó & Páncsics [1999] vizsgálatai azt mutatják, hogy a Bouguer-anomália térképekből számított maximális horizontális gradiens alapján kijelölt lineamentek számos helyen korrelálnak a magyarországi földrengések epicentrumainak eloszlásával.

Ádám [2001] kutatásai szerint a Dunántúli Vezetőképesség Anomália [Ádám & Verő 1964] zónájában az indukciós vektorok és a magnetotellurikus mérések által kijelölt három tektonikus öv szoros kapcsolatban áll a területen kipattanó földrengések epicentrum-eloszlásával.

A jelölt kutatásainak előzményeként említhető továbbá a hazánk teljes területére vonatkozó számítások alapján készült valószínűségi földrengés-veszélyeztetettségi térkép [Tóth & Zsíros

2002], valamint a kisebb területekre (Budapest, Paks) determinisztikus módszerrel számított várható maximális gyorsulásértékek [Szeidovitz et al. 2001, Szeidovitz & Varga 1997]. Továbbá nemzetközi együttműködés keretében az ország egész területére elkészült a helyi altalaj laterális változását figyelmen kívül hagyó determinisztikus veszélyeztetettség-térkép is [Bus et al. 2000].

KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK

A dolgozat elkészítése előtti kutatási eredmények és a perspektivikus kutatási irányok alapján a jelölt a következő célkitűzéseket fogalmazta meg:

1. A földrengés-epicentrumok és a földrengések kipattanásával kapcsolatba hozható geológiai és geofizikai adatok térinformatikai rendszerben való összegyűjtése és tárolása.
2. A *Kinematikai és földrengés-epicentrumok térkép* [Jámbor et al. (Szerk.) 1999] pontosítása és kiegészítése.
3. Térinformatikai elemzésekkel az egyes geológiai, geofizikai szerkezetek és a földrengés-epicentrumok elhelyezkedése közötti kapcsolatok vizsgálata.
4. Determinisztikus földrengés-veszélyeztetettségi számítások segítségével Debrecen veszélyeztetettségének megállapítása az alapközet paraméterein kívül a helyi altalaj tulajdonságait is figyelembe vevő hibrid módszer felhasználásával.
5. A determinisztikus földrengés-veszélyeztetettségi számítások eredményeit és a debreceni épületállomány adottságait is figyelembe vevő kockázati térkép készítése.

AZ ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

A jelölt a földrengések geológiai és geofizikai környezetének tanulmányozása céljából létrehozott térinformatikai rendszer elkészítése során a következő módszereket alkalmazta. Digitalizálta és tájékozta a rendszer rétegeit képező egyes térképeket. Térképeket szerzett be más kutatóhelyekről, és ezek tájékozási paramétereit pontosította. A térképi objektumokból és koordináta-értékek alapján térinformatikai rendszerben pont, vonal és poligon témákat hozott létre. A jelölt a felhasznált programok nyújtotta felületmodellezési eljárások alkalmazásával a különböző szintfelületeket reprezentáló pontok segítségével TIN (*Triangulated Irregular Network* — Szabálytalan Háromszögháló) modelleket és raszteres felületmodelleket, majd ezekből metszeteket készített. A szintfelületekből lejtőkategória térképeket szerkesztett a térinformatikai programok megfelelő funkcióinak alkalmazásával.

A jelölt a létrehozott térinformatikai rendszerben a következő elemző eszközöket használata az egyes rétegek közötti kapcsolatok vizsgálata céljából: kiválasztás (földrajzi elhelyezkedés, tulajdonság szerint illetve más téma felhasználásával) metszet- és unióképzés, bufferzóna-létrehozás (vektor típusú adatok között), szorzat- és összegképzés, újraosztályozás (raszter típusú adatok között).

A jelölt a HYPOINVERSE-2000 programot [Klein 2002] használta fel a harmadidőszaki-medencealjzat feletti mély, üledékes medencék speciális sebességviszonyait is figyelembe vevő hipocentrumok relokalizációjának elvégzéséhez, mellyel pontosította a Magyaror-

szági Földrendések Évkönyveiben [Tóth et al. 1996-2004] szereplő néhány 'kritikus' hipocentrum-meghatározást.

A jelölt Debrecen földrengés-veszélyeztetettségének megállapításához szintetikus szeizmogramokat számított, amelyeket a Trieszti Egyetem Földtudományi Tanszékén [Panza et al. 2000] kifejlesztett módusösszegzéses és véges differenciás módszerek együttes alkalmazásán alapuló hibrid eljárás felhasználásával hozott létre. Az említett eljárással nemcsak az alapkőzet tulajdonságai és a csillapodás mértéke, hanem a helyi általaj paraméterei is figyelembe vehetők. A számítások végén a földrengés magnitúdójának megfelelően méretezte az akcelerogramokat Gusev [1983] eljárása szerint.

FELHASZNÁLT ADATOK

A földrengések geológiai és geofizikai környezetének tanulmányozására létrehozott térinformatikai rendszer a következő térképi rétegeket tartalmazza:

- Makroszeizmikus földrengés-epicentrum térkép: *Kinematikai és Földrengés-epicentrumok térképének* kiegészített és átdolgozott változata;
- Mikroszeizmikus földrengés-epicentrum térkép (nagy pontosságú helymeghatározást lehetővé tevő állomáshálózat által regisztrált rengések — Magyarországi Földrengések Évkönyvei (MFÉ) [Tóth et al. 1996-2004] — (1995-2003));
- Magyarország negyedidőszaki mozgásainak térképe [Jámbor & Szeidovitz 1995];
- Negyedidőszaki kéregmozgások térképe Rónai [1977] módszere szerint;
- Pleisztocénben aktív törésvonalak és süllyedékerületek térképe [Schweitzer 1993];
- A negyedidőszaki képződmények vastagsága Magyarországon [Franyó 1992], a nyírségi területen pontosítva „A Nyírség déli része kvarter képződményeinek vastagsága” című térképpel [Jámbor 2000];
- Magyarország geomorfológiai térképe [Pécsi et al. 2000], annak jelenkori, tektonikus elemei;
- Magyarország pannonnál idősebb képződményeinek törésrendszer térképe [Rumpler & Szabó 1985]
- Neogene tectonic map of the Pannonian Basin and the Surrounding Alpine-Carpathian-Dinaric Mountains [Horváth 1993];
- A Bouguer-anómália eloszlásból a medenceüledékek háromdimenziós gravitációs hatásának kivonásával kapott térkép [Bielik 1991];
- A Kárpát-Pannon térség Bouguer-anómália térképe [Szafián et al. 1997];
- A neogén üledékek hűtő hatására korrigált hőáram térkép [Lenkey 1999];
- Tellurikus vezetőképesség térképek
 - Kelet-Magyarország tellurikus vezetőképesség térképe [Madarasi (Szerk.) 2001]
 - A Dunántúl tellurikus vezetőképesség térképe [Nemesi (Témavez.) Madarasi (Szerk.) 1999]
- Geológiai képződmények fekvésének szintvonalas térképei:
 - ❖ Felsőpannóniai képződmények talpmélység térképe [Csiky et al. 1987];
 - ❖ Alsópannóniai képződmények talpmélység térképe [Csiky et al. 1987a];
 - ❖ Harmadidőszaki medencealjzat mélysége a Kárpát-medencében [Kilényi & Šefara 1989];
 - ❖ Mohorovičić-diszkontinuitás mélységtérképe [Posgay et al. 1991, Lenkey 1999];
- Jelenkori domborzat (Digital Elevation Modell-500);

- Jelenkori vízrajz, települések elhelyezkedése (Digitális Topográfiai Alaptérkép, DTA-200)
- Minimális és maximális talajvízszintek térképe [Pécsi et al. 1989]

A digitális térképek vetületi rendszereként az Egységes Országos Vetületi rendszert [Bácsatyai 1993] alkalmazta.

A földrengés-veszélyeztetettség számítások során a jelölt a következő adatokat használta fel:

- az alapkőzet-modell megalkotásához:
 - ❖ mélyfúrások P hullámsebesség-értékeit [MOL adattár];
 - ❖ a különböző geológiai korok és a különböző közettípusok szerinti, a Kárpát-medencére vonatkozó sebesség és sűrűségadatokat [Szabó & Páncsics 1994];
 - ❖ a mélyfúrások legnagyobb talpmélységénél mélyebb rétegek esetében az alapkőzet-modellhez a PGT-1 jelzésű szeizmikus reflexiós metszet sebességadatait [Hegedűs 1998];
 - ❖ az alapkőzet-modell 15 km-nél mélyebb részein Bus et al. [2000] VI. sz. Kárpát-medencei szerkezeti egységét használta referencia modellként;
- az altalajmodellek létrehozásához debreceni vízkutató-fúrások rétegsor adatait és kalapácsos szeizmikus mérések P hullámsebesség-adatait;
- mind az altalaj-modelleknél, mind az alapkőzet-modelleknél alkalmazta az Alföldre Mészáros & Zilahy-Sebess [2001] által számított mélység–Vp/Vs görbét és mélység–sűrűség görbét, illetve Mammo et al. [1995] által megadott Q értékeket, amelyeket mély üledékes medencék esetére határoztak meg a szerzők;
- A debreceni kockázattérkép készítéséhez a sérülékenységi megállapításához a várost ábrázoló 1 m-es felbontású légifotókat és 1:10 000 méretarányú topográfiai térképeket.

AZ ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA

I. A jelölt térinformatikai rendszert hozott létre a földrengés-epicentrumok geológiai és geofizikai környezetének tanulmányozására az ArcView 3.2 szoftver felhasználásával.

Összegyűjtötte és térinformatikai rendszerbe integrálta a földrengésekkel kapcsolatba hozható, rendelkezésre álló geológiai és geofizikai térképi adatokat [Gribovszki & Szeidovitz 2000, 2004, 2005, 2005a]. Az analóg formában elérhető térképeket digitalizálta és tájékozta. A digitális formátumban rendelkezésre álló térképek tájékozási paramétereit pontosította. A rendszer 23 db digitális térképet foglal magában, melyek közül 2 db pont típusú, 3 db vonal és poligon típusú, 3 db vonal típusú és 15 db felületmodell (TIN vagy raszteres) típusú. Az elkészült rendszer segítségével az epicentrumok és a különböző témájú térképek elemei között elemzések végezhetők, melyek segítségével kapcsolatok állapíthatók meg az epicentrumok és a geológiai, geofizikai képződmények elhelyezkedése között.

Elvégezte a *Kinematikai és földrengés-epicentrumok térkép* [Jámbor et al. 1999] pontosítását és kiegészítését, és a MFÉ-ben található hipocentrumok szűrését, hogy előállítsa a *Makro- és Mikroszeizmikus földrengés-epicentrum térképeket*. A *Kinematikai és földrengés-epicentrumok térkép* eredetileg 213 eseményt tartalmazott, egy eseményhez ábrázolva az összes legnagyobb megrázottságú települést. Több azonos megrázottságú településhez kapcsolódó esemény esetén a rengéssel kapcsolatba hozható leírásokat, föld-

rengés kérdőíveket, makro- és mikroszeizmikus katalógusok adatait tanulmányozva a jelölt meghatározta az epicentrum valószínű helyét. A MFÉ-ekben található hipocentrumok felszíni vetületét a térinformatikai rendszerbe integrálta, és a helymeghatározási hibaértékek alapján szűrte.

- I.a Elvégezte az 1996 és 2002 között keletkezett néhány 'kritikus' rengés relokalizációját műszeres beérkezési adatok alapján a HYPOINVERSE-2000 program felhasználásával. Ezen rengések hipocentrum-meghatározásainál a makroszeizmikus és a mikroszeizmikus epicentrumok egymástól több, mint 10-15 km távolságra estek. A mély, üledékes medencék speciális sebességviszonyait is figyelembe vevő epicentrum-meghatározások eredményeképpen számos esetben a makroszeizmikus érzékelés és a műszeres helymeghatározás eredményei közeledtek egymáshoz.

II. A térinformatikai rendszer rétegei és az epicentrumok között a következő kapcsolatokat állapította meg:

- II.a *A Pleisztocénben aktív törésvonalak és süllyedékkerületek térképnek* [Schweitzer 1993] a *Magyarország geomorfológiai térkép* [Pécsi et al. 2000] jelenkori tektonikus elemeivel kiegészített térkép objektumai szignifikáns kapcsolatban vannak, mind a makro-, mind a mikroszeizmikus epicentrumok elhelyezkedésével, és a térképi elemek 5 km-es környezete tartalmazza a makroszeizmikus epicentrumok 71 %-át, a mikroszeizmikus epicentrumoknak pedig 76 %-át.

Magyarország negyedidőszaki mozgásainak térképe [Jámbor & Szeidovitz 1995] objektumai sem a makro-, sem a mikroszeizmikus epicentrumok elhelyezkedésével nem mutatnak szignifikáns kapcsolatot.

A Neogene tectonic map of the Pannonian Basin and the Surrounding Alpine-Carpathian-Dinaric Mountains [Horváth 1993] című térkép hazánk területére vonatkozó törésvonalai az 5 km-nél nagyobb horizontális helymeghatározási hibával rendelkező mikroszeizmikus rengésekkel mutatnak szignifikáns kapcsolatot, az ennél pontosabb helymeghatározású mikroszeizmikus, illetve a makroszeizmikus rengések esetén nem volt kimutatható összefüggés. A törésvonalak 5 km-es környezetében található a makroszeizmikus epicentrumok 54, a mikroszeizmikus epicentrumoknak pedig 58 %-a.

A Magyarország geomorfológiai térképén [Pécsi et al. 2000] található jelenkori tektonikus elemek közül a vulkáni kúpok és telérek elhelyezkedése szignifikáns összefüggést mutat az 5 és 10 km közötti horizontális helymeghatározási hibájú makroszeizmikus epicentrumokkal, továbbá megállapítható, hogy a makroszeizmikus epicentrumok az átlagos epicentrum-sűrűség többszörösét mutatják a nevezett térképi elemek környezetében.

A felsorolt eredmények azt mutatják, hogy bár sikerült kapcsolatot kimutatni a vetőzónák elhelyezkedése és az epicentrum-eloszlás között, azonban bebizonyosodott, hogy a magyarországi rengések összessége nem magyarázható ismert tektonikus szerkezetek mentén bekövetkező elmozdulások segítségével.

- II.b Megállapította, hogy a makroszeizmikus epicentrumok az átlagos epicentrum-sűrűségnél nagyobb értékeket mutatnak a harmadidőszaki medencealjzat 20-40°-os lejtésű részeinek 5 és 10 km-es környezetében. Ezekben a területeken azonban törésvonalak is áthaladnak, ezért nem jelenthető ki egyértelműen, hogy a rengések oka minden esetben az üledék medencealjzaton történő megcsúszása.

II.c Jelenkori mozgásokra utaló nyomokat talált *A negyedidőszaki képződmények vastagsága Magyarországon* [Franyó 1992] térkép és a *jelenkori domborzat* szorzattérképének segítségével. A szorzattérképen kirajzolódik a Kecskemét környéki földrengés aktív terület — a negyedidőszaki üledék vastagodását a jelenkori domborzat magasságának növekedése is követi —, ugyanez mondható el a nyírségi Hoportyó kiemelkedésének környezetéről is. A szorzattérképen nem tükröződik az Alföld többi aktív területe: a szege-di, a jászberényi, a békési aktív terület stb..

III. **Megállapította, hogy a Debrecen belterületére kiszámított szintetikus szeizmogramok horizontális komponensei alapján előállított válaszspektrum-arányok maximális értékei 1 Hz alatt találhatók.**

Két különböző forgatókönyv alapján készített számításokat [Gribovszki & Szeidovitz 2002, Gribovszki et al. 2002, Panza, Gribovszki et al. 2002, Gribovszki & Vaccari 2004]. Az egyik hipotetikus földrengés epicentruma Gálospetriben, a másiké Hosszúpályiban volt.

Ismert, hogy az épületek a horizontális gyorsulási komponensekkel szemben a legérzékenyebbek. Ugyanakkor a Debrecen belterületére vonatkozó számítások esetében a transzverzális komponensnél tapasztalhatóak a legnagyobb gyorsulásértékek. Az a tény, hogy a horizontális válaszspektrum-arányok maximális értékei 1 Hz alatt találhatók azt jelenti, hogy a tíz emeletnél magasabb épületek nagyobb károsodást szenvedhetnek, mint a földszintesek vagy a néhányemeletesek. Ebből következően, ha egy az 1834-ben Érmelléken kipattant rengés paramétereirehöz hasonló értékekkel leírható rengés keletkezne napjainkban, akkor ez a történelmi rengésnél nagyobb károkat okozna Debrecenben. Ugyanis míg 1834-ben jobbra csak földszintes, vagy 1-2 emeletes épületek voltak a városban, addig napjainkban sokemeletes lakóházak és ipari létesítmények is előfordulnak, amelyek a válaszspektrum-arány eredmények alapján nagyobb károsodást szenvedhetnek el, mint az alacsonyabbak.

IV. **Előállította a tervezési talajgyorsulás értékeket bemutató raszter-térképeket mindhárom hullámkomponensre, 11 különböző, a várost keresztülszelő metszet felhasználásával elvégzett számítások segítségével Debrecen teljes területére vonatkozóan.**

A számítások alapfeltevése az volt, hogy egy $M = 6$ magnitúdo-értékkel jellemzett földrengés a Debrecenre legnagyobb szeizmikus veszélyeztetettséget jelentő Mobil zóna városhoz legközelebbi pontján, Hosszúpályi településen pattan ki.

A város különböző területein a transzverzális és radiális hullámkomponensek egymáshoz viszonyított arányáról elmondható, hogy a Hosszúpályihoz közeli (délkeleti) részen kb. kétszeres, a távolabbi északnyugati részen viszont több mint tízszeres. A gyorsulás értékekben történő változás a következő:

- a transzverzális komponensnél: délkeleti maximumról, 380 cm/s^2 -ről lecsökken északnyugati minimumra, 150 cm/s^2 -re;
- a radiális komponensnél: délkeleti maximumról, 160 cm/s^2 -ről lecsökken északnyugati minimumra, 15 cm/s^2 -re.

A jelölt a vertikális hullámkomponens maximális értékeit a belvárosban kapta, de ez ott sem nagyobb, mint 43 cm/s^2 . A hullámkomponensek közül a maximális értékek a transzverzális komponensnél adódnak.

V. **Előállított egy speciális földrengés-kockázati térképet a veszélyeztetettség számítások és a debreceni épületállomány paraméterei alapján Debrecen városára vonatkozólag.**

A földrengéskockázat a földrengés-veszélyeztetettség és a sérülékenység mértékének szorzataként definiálható. A veszélyeztetettség értékeit a szintetikus szeizmogramok spektrális jellemzői szolgáltatták, míg a vizsgált terület sérülékenységét Debrecen épületállományának egy speciális jellemzője, az épületek szintszáma jelentette. Az épületek szintszáma és az épület sajátperiódusa (mellyel a jelölt a sérülékenységet jellemezte) között a következő közelítő kapcsolat írható fel [Csák et al. 1981]:

$$T = 0.1 \times n,$$

ahol T: az épület sajátperiódus-ideje, másodpercben;

n: az épület emeleteinek száma.

Mindezekből következőleg ahhoz, hogy a város adott pontján a szintetikus szeizmogramok spektrális jellemzőit össze lehessen vetni az ott található épületek szintszámával, el kellett készíteni egy újabb térképet, amely megmutatja, hogy hány szintes épületek találhatóak a város egyes részein. Ennek a térképnek az elkészítéséhez a jelölt Debrecenről készült légifotókat tájékozott, majd interpretált, és felhasználta még az 1:10 000 méretarányú topográfiai térképek jelkulcsában megadott emeletszám-ábrázolásokat is.

A különböző témájú térképek, és a közöttük végzett vizsgálatok elkészítéséhez a jelölt a térinformatika eszközeit használta fel. A vizsgálat végeredményeként előállt Debrecenre vonatkozóan egy speciális földrengés-kockázati térkép, amely megmutatja, hogy a város egyes pontjain milyen mértékű relatív károokra lehet számítani egy Hosszúpályiban, a vizsgálatban megadott paraméterekkel kipattanó rengés esetén.

A földrengés-kockázati térkép szerint a város legjobban károsodó része kb. 1.5 km-re délkeletre található a történelmi városközponttól, azonban közepesen erős károkat szenvedne el a városnak nemcsak a Hosszúpályi településhez közel eső déli része, de a belváros, vagy egyes északi városrészek is.

AZ ÉRTEKEZÉS EREDMÉNYEINEK HASZNOSÍTÁSA

A földrengés-epicentrumok geológiai és geofizikai környezetének tanulmányozására létrehozott térinformatikai rendszer jó alapul szolgálhat későbbi elemzések elvégzésére, további adatokkal történő tetszőleges bővítésre. A térinformatikai rendszer rétegeinek és az epicentrumok kapcsolatának adatbányászati módszerekkel történő vizsgálata már el is kezdődött.

A Debrecen városára létrehozott földrengés-kockázati térkép választ ad arra a kérdésre, hogy hol keletkezhetnek jelentősebb károk, mely területeken lehet szükség az épületek megerősítésére. A kockázattérkép létrehozásakor felhasznált bemeneti válaszspektrumok raszter-térképeinek segítségével megtervezhető, hogy a város mely részeire ne kerüljenek adott saját-frekvenciájú épületek. A kockázattérkép készítésének munkamódszere a jövőben alkalmazható más városok hasonló vizsgálataihoz is.

A DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

Külföldi tudományos folyóiratban:

Panza G. F., Gribovszki K. et al. (2002): Realistic modeling of seismic input for megacities and large urban areas. *Episodes*, **25(3)**: 160-184.

Hazai tudományos folyóiratban, idegen nyelven:

Szeidovitz Gy., Bus Z. & Gribovszki K. (2001): Research for seismogenic zones in the Pannonian Basin. A deterministic seismic hazard estimation for Budapest. *Acta Geod. Geoph. Hung.*, **36(4)**: 417-438.

Gribovszki K. & Vaccari F. (2004): Seismic ground motion and site effect modelling along two profiles in the city of Debrecen, Hungary. *Acta Geod. Geoph. Hung.*, **39(1)**: 101-120.

Gribovszki K. & Panza G. F. (2004): Seismic microzonation with the use of GIS (Case study for Debrecen, Hungary). *Acta Geod. Geoph. Hung.*, **39(2-3)**: 177-190.

Szeidovitz Gy., Bus Z. & Gribovszki K. (2004): Focal depths of earthquakes in the Carpathian Basin. *Acta Geod. Geoph. Hung.*, **39(4)**: 447-470.

Könyvfejezet, idegen nyelven:

Szeidovitz Gy. & Gribovszki K. (2004): Seismic Hazard of Dunaföldvár, *In: Mentés Gy., & Eperné Pápai I. (Eds.): Landslide monitoring of loess structures in Dunaföldvár, Hungary. Sopron, GGRI of HAS, 23-35. old.*

Hazai tudományos folyóiratban, magyar nyelven:

Gribovszki K. & Szeidovitz Gy. (2000): Potenciális földrengéshészkek meghatározása térinformációs rendszer felhasználásával. *Geomatikai Közlemények*, **III**: 255-264.

Gribovszki K. (2001): Térinformatikai szoftverek összehasonlítása: AutoCAD MAP 2000 ↔ ArcView 3.1. *Térinformatika*, **2001(7)**: 26-30.

Gribovszki K., Vaccari F. & Szeidovitz Gy. (2002): Földrengés okozta talajmozgások modellezése Debrecen belterületére vonatkozóan. *Geomatikai Közlemények*, **V**: 99-114.

Gribovszki K. (2002a): Térinformatikai eszközök alkalmazása Debrecen város földrengéskockázatának meghatározásában. *Geomatikai Közlemények*, **V**: 135-153.

Szeidovitz Gy., Gribovszki K. & Hajósy A. (2002): Várható földrengések Érmellék és Nyírség területén. *Magyar Geofizika*, **43(4)**: 161-179.

Gribovszki K. & Szeidovitz Gy. (2005): Földrengések geo-környezetének tanulmányozása térinformatikai eszközökkel. *Geomatikai Közlemények*, **VIII**: 315-326.

Hazai konferencia-kiadványban, teljes tartalommal (nem abstract):

Gribovszki K. & Szeidovitz Gy. (2002): A földrengés okozta talajmozgás, és a talaj felerősítő hatásának modellezése két Debrecen városán keresztül húzódó szelvény mentén. *Magyarország Földrengésbiztonsága mérnökszeizmológiai konferencia*, Széchenyi I. Egyetem, Győr, 249-265. old.

Mónus P., Tóth L. & Gribovszki K. (2002): A földrengéskockázat fogalma és meghatározási módszerei. *Magyarország Földrengésbiztonsága mérnökszeizmológiai konferencia*, Széchenyi I. Egyetem, Győr, 121-128. old.

Gribovszki K. & Szeidovitz Gy. (2004): A földrengések kiváltó tényezőinek vizsgálata térinformatikai rendszer felhasználásával. *Magyarország Földrengésbizton-*

sága mérnökszeizmológiai konferencia, Széchenyi I. Egyetem, Győr, 347-362. old.

Külföldi konferencia-kiadványban bővített kivonatként, idegen nyelven:

Gribovszki K. & Panza G. F. (2003): Seismic microzonation with the use of GIS (Case study for Debrecen, Hungary). *First International Conference, Science and Technology for Safe Development of Lifeline Systems*, Szófia, Bulgária, 2003. november 4-5.

Gribovszki K. & Szeidovitz Gy. (2005a): Investigation of earthquakes' geological and geophysical surroundings in the Pannonian Basin by using GIS tools. *Second International Conference, Science and Technology for Safe Development of Lifeline Systems, Natural Risks: Earthquakes and Co-seismic Associated Risks, Neotectonics and Seismic Hazard Assessment in the CEI Area*, Pozsony, Szlovákia, 2005. október 24-25.

Szakedolgozat

Gribovszki K. (2002): Térinformatikai rendszer létrehozása az Érmelléken kipattant földrengések okainak tisztázása céljából. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 33 old.

A DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN TARTOTT ELŐADÁSOK ÉS BEMUTATOTT POSZTEREK JEGYZÉKE

Gribovszki K.: Térinformatikai szoftverek összehasonlítása: AutoCAD MAP

2000 ↔ ArcView 3.0. *MFTTT Geodéziai Szakosztálya*, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, 2000. május 22.

Gribovszki K. & Szeidovitz Gy.: Potenciális földrengésházak meghatározása térinformációs rendszer felhasználásával. *Geomatika Konferencia*, MTA GGKI, Sopron, 2000. október 11-12.

Gribovszki K.: Térinformatikai eszközök alkalmazása Debrecen város földrengés-kockázatának meghatározásában. *Geomatika Konferencia*, MTA GGKI, Sopron, 2002. október 17-18.

Gribovszki K. & Szeidovitz Gy.: Debrecen földrengéskockázata determinisztikus megközelítésben (A földrengés okozta talajmozgás, és a talaj felerősítő hatásának modellezése két Debrecen városán keresztül húzódó szelvény mentén). *Magyarország Földrengésbiztonsága mérnökszeizmológiai konferencia*, Széchenyi I. Egyetem, Győr, 2002. november 05.

Mónus P., Tóth L. & Gribovszki K.: A földrengéskockázat fogalma és meghatározási módszerei. *Magyarország Földrengésbiztonsága mérnökszeizmológiai konferencia*, Széchenyi I. Egyetem, Győr, 2002. november 05.

Gribovszki K. & Panza G.F.: Seismic microzonation with the use of GIS (Case study for Debrecen, Hungary). *First International Conference, Science and Technology for Safe Development of Lifeline Systems*, Szófia, Bulgária, 2003. november 4-5. (poszter)

Gribovszki K. & Panza G. F.: Debrecen földrengés-kockázati térképe. *Ifjú Szakemberek Ankétja*, Sárospatak, 2004. március 19-20. (poszter)

- Gribovszki K.: A GIS alkalmazási lehetőségei hazánk földrengéskutatásában. *Soproni Informatika Klub*, Sopron, 2004. március 25.
- Gribovszki K., Panza G. F. & Vaccari F.: Seismic ground motion and seismic risk modelling along 11 different profiles in the city of Debrecen (Seismic microzonation with the use of GIS). *32nd International Geological Congress*, Firenze, Olaszország, 2004. augusztus 20-28. (poszter)
- Gribovszki K. & Szeidovitz Gy.: GIS tools application in seismology. *32nd International Geological Congress*, Firenze, Olaszország, 2004. augusztus 20-28. (poszter)
- Gribovszki K.: Seismic microzonation with the use of GIS (Case study for Debrecen, Hungary). *International Training Course on Seismology*, Potsdam, Német Szövetségi Köztársaság, 2004. szeptember 19-től október 24-ig.
- Gribovszki K. & Szeidovitz Gy.: A földrengések kiváltó tényezőinek vizsgálata térinformatikai rendszer felhasználásával. *Magyarország Földrengésbiztonsága mérnökszeizmológiai konferencia*, Széchenyi I. Egyetem, Győr, 2004. november 4-5.
- Gribovszki K.: Szeizmikus mikrozonáció térinformatikai eszközök felhasználásával. *Az MTA Földtudományi Kutatóintézetei Társulásának Beszámoló Ülése*, MTA Székház, Budapest, 2005. február 16.
- Gribovszki K.: Földrengések geofizikai és geológiai környezetének vizsgálata adatbányászati módszerekkel. *Adatbányászati alkalmazások perspektívái*, VEAB Székház, Veszprém, 2005. június 30.
- Gribovszki K. & Szeidovitz Gy. (2004): Investigation of earthquakes' geological and geophysical surroundings in the Pannonian Basin by using GIS tools. *Second International Conference, Science and Technology for Safe Development of Lifeline Systems, Natural Risks: Earthquakes and Co-seismic Associated Risks, Neotectonics and Seismic Hazard Assessment in the CEI Area*, Pozsony, Szlovákia, 2005. október 24-25. (poszter)

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Ádám A.** (2001): Relation of the graphite and fluid bearing conducting dikes to the tectonics and seismicity (Review on the Transdanubian crustal conductivity anomaly). *Earth Planets Space*, **53**: 903-918.
- Ádám A. & Verő J.** (1964): Ergebnisse der regionalen tellurischen Messungen in Ungarn. *Acta Technica*, **47**: 761-773.
- Bácsatyai L.** (1993): Magyarországi vetületek. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, 196 old.
- Bielik M.** (1991): Density modelling of the Earth's crust in the intra-Carpathian basins. *In*: Karamata S. (Ed.): Geodynamic Evolution of the Pannonian basin. Acad. Conf. **62**, Serb. Acad. Sci. Arts, Beograd, 123-132.
- Bisztricsány E.** (1977): On earthquake hazard in the Carpathian Basin. *Földt. Közl.*, **107**: 97-101.
- Bus Z., Szeidovitz Gy. & Vaccari F.** (2000): Synthetic Seismogram Based Deterministic Zoning for the Hungarian Part of the Pannonian Basin. *Pure Appl. Geophys.*, **157**: 203-219.
- Csák B., Hunyadi F. & Vértes Gy.** (1981): A földrengések hatása építményekre. Műszaki Kiadó, Budapest, 355 old.
- Csíky G., Erdélyi Á., Jámbor Á., Kárpátné Radó D. & Kőrössy L.** (Szerk.) (1987): Magyarország Pannóniai (s.l.) képződményei. A dunántúli főcsoport (=felső-pannóniai képződmények) talpmélység térképe. M=1: 500 000. *Magyar Állami Földtani Intézet*, Budapest.
- Csíky G., Erdélyi Á., Jámbor Á., Kárpátné Radó D. & Kőrössy L.** (Szerk.) (1987a): Magyarország Pannóniai (s.l.) képződményei. A peremartoni főcsoport (=alsó-pannóniai képződmények) talpmélység térképe. M=1: 500 000. *Magyar Állami Földtani Intézet*, Budapest.
- Franyó F.** (Szerk.) (1992): A negyedidőszaki képződmények vastagsága Magyarországon. M=1: 500 000. *Magyar Állami Földtani Intézet*, Budapest.
- Gerner P., Bada G., Dövényi P., Müller B., Oncescu M.C., Cloetingh S. & Horváth F.** (1999): Recent tectonic stress and crustal deformation in and around the Pannonian basin: data and models. *In*: Durand B., Jolivet L., Horváth F. & Seranne M. (Eds.) The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen. Geological Society, London, Special Publication **156**: 269-294.
- Gusev A. A.** (1983): Descriptive Statistical Model of Earthquake Source Radiation and its Application to an Estimation of Short Period Strong Motion. *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, **74**: 787-808.
- Hegedűs E.** (1998): Egységes sebességmodell meghatározása a PGT jelű mélyszeizmikus reflexiók szelvények nyomvonalán Délkelet-Magyarországon. *In*: Mónus P. (Szerk.) A Pannon-medence mélyszerkezeti viszonyai szeizmológiai adatok alapján, T014976 sz. OTKA témapályázat. Zárójelentés, 7-8 old.
- Horváth F.** (1984): Neotectonics of the Pannonian basin and the surrounding mountain belts: Alps, Carpathians and Dinarides. *Annales Geophysicae*, **2(2)**: 147-154.
- Horváth F.** (1993): Towards a mechanical model for the formation of the Pannonian basin. *Tectonophysics*, **226**: 333-357.
- Jámbor Á.** (2000): A Nyírség D-i része kvarter képződményeinek vastagsága. M=1: 200 000. MTA GGKI Szeizmológiai Főosztály Archívuma
- Jámbor Á. & Szeidovitz Gy.** (1995): Új atomerőmű telepítésére kijelölt területek földrengéskockázatának előzetes vizsgálata. MTA GGKI Szeizmológiai Főosztály Archívuma, Budapest, 31 old.
- Jámbor Á., Mónus P. & Szeidovitz Gy.** (Szerk.) (1999): Kinematikai és Földrengés Epicentrumok térképe. ERŐTERV Adattár, Budapest.
- Kilényi E. & Šefara J.** (Eds.) (1989): Pre-tertiary Basement Contour Map of the Carpathian Basin Beneath Austria, Czechoslovakia and Hungary. Carpatho-Balkan region. M=1: 2 000 000, Published by Eötvös Loránd Geophysical Institute of Hungary, Budapest, Kartográfiai Vállalat.
- Klein F. W.** (2002): User's Guide to HYPOINVERSE-2000, a Fortran Program to Solve for Earthquake Locations and Magnitudes. U. S. Geological Survey, 123 pp.
- Lenkey L.** (1999): Geothermics of the Pannonian basin and its bearing on the tectonics of basin evolution. PhD thesis, Vrije Universiteit, Amsterdam, 215 pp.
- Lenkey L., Dövényi P., Horváth F. & Cloetingh S. A. P. L.** (2002): Geothermics of the Pannonian basin and its bearing on the neotectonics. *EUG Stephan Mueller Special Publication Series*, **3**: 29-40.
- Mammo T., Vuan A., Costa G. & Panza G. F.** (1995): Imaging of the weathered zone and estimation of Q in sediments. *Bolletino di Geofisica Teorica ed Applicata*, **37**: 179-188.
- Madarasi A.** (Szerk.) (2001): Kelet-Magyarország tellurikus vezetőképességtérképe (25 s periódusidőre (f=0.04 Hz) számolt látszólagos vezetőképesség értékek felhasználásával). Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI), a Miskolci Egyetem (ME) és a Magyar Olaj és Gázipari Tröszt (OKGT) tellurikus méréseinek felhasználásával, ELGI, M= 1: 500 000.
- Meskó A.** (2002): Földrengés veszélyeztetettség. ELTE Doktori kurzus digitális anyaga, 50 old.
- Mészáros F. & Zilahi-Sebess L.** (2001): Compaction of sediments with great thickness in the Pannonian Basin.

- Geophysical Transactions*, **44 (1)**: 21-48.
- Nemesi L.** (Témavez.), **Madarasi A.** (Szerk.) (1999): A Dunántúl tellurikus vezetőképességtérképe (25 s periódusidőre ($f=0.04$ Hz) számolt látszólagos vezetőképesség értékek felhasználásával). Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI), a Magyar Tudományos Akadémia Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézete (MTA GGKI), a Magyar Olaj és Gázipari Részvénytársaság (MOL Rt.) jogelődje az Országos Kőolaj és Gázipari Tröszt (OKGT) tellurikus méréseinek felhasználásával, ELGI, M= 1:500 000.
- Panza G. F., Romanelli F. & Vaccari F.** (2000): Seismic wave propagation in laterally heterogenous anelastic media: theory and applications to the seismic zonation. *Advances in Geophysics*, Academic press, **43**: 1-95.
- Pécsi M.** (Szerk.) (1989): Magyarország Nemzeti Atlasza. *Kartográfiai Vállalat*, Budapest. 395 old.
- Pécsi M.** (Szerk.) **A munkaközösség tagjai: Ádám L., Borsy Z., M. Buczkó E., Gazdag L., Góczán L., Hahn Gy., Kaiser M., Láng S., Leél-Össy Sz., Lovász Gy., Marosi S., Pécsi M., Pinczés Z., Rétvári L., Somogyi S., Székely A. & Szilárd J.** (2000): Magyarország Geomorfológiai Térképe. MTA Földrajz-tudományi Kutató Intézet, Budapest.
- Posgay K., Albu I., Mayerová M., Nakládlová Z., Ibrmajer I., Blížkovsky M., Aric K. & Gutdeutsch R.** (1991): Contour map of the Mohorovičić discontinuity beneath Ceantral Europe. *Geophys. Trans.*, **36**: 7-13.
- Rónai A.** (1977): Negyedidőszaki kéregmozgások a Magyar-medencében. *Földtani Közöny*, **107(3-4)**: 431-436.
- Rumpler J. & Szabó Z.** (Szerk.) (1985): Magyarország pannonnál idősebb képződményeinek törérendszer térképe (a MÁELGI és a GKV felszíni geofizikai mérései alapján). M=1: 500 000. A Magyar Állami Földtani Intézet megbízásából készítette a „GEOS” Gmk, Budapest.
- Szabó Z. & Páncsics Z.** (1994): A Pannon medence kőzetfizikai paraméterei. I-III. kötet, ELGI, Budapest.
- Szabó Z. & Páncsics Z.** (1999): Horizontal gravity gradients and earthquake distribution in Hungary. *Geophysical Transactions*, **42(1-2)**: 55-66.
- Szafián P., Horváth F. & Cloething S.** (1997): Gravity constraints on the crustal structure and slab evolution along a transcarpathian transect. *Tectonophysics*, **272**: 233-247.
- Szeidovitz Gy. & Varga P.** (1997): A Paksi Atomerőmű telephelyének földregésbiztonsága, kárpát-medencei nagyobb rengések áttekintésével. In: Marosi S. & Meskó A. (Szerk.) A Paksi Atomerőmű földregésbiztonsága. 95-111. old., Akadémiai Kiadó, Budapest
- Szeidovitz Gy., Bus Z. & Gribovszki K.** (2001): Research for seismogenic zones in the Pannonian Basin. A deterministic seismic hazard estimation for Budapest. *Acta Geod. Geoph. Hung.*, **36(4)**: 417-438.
- Szeidovitz Gy., Gribovszki K. & Hajósy A.** (2002): Várható földregések Érmellék és Nyírség területén. *Magyar Geofizika*, **43(4)**: 112-131.
- Schweitzer F.** (Szerk.) (1993): Pleisztocénban aktív törésvonalak és süllyedékterületek térképe. MTA Földrajz-tudományi Kutató Intézet, Budapest
- Tóth L. & Zsíros T.** (2002): A Pannon-medence szeizmicitása és földregés-kockázata. *Magyarország Földregésbiztonsága Konferencia*, Széchényi István Egyetem, Szerkezetépítési Tanszék, Győr, 129-138.
- Tóth L., Mónus P., Zsíros T., Kiszely M., Czifra T., Kosztyu Z.** (1996-2004): Magyarországi földregések évkönyvei 1995-2003. Georisk – MTA GGKI, Budapest
- Tóth L., Mónus P., Zsíros T. & Kiszely M.** (2002): Seismicity in the Pannonian Region – earthquake data. *EUG Stephan Mueller Special Publication Series*, **3**: 9-28.
- Zsíros T.** (2000): A Kárpát-medence szeizmicitása és földregés veszélyessége: Magyar földregés katalógus (456-1995). MTA GGKI Szeizmológiai Osztálya, Budapest, 495 old.