

# Földrengések térképen történő ábrázolásának 200 éves története<sup>1</sup>

PÓDÖR ANDREA<sup>2</sup>, KISZELY MÁRTA<sup>3</sup>

*Jelen munka rövid áttekintés nyújt nagy mennyiségű adatrendszer megjelenítésének nehézségeiről a Kárpát-medence és környezetében kipattant földrengések esetében. A Magyar Földrengés Katalógus közel 25000 földrengést tartalmaz 456-tól napjainkig. A legújabb kartográfiai programokra alapozva a szerzők néhány lehetséges megoldást mutatnak be.*

**A. PÓDÖR, M. KISZELY: 200 years of visualization of earthquakes on maps**

*The present study gives a brief overview of the difficulties in the cartographical representation of enormous data sets like earthquakes data of the Carpathian Basin and adjacent region. The Hungarian Earthquake Catalogue contains about 25000 earthquakes ranging from 456 A.D. to the present. Based on the newest cartographical programs the authors are presenting some possible solutions.*

## Bevezetés

Földrengéshez kapcsolódó első ismert térkép, ahol már tudományos igényű adatgyűjtés is folyt, a Mór-on kipattant 1810. január 14-i földrengéshez kötődik. A földrengés erősségének műszeres megfigyelésen alapuló mérőszáma a magnitúdó. A felszíni hatásának leírására, jellemzésére az ún. intenzitás-skála szolgál, melyet római számokkal jelölünk. A 12 fokozatú Európai Makroszeizmikus Skálán (EMS) épület-sérülések az V-ös fokozattól jelennek meg, míg a XII-es fok a teljes pusztulást jelzi. A földrengés intenzitása az epicentrum környezetében maximális. A móri rengés esetében  $I_{\max} = VIII$  lehetett, magnitúdója 5,4 érték körülire becsülhető.

A királyi Helytartótanács kérésére egy Tudós Bizottság alakult, melynek tagjai KITAIBEL Pál és TOMTSÁNYI Ádám a pesti egyetem professzorai és NOVÁK József megyei főorvos voltak. Bejárták a rengés által érintett területet, és egy térképet is szerkesztettek, amelyen vonallal jelölték a legerősebben megrázott területeket és ábrázolták a földrengés során keletkezett felszíni repedéseket, valamint a rengés fő lökésirányát (1. ábra). A térképet 1960-ban az Akadémiai Kiadó újra kiadta. Ez a térkép az első, tudományos vizsgálaton alapuló izoszeizmatatérkép. A károkat a térképen a sematikusan ábrázolt templomok tornyának sérülése jelzi, a pontozott vonal a kárt szenvedett területet határolja. A lökés irányát nyilak mutatják. A földrengés kipattanásának lehetséges okaként azt tételezték fel, hogy felszín alatti szénrétegek begyulladtak és az üregekben gőz képződött, amelynek nyomása hirtelen szétfeszítette a felette levő rétegeket, esetleg felszínalatti elektromos kisülések hozták létre a rengéseket. A főrengést körülbelül 1000 utórengés követte, melyet egy leleményes csákvári kertész faágakra akasztott csengők segítségével figyelt meg. A feljegyzések sajnos elvesztek.

A móri földrengés óta eltelt 200 év során nagyon sokat változott a világ. Már nem szerkesztünk kézzel térképet, a domborzatot bemutató térképek készítéséhez nagyon sok mérésadat áll rendelkezésünkre. Számítógépes programok segítségével szerkeszthetünk 3D-s domborzatmodellt, és ezek a modellek nagyon sok információt szolgáltatnak, egy-szersmind esztétikusak is.

Bár pusztító méretű földrengések ritkán pattannak ki a Kárpát-medencében, mégis hosszú történelmi múltra tekintenek vissza a földrengésekre vonatkozó feljegyzések. Rendezve ezeket az adatokat, katalógust kapunk. A szeizmológiai térképeken legtöbbször e földrengés-katalógus adatait ábrázoljuk. A magyarországi katalógus közel 25000 adatot tartalmaz 456-tól napjainkig. Az első katalógusba vett földrengés Magyarország területén, melyről feljegyzések maradtak fenn Avitus uralkodásának idejében, 456-ban szeptem-



1. ábra. KITAIBEL Pál és TOMTSÁNYI Ádám térképe a móri földrengésről (részlet)

Fig. 1. The map of the earthquake of Mór by P. KITAIBEL and Á. TOMTSÁNYI (detail)

<sup>1</sup> Beérkezett: 2010. január 25., elfogadva: 2010. március 8.

<sup>2</sup> Nyugat-magyarországi Egyetem, Geoinformatikai Kar, H-8000 Székesfehérvár, Pirosalma u. 1–3.

<sup>3</sup> Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet, H-1112 Budapest, Mérédek u. 18; E-mail: marta@seismology.hu

ber 7-én, este történt Savaria, a mai Szombathely térségében. A rengésről nem sokat tudunk, magnitúdója 6,1-re becsülhető. 1600-ig 250 rengést tartalmaz a katalógus, amely 1800-ra újabb 600 földrengéssel gyarapodott. 1900-ra az eltelt 100 év alatt bejegyzett rengések száma már 3500 fölötti. Az elmúlt évszázadban, pedig 17200 földrengést sikerült katalógnizálni (44°–50° É, 13°–28° K). A legerősebb,  $M \geq 6$  méretű földrengések száma 71, és ezekből 14 pattant ki a legutóbb elmúlt 100 évben.

A műszeres regisztrálás 1902. március 1-én indult el Budapesten a Földtani Intézet pincéjében. A magyarországi hálózat 1906-ra 5 állomásból állt (Budapest, Fiume, Ógyalla, Temesvár és Zágráb), majd 1914-ig további 5 állomással bővült (Kalocsa, Kecskemét, Kolozsvár, Szeged és Ungvár). Az I. Világháború megtörte ezt a dinamikus fejlődést, a II. Világháború után már csak 3-4 állomás működött. Ennek következménye, hogy az 1990-es évek elején volt olyan terület Magyarországon, ahol legtöbbször csak akkor szereztünk tudomást egy földrengésről, ha azt a lakosság jelezte. 1995-ben sikerült egy 10 állomásból álló hálózatot létesíteni, amely főleg a Paksi Atomerőmű telephelyének szeizmológiai monitorozását szolgálta. Jelenleg 15 állomás működik, ebből 6 valós idejű, vagyis az adatok rögtön megnézhetőek.

### A földrengések térképi ábrázolásának nehézségei

Ha térképen szeretnénk megjeleníteni a földrengés-katalógus adatait, akkor a következő tényezőkre kell figyelemmel lennünk. Egy földrengéshez kapcsolódó adatok a következők:

- időpont,
- koordináták,
- fészekmélység,
- méret (magnitúdó és/vagy intenzitás),
- kategória (elő-, fő-, utórengés, robbantás),
- egyéb adatok (fészekmechanizmus, detektáló állomások száma, károk stb.).

Az adatok hibával terheltek, néha valamelyik, előbb felsorolt adat hiányozhat. Ezeket az adatokat szeretnénk – lehetőleg egyszerre – ábrázolni, illetve valamilyen tematika szerint rendszerezni. Mivel nagyon sok adat áll rendelkezésünkre, és ezek több mint 1500 évet ölelnek át, számos nehézséggel kell szembenéznünk:

- Pontatlanság: A régi rengések epicentrumai pontatlanok, községnevekhez kötődnek, ezért sok rengés azonos koordinátával rendelkezik, így ábrázoláskor egymásra íródnak ezek az események.
- Óriási adatmennyiség: Több ezer adatot tartalmaz a katalógus, ezek külön jelekkel, egyazon térképen ábrázolva már zavaróak, nem lehet megkülönböztetni az egyes szimbólumokat.
- Hosszú időintervallum: Adataink a 456–2009 közötti időintervallumot ölelik fel. A régi adatok is fontosak, az új adatok viszont pontosabbak és több információt tartalmaznak.
- Idők során változott a katalógus minősége (műszeres regisztrálás beindulása óta 1902-től többször változott az állomások száma és azok elhelyezkedése).

A térképi ábrázolásnak tükröznie kellene ezeket a körülményeket, és lehetőleg minél több információt kell bemutatnia [ARNBERGER 1966; ANSON 1988]. A földrengések koordinátaadatait ( $\varphi$ ;  $\lambda$ ) a térképészetben használatos EOVS vetületi rendszerre MOLNÁR Gábor és TÍMÁR Gábor [2002] erre a célra írt programjával számítottuk át.

### Kartográfiai lehetőségek

A földrengésekkel kapcsolatban az előbbiekben felsorolt, jellemző adatok (koordináta, magnitúdó stb.) megfelelően tárolhatók egy térinformatikai adatbázisban, azonban a fő problémát a megjelenítés jelenti. Vizsgáljuk meg, milyen lehetséges ábrázolási módszerekkel jeleníthetők meg az egyes leíró adatok! Ezek egy részének megjelenése a térképeken triviális/evidens módon megoldható a *koordináták* révén (ezek nélkül nem létezik térképi megjelenítés): az előzőekből azonban kitűnik, hogy ezek pontossága eltérő. Ezt lehet jelölni egyezményes jellel, vagy színárnyalattal [KLINGHAMMER, PAPP-VÁRY 1985; STEGENA 1985; WITT 1971].

### Epicentrumok eloszlása

Ha az ábrázolás lényege annak bemutatása, hogy egy adott terület az évszázadok során mennyire földrengéses, akkor a földrengések mintegy egymásra rakódnak. Az adat mennyisége olyan sok, illetve természetéből fakadóan bizonyos helyeken sűrűsödik, így az ábrázolás célja – az összes lehetséges adat egyszerre történő bemutatása – szinte lehetetlenné válik. Számos megoldást láthattunk ezzel kapcsolatban. Ezekből egy példa az alábbi térkép, Tóth L. és Mónus P. munkája (2. ábra). Ez a térkép a General Mapping Tools (GMT, lásd: Hivatkozások) programcsomag segítségével készült. Ez a program szabadon letölthető és használható. A 2. ábrán látható, hogy valóban nagyon sok földrengés íródott egymásra.

Megpróbálkozhatunk kevesebb adatot ábrázolni, mégpedig magnitúdó szerint válogatva a katalógusban. A 3. ábrán az  $M \geq 3,2$  míg a 4. ábrán az  $M \geq 3,6$  rengések epicentrumainak eloszlását ábrázoltuk. Azonban még mindig nagyon sok az egymásra írt jelekkel borított terület.

A kartográfia többféle megoldást kínálhat számunkra. A legkézenfekvőbb a térképi általánosítás, vagyis generalizálás alkalmazása lenne. A generalizálás a térképszerkesztésnek az a folyamata, melynek során a térképen megjeleníthető információk közül *ki kell válogatni* azt az *adatmennyiséget*, amely az adott méretarányú térképen még ábrázolható és ugyanakkor a térkép céljának szempontjából a leglényegesebb ismereteket közvetíti a valóságról a térképolvasó számára [KLINGHAMMER, PAPP-VÁRY 1985; STEGENA 1985; WITT 1971]. Nagy méretarányban természetesen nem jelent problémát az egyes földrengések helyének ábrázolása. A méretarány csökkenésével elképzelhető lenne a Töpfer-szabály alkalmazása, mely matematikai úton történő generalizálást jelent:

$$n_f = n_a \sqrt{\frac{M_a}{M_f}},$$

ahol

$n_f$  – objektumszám a levezetett méretarányban,  
 $n_a$  – objektumszám a kiindulási méretarányban,  
 $M_a$  – kiindulási méretarányszám,  
 $M_f$  – levezetett méretarányszám.

A képlet a kiindulási és a levezetett térkép méretaránya, valamint a két térképen ábrázolt objektumok mennyisége között ad meg összefüggést. A szabályt alapul véve, és abból a feltételezésből kiindulva, hogy egy 1 : 100 000-es méretarányú térképen az adatok mindegyikét fel tudjuk tüntetni, a Kárpát-medencét ábrázoló 1 : 3 000 000-s térkép objektumszáma 22000-ról (nem minden katalógusba került eseményhez tartozik magnitúdó) 4000-re csökken. Magnitúdó szerint válogatva a katalógus adataiból az  $M \geq 3,6$  méretű események száma 2510, ami már az ábrázolható számú objektumokra történő csökkenést jelenti a Töpfer-szabály szerint. A földrengés szempontjából viszont az aktívabb területeken az egyes jelek még így is áttekinthetetlenek.

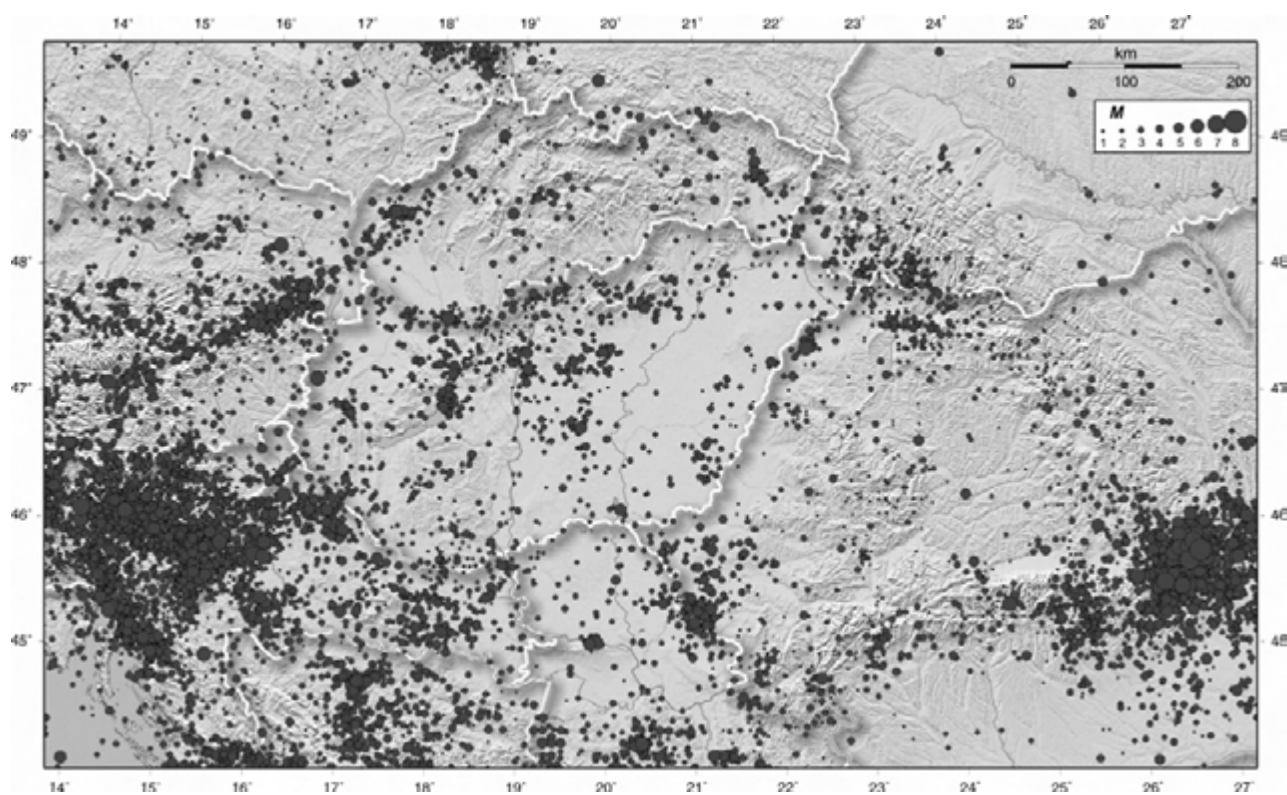
A szabály alkalmazása során a katalógusban tárolt adatok magnitúdóértéke – amely esetünkben nagyon fontos – elsikad. A generalizálást követően az adott esetben érdekes, kisebb rengések sem jelennének meg.

A megjelenítés szempontjából megoldásként kínálkozhat a földrengések számának statikus 3D-s felületként történő alkalmazása, valamint dinamikus térkép készítése a rengések időbeni változásának bemutatásával.

A másik megoldás a kartográfiában ugyancsak gyakran alkalmazott módszer, melynek során az egyik tematikus ábrázolási módszerről áttérünk egy másikra. Ez az ún. genera-

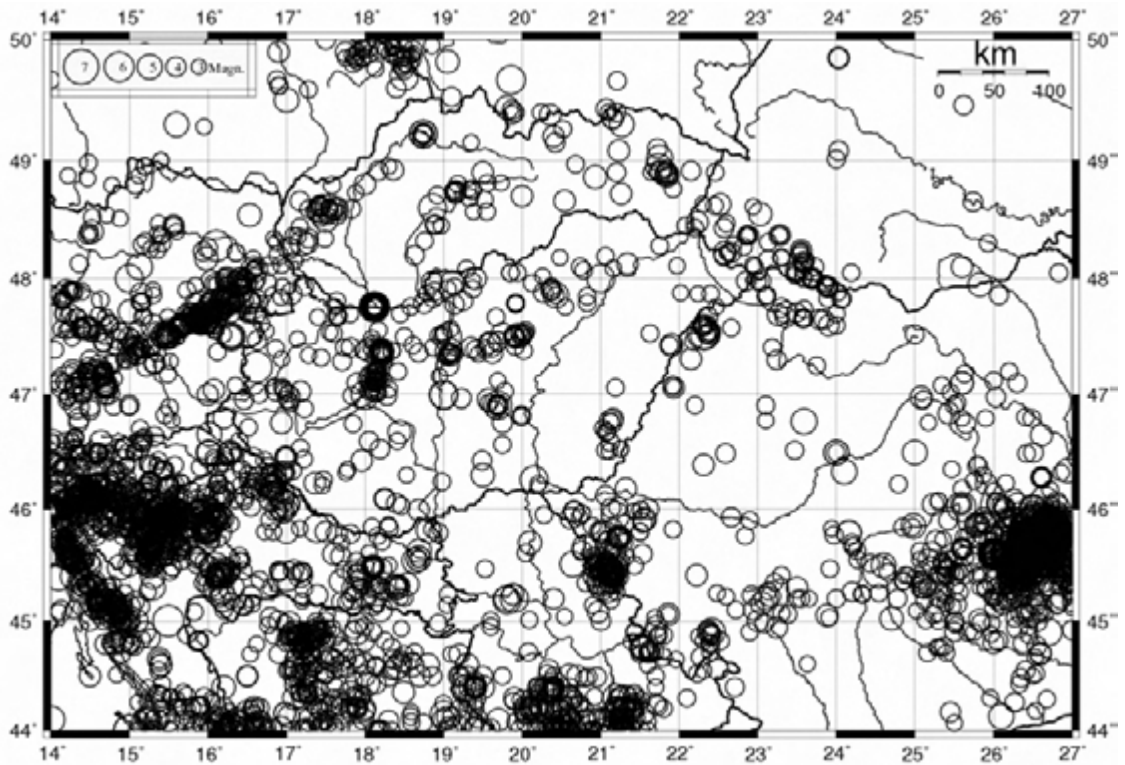
lizálási küszöb. Jelen esetben a pontszerű ábrázolásról áttérünk a felületre vonatkoztatott ábrázolásra. A vonatkozási felület háromféle lehet: statisztikai, földrajzi vagy mértani. A statisztikai felület valamilyen közigazgatási egység, a földrajzi felület hasonló természeti és társadalmi jelenségek által körülhatárolt terület, a mértani pedig valamilyen rács-hálót jelent. A földrengések ábrázolásának esetében különösen ez utóbbi módszer alkalmazása indokolt.

Ebből az elgondolásból kiindulva arra a következtetésre jutottunk, hogy célszerű lenne, ha az epicentrumok ábrázolása helyett az ábrázolt terület egy kis elemére eső rengések számát határozhatnánk meg. Ebben az esetben nem tudnánk külön jelölni az egyes földrengések méretét, de lehetőség lenne egy az általunk kiválasztott magnitúdóértékbe eső rengések számát szemléltetni. Erre példa az 5. ábra. A térképet a következő módon szerkesztettük. Felosztottuk az ábrázolandó területet  $0,1^\circ \times 0,1^\circ$  méretű rácsokra, és leválogattuk a katalógusból az adott négyzetrácsba eső földrengések számát. Az ábrán bemutatott esetben 538 db  $0,1^\circ \times 0,1^\circ$  rácselem tartalmazott legalább 1 földrengést ( $456-2006$ ,  $M \geq 2,0$ ). A legtöbb esemény, amely egy ekkora elemre esett, 525 volt. E módszer segítségével áttekinthetőbb a térkép, valamint nagyobb hangsúlyt kapott Dunaharaszti és Kecskemét, továbbá a Móri-árok környéke, ahol jelentős számú magyarországi rengés volt. A földrengések ilyen ábrázolása újszerű – mondhatnánk, idegen –, és nagyon eltér a megszokottól. Azonban az egységnyi rácselemre eső eset-számok nagy eltérése miatt (525 és 1) ezek egyszerre történő ábrázolása továbbra sem szemléletes, hiszen továbbra is



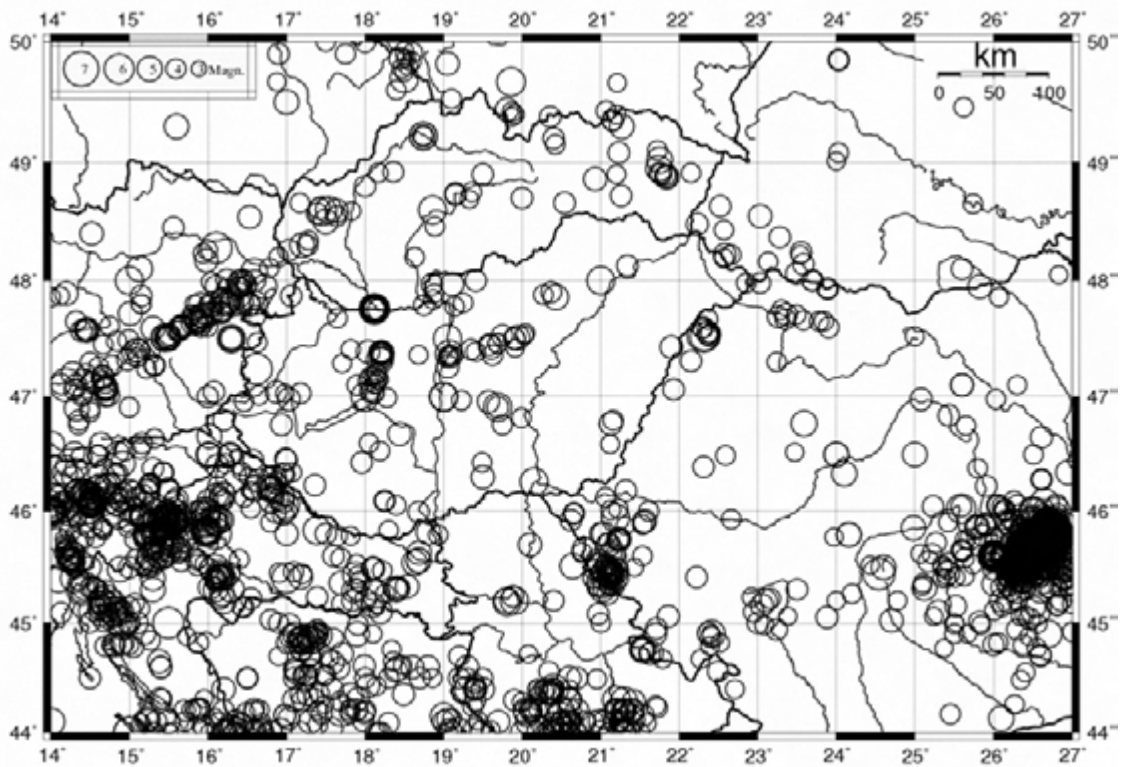
2. ábra. A földrengések epicentrumainak eloszlása a Kárpát-medencében és környékén 456 és 2004 között. A körök átmérője a magnitúdóval arányos. Szerkesztette Tóth L. és Mónus P. GGKI Földrengésjelző Observatóriuma

Fig. 2. Distribution of earthquake epicenters in the Carpathian Basin between the years 456 and 2004. Diameters of the circles are proportional to the earthquakes' magnitude. Compiled by L. Tóth and P. Mónus



3. ábra. Az  $M \geq 3,2$  magnitúdójú földrengések epicentrumainak eloszlása. Rengések száma: 4863

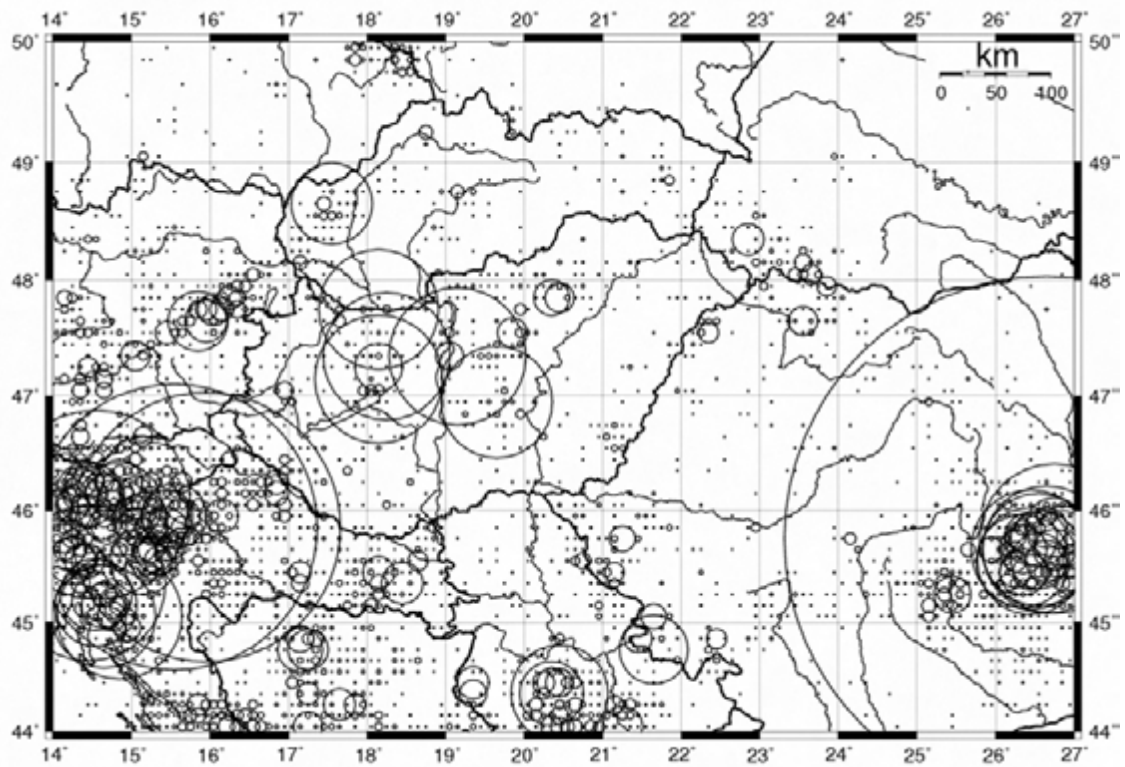
Fig. 3. Distribution of earthquakes of magnitude  $M \geq 3.2$ . Number of earthquakes: 4863



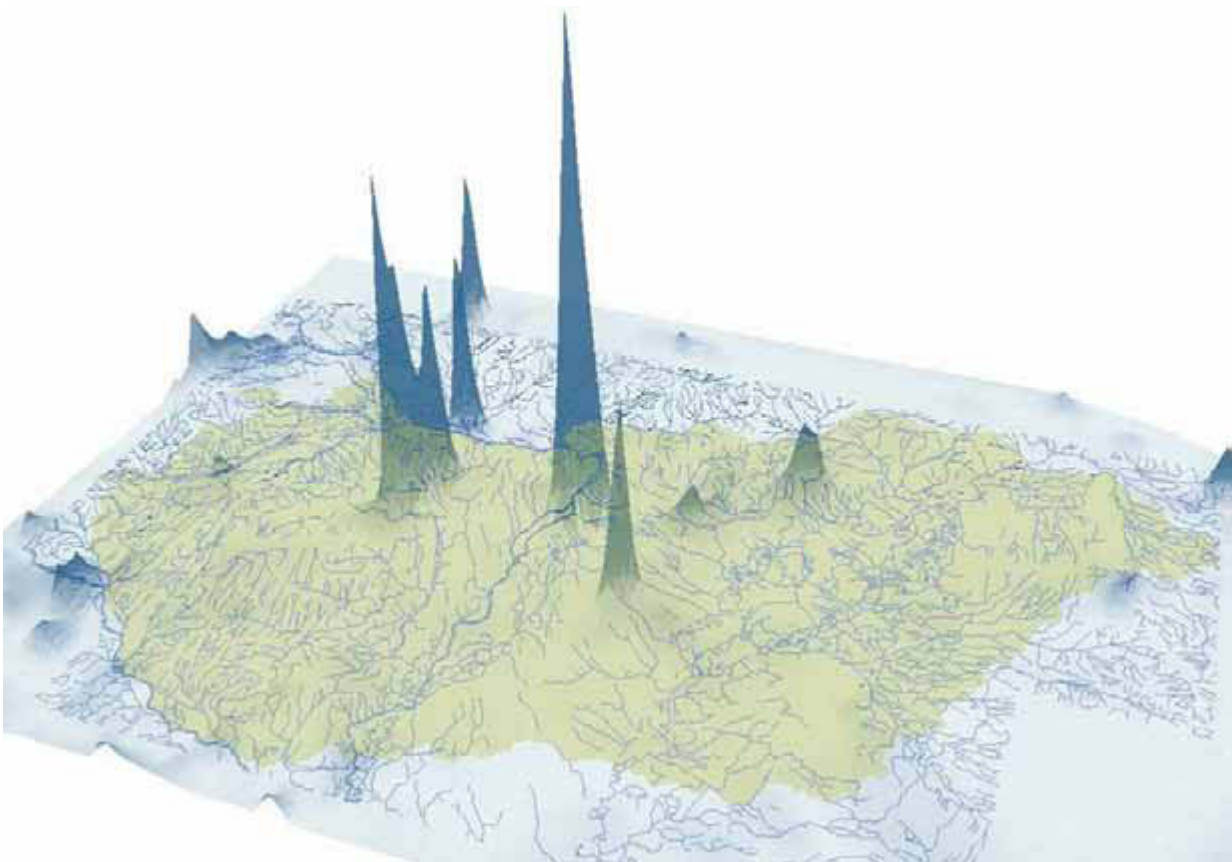
4. ábra. Az  $M \geq 3,6$  magnitúdójú földrengések epicentrumainak eloszlása. Rengések száma: 2510

Fig. 4. Distribution of earthquakes of magnitude  $M \geq 3.6$ . Number of earthquakes: 2510

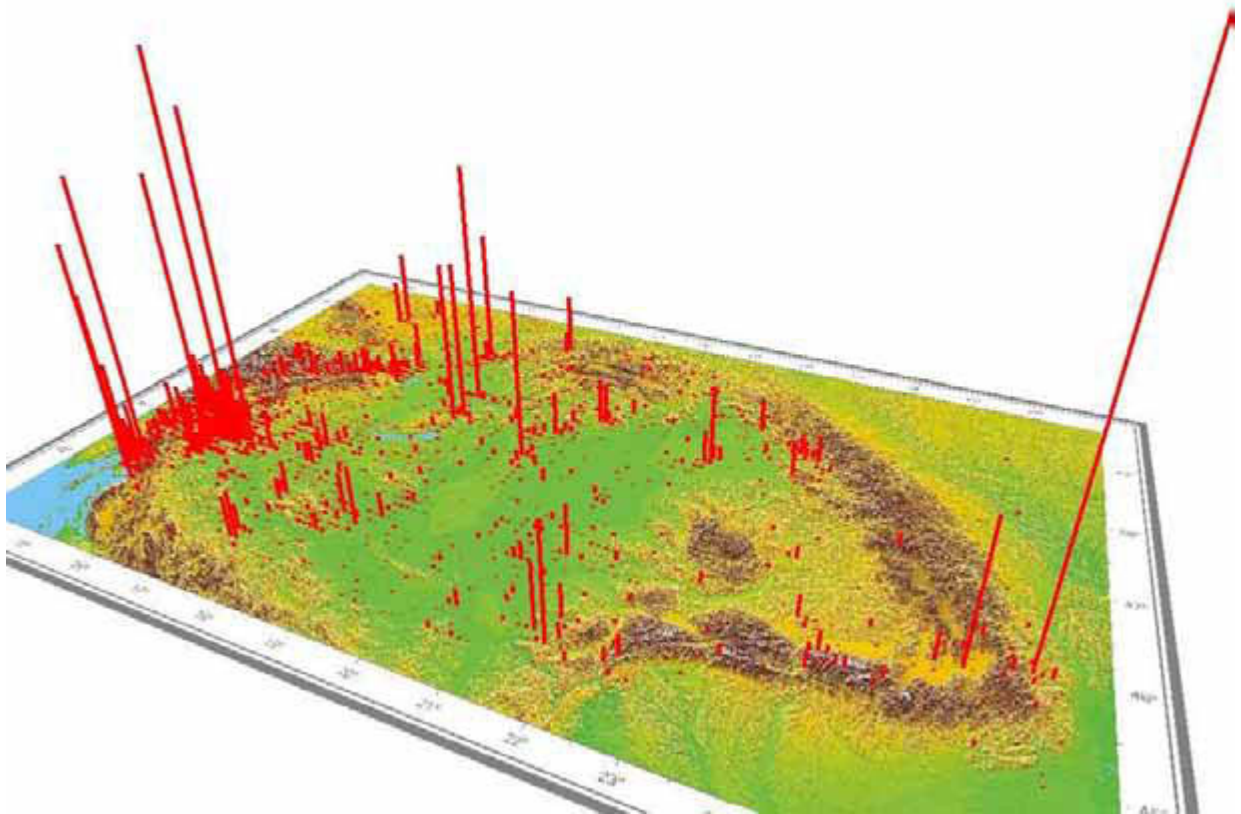




5. ábra. Az  $M \geq 3,6$  földrengések  $0,1^\circ \times 0,1^\circ$  méretű rácstra eső száma 1456 és 2006 között. Rengések száma: 2510  
 Fig. 5. The number of  $M \geq 3,6$  earthquakes within an  $0,1^\circ \times 0,1^\circ$  element of the grid between the years 1456 and 2006. Number of earthquakes: 2510

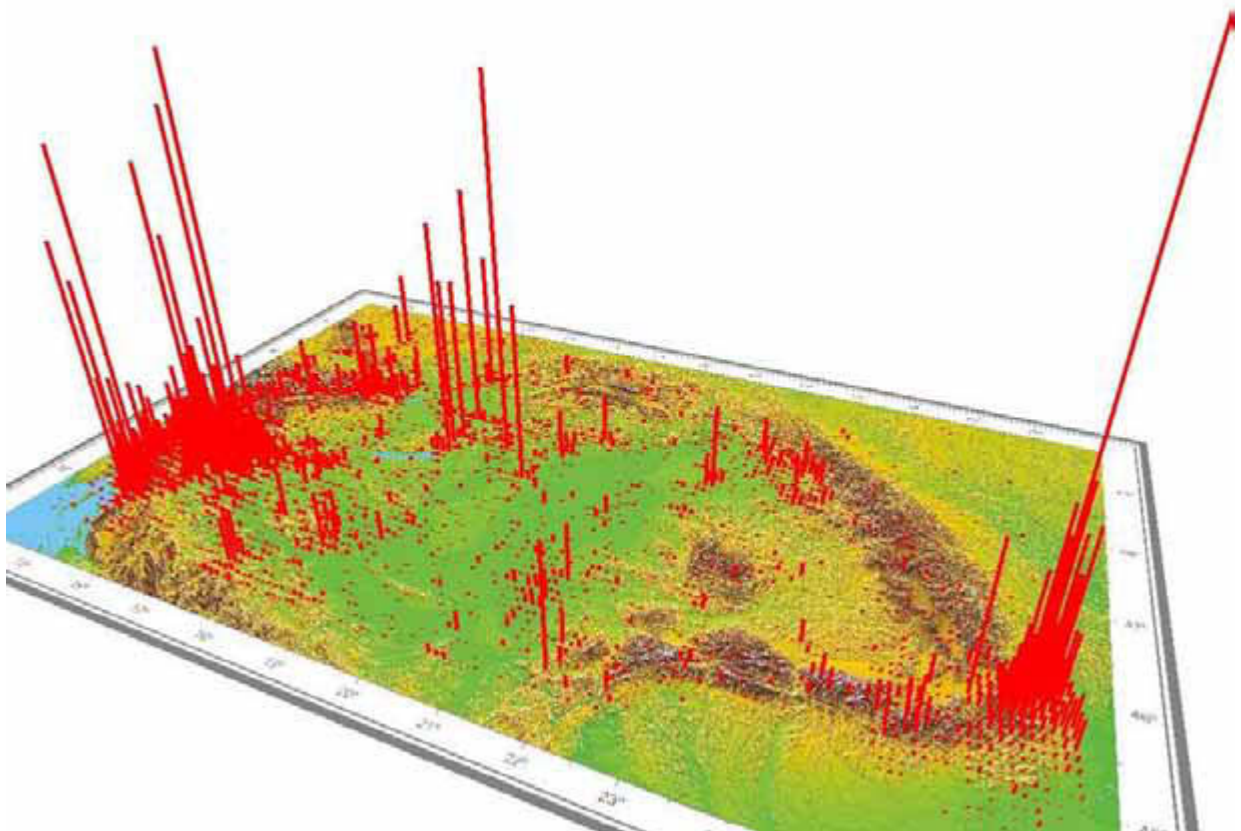


6. ábra. Az egy négyzetrácsra eső földrengések számát felületként ábrázoltuk  
 Fig. 6. The number of earthquakes within one element of the grid is represented as a surface



7. ábra. 456 és 1945 közötti rengések egy-egy rácselemre eső száma

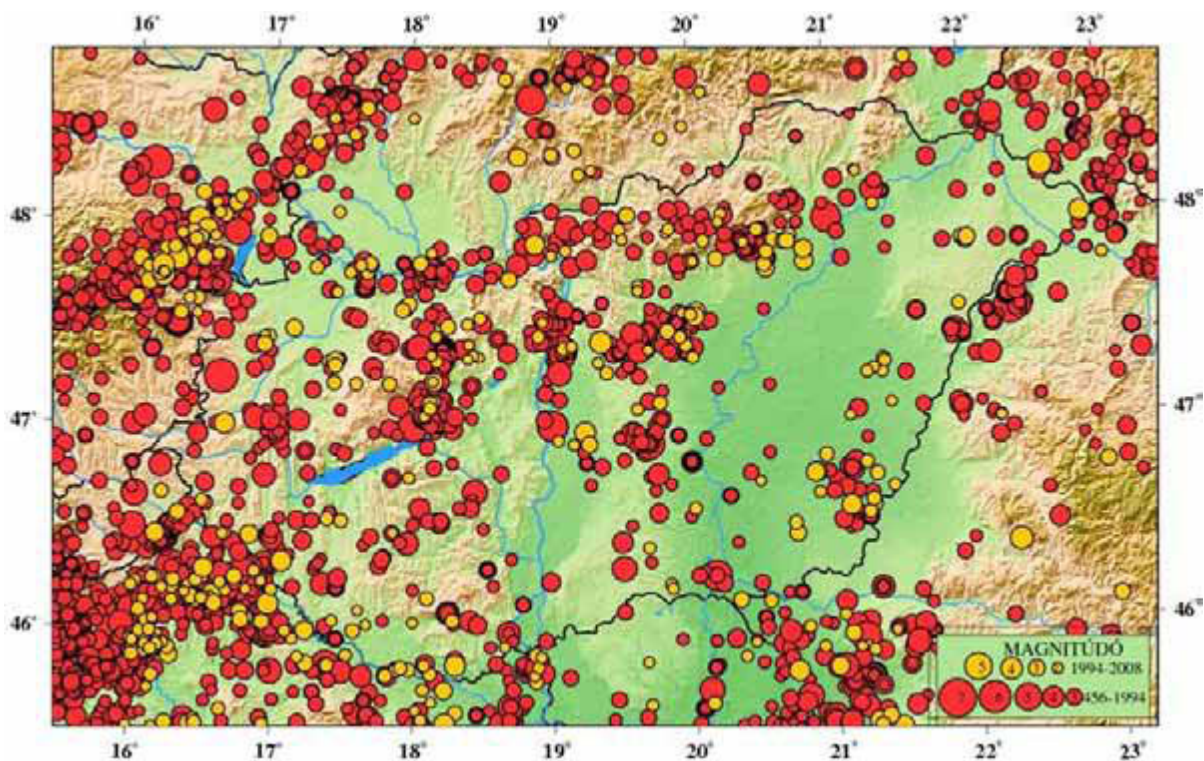
Fig. 7. The number of earthquakes within one element of the grid between the years 456 and 1945



8. ábra. 456 és 2003 közötti rengések egy-egy rácselemre eső száma

Fig. 8. The number of earthquakes within one element of the grid between the years 456 and 2003





9. ábra. A földrengések epicentrumainak eloszlása a Kárpát-medencében és környékén 456 és 2009 között. A körök átmérője a magnitúdóval arányos

Fig. 9. Distribution of earthquake epicenters in the Carpathian Basin between the years 456 and 2009. The diameter of circles is proportional to the magnitude of the earthquakes

vannak területek, ahol a jelek zavaróan egymásra íródnak, illetve a nagyobb körök esetén már nem kötődik a jel az epicentrumhoz, vagyis a rácselemhez.

Az eredmény javítása érdekében kisebb területre (45,5°–49° É, 16°–23° K) korlátoztuk a földrengések területi eloszlásának a bemutatását. A rácselemek száma ebben az esetben 2556, és a maximális eseményszám 260. Ezt a megoldást alkalmazva a földrengések összes száma megfelelhet egy képzetes, háromdimenziós felület térbeli z komponensének. Ezt felületnek tekintettük, és 1000-szeres torzítással ábrázoltuk a 6. ábrán. Szépen láthatók az aktív területek (Dunaharaszti, Kecskemét, Móri-árok, Eger, Jászság). Az ábrán azokat a földrengéseket ábrázoltuk, melyeknél  $M \geq 1$  volt. Ez több mint 5000 eseményt jelentett. Egy saját fejlesztésű program segítségével a teljes adatbázisból le lehet válogatni az adatokat úgy, hogy be tudjuk állítani a rácselemre való felbontás egységét, a terület nagyságát és az évek hosszát, amelyre a rengések számának összegzését kívánjuk megadni. Így egy olyan adatsort kaptunk, mely megadja egy adott felületelemre eső, meghatározott időintervallumban detektált földrengések számát.

A különböző hosszúságú időintervallumokra történt eseményszámok összegzése lehetővé teszi a földrengések időbeli eloszlásának ábrázolását.

### Időpont

Ez a legproblematisabb része az ábrázolásnak. Az ábrázolás céljától függően két megoldandó kérdés jelentkezik. Ha azt szeretnénk bemutatni, hogyan változik az időben a

földrengések magnitúdója és elhelyezkedése, akkor a legcélszerűbb megoldás bizonyos időintervallumok statikus térképének elkészítése (a fent leírt módszert alkalmazva) és ezek egymásra vetítése, vagy például egy csúszka mozgatásával a térkép olvasója be tudja állítani az idő múlását, és ezzel párhuzamosan változik a térkép [IMHOF 1972; ZENTAI 1997]. Az előbb felsorolt okok alátámasztják, hogy valamilyen 3 dimenziós ábrázolási mód választása a legcélravezetőbb, továbbá olyan szoftver alkalmazása, mely képes „kvázi” mozgókép létrehozására. Ezek a kívánalmak egyszerű grafikus szoftverrel nem megoldhatóak [KRAAK, ORMELING 2003]. A 7.–8. ábra az ArcGIS (lásd, Hivatkozások) térinformatikai programcsomag segítségével készültek. Ez a program már nem ingyenes, és használata is kisebb-nagyobb tanulást igényel, de számos új lehetőséget nyújt számunkra.

A 7.–8. ábra már szemléletesen mutatja, hogy milyen sok földrengés jut egy-egy rengéses terület rácselemre. Az ArcGIS programcsomag lehetővé teszi a térkép forgatását, billentését, sőt mozgóképet is kaphatunk egymás utáni időszakok adatait folyamatosan vetítve. Viszont az alaptérképhez tartozó elemek, pl. koordinátaértékek, esetleg egyéb térképfeliratok rajzi minősége ebben az esetben csökken.

### Kategória: szín

Amint az előzőekben felsoroltuk, számos leíró adat kapcsolható a földrengésekhez, melyek segítségével számos fontos információ nyerhető ki a földrengésekre vonatkozóan. Ezeket a tematikus kartográfia jól bevált ábrázolási módszereivel mutathatjuk be térképeinken [KLINGHAMMER,

PAPP-VÁRY 1985]. Ilyen leíró adat például a fészekmechanizmus. Az ide vonatkozó leíró adatok rendezése kategorizálással, megjelenítése színek segítségével megoldható. Fontos bemutatni a detektáló állomások térbeli elhelyezkedését is egyezményes jel és szám segítségével.

A *méret* (magnitúdó vagy intenzitás) megjelenítésénél az előzőekhez hasonlóan felmerülhet egy térbeli diagram alkalmazásának a lehetősége, de pozitív irányban.

A 9. ábra a jelek színe és mérete szerint kombinált térkép. Itt eltérő színnel ábrázoltuk az 1995–2009 között kipattant földrengéseket, méretüket a jel nagysága tükrözi.

## Összefoglalás

A Kárpát-medence és környezetében kipattant földrengések epicentrumainak ábrázolásával bemutattuk, milyen kartográfiai lehetőségek állnak rendelkezésre nagy adatrendszer ábrázolása számára. Érdeemes kipróbálni új, számítógépes grafikus programokat, ugyanakkor ismernünk kell a választott ábrázolási mód határait. Sokszor szeretnénk egy adott térképpel egyszerre minél több információt közölni, de az adatok mennyiségének növekedésével egyre nehezebb feladatra vállalkozunk. Nagy adatrendszer esetén újszerű megoldásokkal is próbálkozhatunk, amely eltérhet az eddig megszokottól. Ha lehetőségünk van színes ábra szerkesztésére, még több információt adhatunk közre.

Vizsgálataink egyértelműen azt mutatták, hogy az adatok elemi cellákra történő konvertálásával, leválogatásával, valamint egy képzetes felület és a 3D-s ábrázolás alkalmazásával hatékonyan ki lehet fejezni a földrengéses területek elhelyezkedését a Kárpát-medencében.

## Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk köszönetünket kifejezni Tóth László és Mónus Péter kollégáinknak hasznos szakmai tanácsaikért, akik rendelkezésünkre bocsátották térképeiket, valamint az

ESRI Magyarország Kft.-nek, hogy lehetővé tették az általuk forgalmazott szoftver használatát, melyekkel az ábrák többsége készült.

## HIVATKOZÁSOK

- ARNBERGER E. 1966: Handbuch der thematischen Kartographie. Wien, Franz Deuticke
- ANSON R.W. (szerk.) 1988: Basic Cartography. London – New York, Elsevier Applied Science Publishers, Ltd.
- IMHOF E. 1972: Thematische Kartographie. New York – Berlin, Walter de Gruyter
- KITABEL P., TOMTSÁNYI Á. 1814 (1960, faksimile): Dissertatio de terrae motu in genere ac in specie Mórensi anno 1810. – Buda
- KLINGHAMMER I., PAPP-VÁRY Á. 1985: Tematikus kartográfia. Budapest, Tankönyvkiadó
- KRAAK M.J., ORMELING F.J. 2003: Cartography: Visualization of Geospatial Data. Pearson Education, Ltd. ISBN-13: 978-0-13-088890-7
- MOLNÁR G., TIMÁR G. 2002: Az EOVS-koordináták nagy pontosságú közelítése Hotine-féle ferde tengelyű Mercator-vetülettel. *Geodézia és Kartográfia* **54**, 3, 18–22
- STEGENA L. 1985: Térképtörténet. Budapest, Tankönyvkiadó
- TÓTH L., MÓNUS P., ZSÍROS T.: Hungarian Earthquake Bulletin 1995–1999. Georisk, Budapest
- TÓTH L., MÓNUS P., ZSÍROS T., KISZELY M.: Hungarian Earthquake Bulletin 2000–2005. GeoRisk – MTA GGKI, Budapest
- TÓTH L., MÓNUS P., ZSÍROS T., BUS Z., KISZELY M.: Hungarian Earthquake Bulletin 2006–2008. GeoRisk – MTA GGKI, Budapest
- WITT, W. 1971: Thematische Kartographie. Hannover, Gebrüder-Janecke Verlag
- ZENTAI L. 1997: Számítógépes térképészet (kézirat) – Source material ITC, NL; modules jointly developed by ITC/CSLM and partially funded by PHARE HU 94.05. Székesfehérvár, 212. o.
- ZSÍROS T. 2000: A Kárpát-medence szeizmicitása és földrengésveszélyessége: Magyar földrengés katalógus (456–1995). ISBN 963 8381 15 9

### Internetes források:

GMT – GENERIC MAPPING TOOLS:

<http://gmt.soest.hawaii.edu> (Letöltés: 2009. december 02.)

ArcGIS Desktop Software: <http://www.esri.com/products/>