

## **A Kárpát-medence jelenkori és paleorengéseinek komplex vizsgálata c. OTKA pályázat (T 038099) zárójelentése**

Nevezett OTKA pályázat „Részletes kutatási tervé”-ben három feladatot jelöltünk meg, amelyeket a 4 éves kutatás folyamán meg kívánunk oldani:

1. Kárpát-medencében és a hozzá hasonló földtani felépítésű térségekben keletkezett földrengések lehetséges okainak tisztázása.
2. Történelmi és paleorengésekre kutatása.
3. A földrengésekre vonatkozó ismeretanyag rendszerezése és számítógépes adatbázisának elkészítése.

Ezen kutatási témacsoportok eredményeinek részletes kifejtése következik. (Az alcímek után zárójelben hivatkozunk ezen felsorolás elemeire.)

### **Kárpát-medencében és a hozzá hasonló földtani felépítésű térségekben keletkezett földrengések lehetséges okainak tisztázása (1)**

A földrengések keletkezésének okait vizsgálva, a gerjesztés módja szerint megkülönböztetünk:

- a. tektonikus földrengéseket;
- b. nem tektonikus rengéseket ( vulkáni tevékenység, barlang beomlás, bányáomlás, felszínalatti olaj, gáz és víz bányászat, valamint robbantások);
- c. süllyedő medencék feltöltésével kapcsolatos földrengéseket.

A Magyarországon keletkezett földrengések tér és időbeli eloszlásának néhány sajátosságát egy előző munkánkban már összefoglaltuk [Szeidovitz & Varga 1997]. Megállapítottuk, – Jámbor & Szeidovitz 1995 kutatásaira hivatkozva – hogy a földrengés-aktív területek kijelölése földtani, geomorfológiai és geofizikai ismérvek alapján nem volt sikeres. A kudarc okának a földrengés epicentrumok helyének pontatlansága és a földtani adatok bizonytalansága mellett az elemzés szubjektív módszerét tartottuk. Célszerűnek látszott térinformatikai eszközökkel, számítógépes támogatással a vizsgálatokat megismételni. A földrengés katalógusokban lévő nem rengésektől származó adatokat (robbantások, kőolaj és földgáz kitermelés, valamint bánya és barlang beomlások) igyekeztünk kiszűrni [Kiszely 2001, Szeidovitz, Bus & Gribovszki 2004].

A pontosított földrengések epicentrumokat, valamint a földrengések kipattanásában esetlegesen szerepet játszó földtani, geofizikai és geomorfológiai adatokat Gribovszki [2005] térinformatikai rendszerbe gyűjtötte össze, majd térinformatikai módszerekkel elemezte. A főbb eredményeket a következőkben foglalhatjuk össze:

— Összegyűjtöttük és térinformatikai rendszerbe integráltuk a földrengésekkel kapcsolatba hozható, rendelkezésre álló geológiai és geofizikai térképi adatokat [Gribovszki & Szeidovitz 2000, 2004, 2005, 2005a]. Az analóg formában elérhető térképeket digitalizáltuk és tájékoztuk. A digitális formátumban rendelkezésre álló térképek tájékoztató paramétereit pontosítottuk. 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.

— Elvégeztük a *Kinematikai és földrengés-epicentrumok térkép* [Jámbor et al. 1999] pontosítását és kiegészítését, és a Magyarországi Földrengések Évkönyvében (MFÉ) található

hipocentrumok szűrését, hogy előállítsuk 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, földrengés kérdőíveket, makro- és mikroszeizmikus katalógusok adatait tanulmányozva meghatároztuk az epicentrum valószínű helyét. A MFÉ-ekben található hipocentrumok felszíni vetületét a térinformatikai rendszerbe integráltuk, és a helymeghatározási hibaértékek alapján szűrtük.

— Elvégeztük 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 mikro-szeizmikus 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.

A térinformatikai rendszer rétegei és az epicentrumok között a következő kapcsolatokat állapítottuk meg:

— A *Pleisztocénben aktív törésvonalak és süllyedékterületek 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.

— Megállapítottuk, 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. Ezek a területeken azonban törésvonalak is áthaladnak, ezért nem jelenthető ki egyértelműen, hogy a rengések oka minden esetben az üledék medencealjzaton történő megcsúszása.

— Kiválasztottuk a lejtőkategória térképből az ország azon területeit, ahol a harmadidőszaki medencealjzat lejtése 5°-os vagy annál nagyobb. Ábrázoltuk azokat a fúráshelyeket, amelyekben történt pórusnyomás-mérés, és megkülönböztettük egymástól a túlnyomásos és a nem túlnyomásos fúráshelyeket. Majd kiválogattuk a térképről azokat a makroszeizmikus epicentrumokat, amelyek Zsíros [2000] katalógusában található helymeghatározási pontosságának megfelelő bufferzónájában egyszerre található 5°-os vagy annál nagyobb lejtésű medencealjzat és túlnyomással rendelkező fúrás is. Az ország területén ezeknek a feltételeknek legalább 40 db makroszeizmikus epicentrum tett eleget. Csak azokon a területeken lehetséges megállapítani az epicentrumok, a túlnyomásos területek és a harmadidőszaki medencealjzat meredeklejtésű részeinek egymáshoz képesti elhelyezkedését, ahol a fúrásokban történtek pórusnyomás-mérések. Ezen vizsgálat eredményeképpen feltételezhető, hogy a kiválogatott rengések esetében a kipattanás oka akár az üledékréteg medencealjzaton történő megcsúszása is lehetett.

— Jelenkori mozgásokra utaló nyomokat találtunk *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 szegedi, a jászberényi, a békési aktív terület stb..

## **Történelmi és paleorengések kutatása (2)**

456-tól napjainkig vannak a Kárpát-medencében keletkezett földrengésekről feljegyzéseink, de megbízhatóbb adataink csak az elmúlt 300 évről állnak rendelkezésre. Ha figyelembe vesszük, hogy a lemezeken belüli területeken a nagyobb rengések gyakorisága 10 000 év körül van, nem szükséges további indoklása a paleorengések kutatásának.

Sajnos hazánkban csak az elmúlt néhány évben kezdődtek intenzívebb neotektonikai kutatások a paleorengések kiderítésére [Marosi & Meskó 1997]. A kutatás kiterjedhet minden földrengések által okozott maradandó nyomra (elvetődések a rétegekben, homokgejzirek, cseppkövek törése, elhajlása stb.) [Kázmér et al 2000, Magyarai 2002, Magyarai et al. 2002, Magyarai et al. 2004].

A paleorengés-kutatások legújabb eredményeit az elmúlt évben megjelent munkánkban már összefoglaltuk [Szeidovitz et al. 2004, Szeidovitz et al. 2005]. A Hajnóczy barlangban végrehajtott mérések során megállapítottuk, hogy környezetében (beleértve az Eger-Ostoros fészket is) nem keletkezett katasztrofális földrengés az elmúlt néhány ezer évben. E megállapításunkkal ellentétes következtetésre jutott Majoros & Szenthe [2003] a Lilla-barlangban talált törött cseppkövek tanulmányozása alapján. Dolgozatukban a következőket írják:

*„Erőteljes kataklizma, földrengés lehetett, amely ilyen jelentős mértékű rombolást okozott a barlangban. A kataklizma nagyságára jellemző az, hogy számos, a teremben keletkezett álló cseppkő gyertya (sztalagmit) képződmény, a legnagyobb ezek közül kb. 1,8 m magas és 1,2 m*

*átmérőjű, derékban kettétört, és a letört darabok most a tövük mellett pihennek, némelyik kisé elgurulva és elfordulva.”*

Biztosan állíthatjuk, hogy a fenti idézetben szereplő sztalagmitot nem földrengés törte ketté. Az ilyen méretű cseppkövek töréséhez olyan nagy horizontális gyorsulásokra van szükség, amit földrengések által gerjesztett rugalmas hullámok amplitúdója nem ér el. Elképzelhető azonban, hogy egy földrengés hatására a barlang magasabban fekvő részeiről labilis kőzet tömegek leváltak és ezek okozhatták a cseppkövek pusztulását.

A cseppkövek törésének több oka lehet, ezért figyelmünket nem a törött, hanem a szálban álló karcsú (magasság/átmérő  $\geq 20$ ) sztalagmitokra koncentráltuk.

Annak érdekében, hogy az összes hazai perspektivikus barlangokat megismerjük – ezek bejárása meghaladta volna OTKA-nk által nyújtott lehetőségeket – ezért felhasználtuk kollégáink [Leél-Össy & Czifra 2004] más forrásból finanszírozott kutatásait. Ennek köszönhetően került sor az Abaligeti, a Mészégető, a Vízfő, a Trió és a Szuadó barlangok valamint a Mánfai Kölyuk vizsgálatára. Sajnos ezekben a barlangokban nem találtak a hivatkozott tanulmányunkban [Szeidovitz et al. 2005] lévő karcsú cseppkövekhez hasonlóakat. A legkedvezőbb esetekben is 40 Hz felett volt a sztalaktitok domináns frekvenciája.

Az előzetes tájékozódás során a következő barlangokat jártuk be vizsgálataink céljára alkalmas cseppkövek felkutatására:

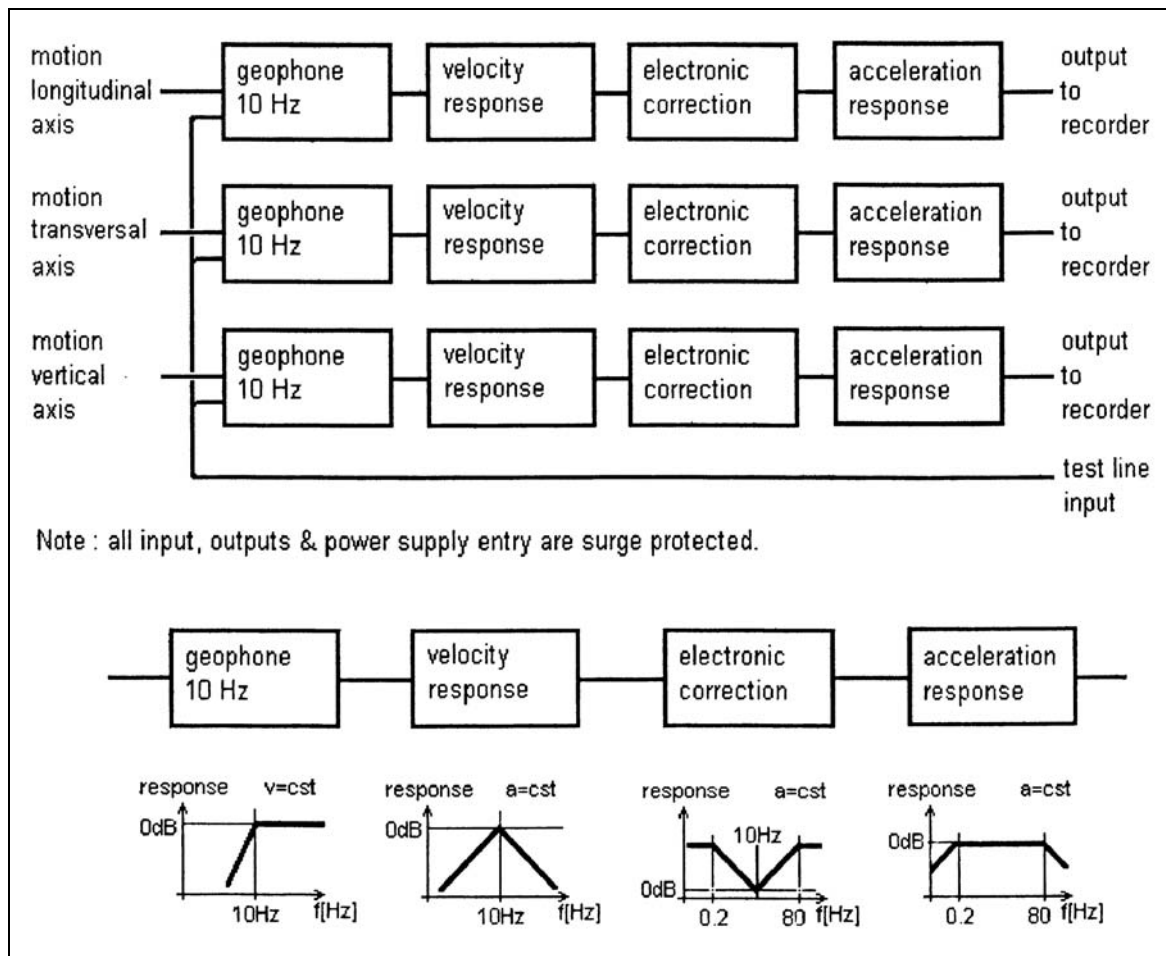
- Aggteleki karszt: Meteor, Béke, Baradla, Vass Imre, Kossuth barlangok;
- Bükk hegység: Hajnóczy és Szamentu barlangok;
- Budai-hegység: Harcsaszájú, Pálvölgyi és Józsefhegyi barlangok;
- Mecsek: Abaligeti-barlang;
- Villányi-hegység: Nagyharsányi-barlang.

A vizsgált hegységeket a 1. ábrán tüntettük fel. Az előzetes tájékozódás szerint a Balaton-felvidéken és a Bakonyban található barlangokban nincsenek vizsgálataink céljára alkalmas cseppkövek.

A vizsgálatok elvégzésére egy szeizmikus mérésekre kifejlesztett műszert alkalmaztunk. A mérőfejek néhány 100 grammosak, ezért a kisebb tömegű szalma cseppkövek mérésére nem voltak alkalmasak. Az első mérésnél a Hajnóczy-barlangban direkt regisztrálóval dolgoztunk. Szándékunk volt visszatérni a barlangba és meghatározni a vizsgált cseppkövek korát, de nem engedélyezték a mintavételezést. A műszerünk átvitelét az 2. ábrán szereplő blokkvázlaton mutatjuk be. Itt jegyzem meg, hogy már kaphatók néhány grammos mérőfejek (Brüel & Kjaer PULSE rendszer érzékelő feje 1.6 gramm). Az egész berendezés csupán néhány kg.

***Nevezett ábra a méretkorlátozás miatt nem fért bele a zárójelentésbe***

1. ábra A paleorengések detektálásra alkalmas cseppkövek felkutatása céljából bejárt barlangok  
1. Aggteleki karszt, 2. Bükk, 3. Budai-hegység, 4. Mecsek, 5. Villányi-hegység



2. ábra

Strong motion digital recorder SM-2 SMACH (A cseppkövek rezonancia mérésének műszere)

## **A talajgyorsulások változása a mélység függvényében (2)**

Tapasztalatok szerint a felszín alatt, például barlangokban, bányákban a földrengések intenzitása (ezzel együtt a gyorsulások nagysága) kisebb, mint a felszínen. A jelenségről a szakirodalomban számos beszámoló olvasható.

1991-től 1994-ig a japán PNC (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation) a Kamaishi bányában vizsgálta a földrengések által okozott gyorsulások csökkenését a mélység függvényében (Shimizu et al. 1996). A kutatás célja a nagyaktivitású radioaktív hulladékok biztonságos elhelyezhetőségének vizsgálata volt. Összesen 7 szeizmográfot helyeztek el a bányában. Ezekből 4-et a felszín és 650 m között, egy vertikális vonal mentén, különböző mélységekben raktak le. A beágyazó kőzet paleozoós és mezozoós üledékes, valamint alsó kréta gránitos kőzetekből állt. A vizsgálat 4 éve alatt összesen 211 eseményt regisztráltak. Méréseik szerint 150 m-nél nagyobb mélységekben a rengések által okozott gyorsulások maximumai a felszínen mért értéknek átlagosan a felére–negyedére csökkentek le.

A fentiek alapján várható, hogy a nagyobb mélységben található barlangoknál is gyorsulás csökkenés figyelhető meg a felszínhez képest. A gyorsulás csökkenés mértékének vizsgálatára egyrészt méréseket, másrészt modellszámításokat végeztünk.

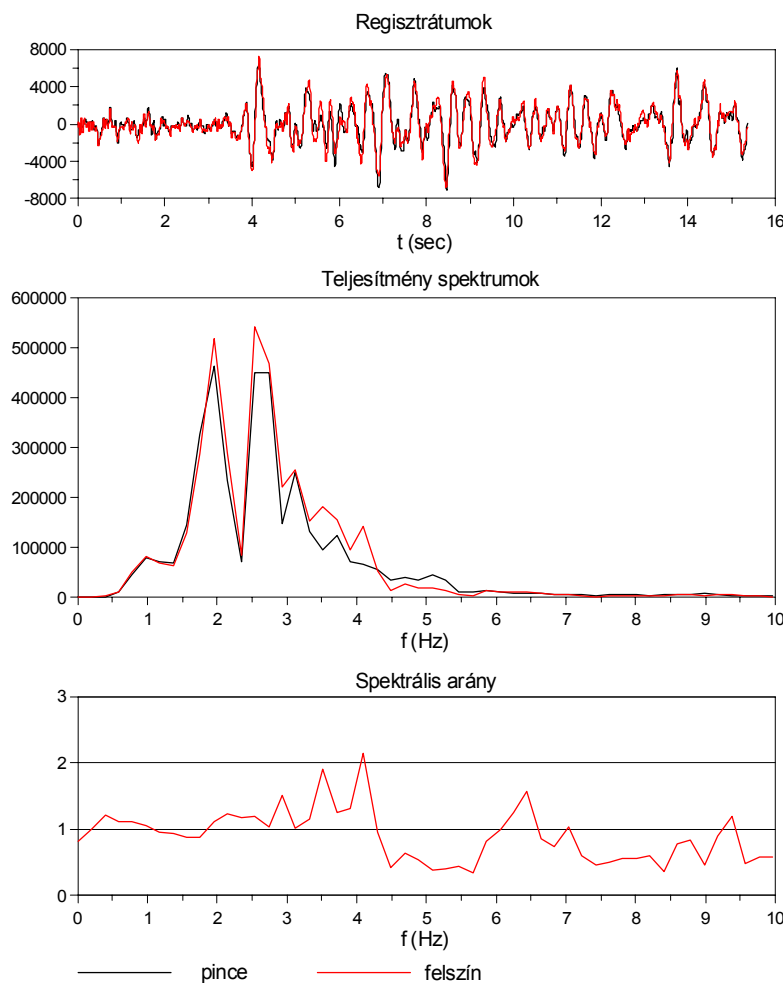
A méréseket a budapesti Sas-hegyen, a Szeizmológiai Obszervatórium területén végeztük. A Sashegy anyaga dolomit, amiben a szeizmikus hullámok terjedési sebessége hasonló, mint a mészkőben. A felszínen és az alatta húzódó pincében két, SS1 Kinematics típusú, ÉÉK-DDNy irányba tájolt, horizontális szeizmométert helyeztünk el. A pince a felszín alatt közeli-

tőleg 25 m mélységben húzódik. A két műszerrel egyidejűleg, 2004. nyaratól 2005. végéig végeztünk regisztrálást. Ez idő alatt egy távoli, és egy közeli rengést sikerült regisztrálnunk. A közeli 2004. október 14-én Mezőörsön kipattant, 2,8-as magnitúdójú rengés, a távoli egy Romániában 2004. október 27-én kipattant, 5.9-es magnitúdójú rengés volt.

Mindkét rengésnél a két regisztrátum gyakorlatilag azonos volt, felszínen a mozgásnak csak egy nagyon kis mértékű (a közeli rengésnél 1,5 %) növekedése volt megfigyelhető. A mezőörsi rengés regisztrátumai, teljesítményspektrumai és a két spektrum hányadosa a 3. ábrán látható. Az ábra egy sebességre érzékeny szeizmográf regisztrátumát mutatja. Ha a sebességet átszámítjuk gyorsulássá, a növekedés mértéke egy kissé megnő (4 %).

A vizsgált cseppkövek felszín alatti mélysége természetesen változó. Mivel a cseppkövek esetén megoldhatatlan a barlangban és a felszínen egyidejűleg, hosszabb ideig történő regisztrálás, ezért ott a gyorsulás-csökkenést csak modellszámítással tudjuk meghatározni.

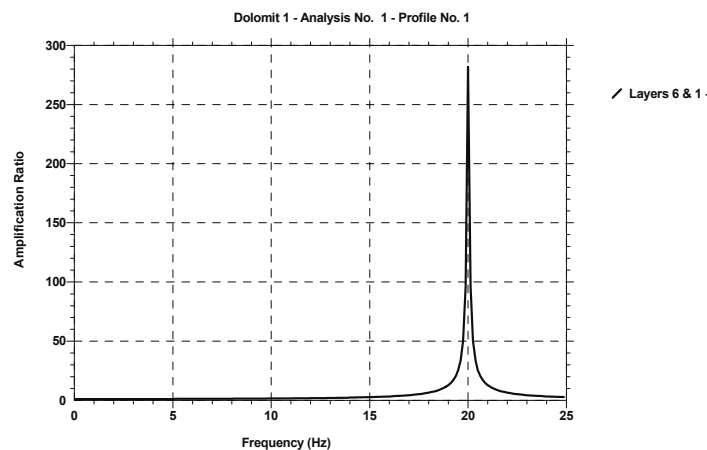
A gyorsulás mélységgel történő csökkenésének vizsgálatára számos modellszámítást végeztünk el. A számításokat a SHAKE2000, ekvivalens lineáris módszeren alapuló program segítségével végeztük. Megállapítottuk, hogy a csökkenés mértéke a közegben terjedő hullámok sebességétől, a mélységtől és a beérkező hullámok spektrális összetételétől egyaránt függ. Ezért adott helyszínen, de különböző földrengéseknek is eltérő lehet. Ha egy konkrét földrengésre végezzük el a számításokat, akkor igaz, hogy a gyorsulások annál hamarabb lecsökkennek a felszíni érték felére-negyedére, minél kisebb a vizsgált közegben a hullámok terjedési sebessége.



3. ábra.

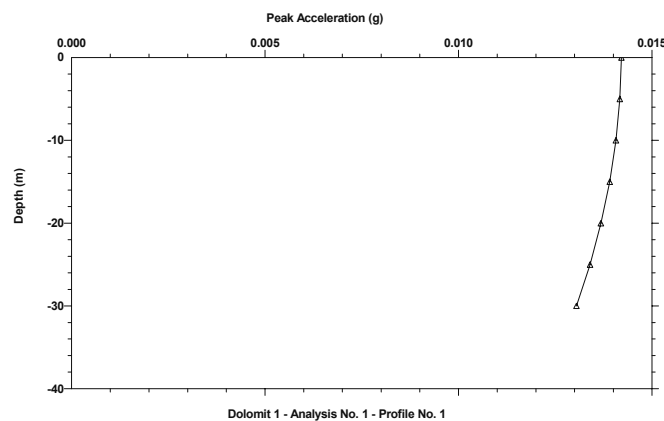
A Sas-hegyen, 2004. október 17-én regisztrált mezőörsi földrengés szeizmogramjai, spektrumai valamint a felszínre és a pincére meghatározott spektrumok hányadosa

A sas-hegyi helyszínre végzett számítások közül egyet a 4. és 5. ábra mutat be. Ekkor a mezőörsi földrengés pincebeli regisztrátumát használtuk bemenetként, és azt vizsgáltuk, hogyan változik a maximális gyorsulás a felszín felé haladva. A bemutatott számításnál a dolomitban az S hullámok terjedési sebességét 2000 m/s-nak, sűrűségét 2,2 g/cm<sup>3</sup>-nek választottuk. A 4. ábra a felszín és a pince közötti nagyítást mutatja a frekvencia függvényében. Az ábrán jól látszódik egy 20 Hz-nél megjelenő, éles rezonancia csúcs. Ennek helye homogén közegmodellnél az  $f=V_S/(4H)$  összefüggéssel is meghatározható, ahol  $V_S$  az S hullámok terjedési sebessége, és  $H$  a vizsgált mélység. Az 5. ábra a számított maximális gyorsulásokat mutatja a mélység függvényében. (A vízszintes tengelyen a gyorsulásértékek abszolút értékben nem helyesek.) A bemutatott modellszámítás szerint ebben az esetben a felszínen a maximális gyorsulás növekedése a pincéhez képest kb. 7%, ami jól egyezik a regisztrálás eredményeivel.



4. ábra

A felszín nagyító hatása a pincéhez képest, a frekvencia függvényében



5. ábra

A gyorsulás növekedése a felszín felé haladva

## **Külföldi barlangok (2)**

Meggondolásaink és számításaink alátámasztására a 2005-ös év során megvizsgáltunk néhány olyan külföldi barlangot, amelyek hazánknál aktívabb területen vannak. A vizsgált barlangok Spanyolországban és Bulgáriában találhatóak.

Spanyolország az Afrikai, Atlanti-óceáni és az Ibériai lemez egymásra hatása miatt aktívnak tekinthető jelenleg is [Cloetingh et al. 2002]. A Pliocene-Quaternary emelkedés elérheti az 1000 métert is (idézett cikk 2-es ábrája). A mozgásokat feszültség felhalmozódás kísérheti,



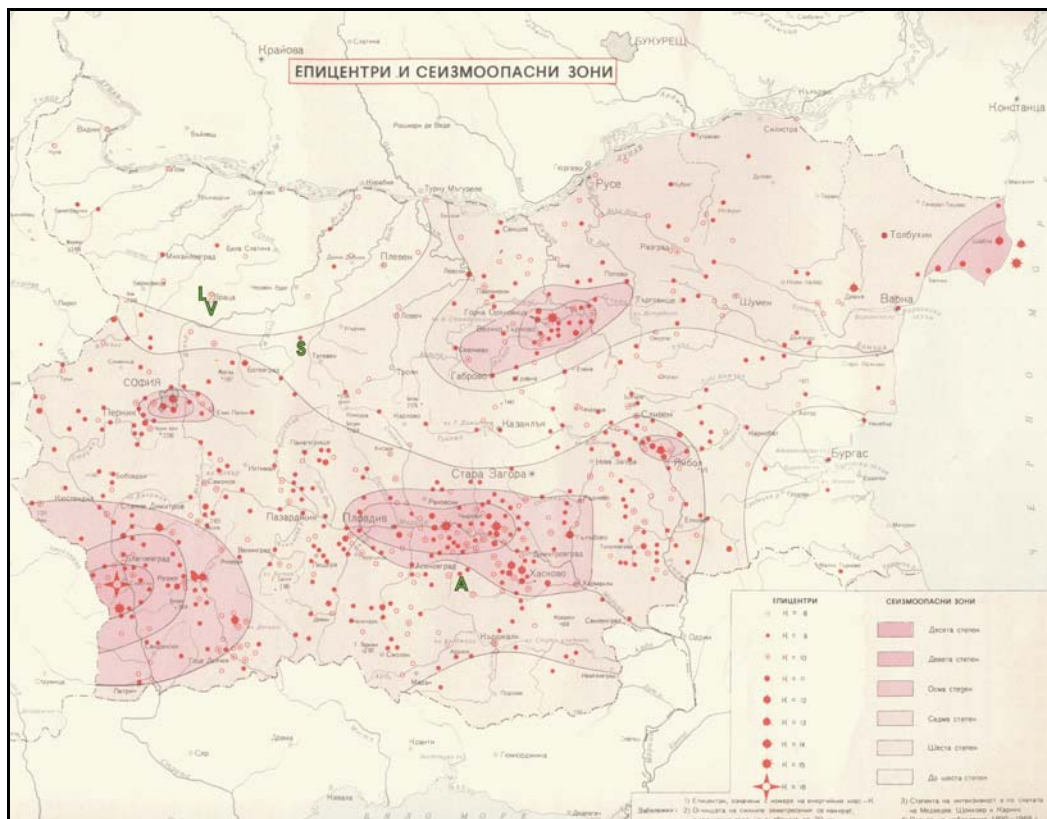
amelynek felszabadulása földrengéseket gerjeszthet. Ibéria szeizmicitását jól jellemezhetjük az 1980-1998 között megfigyelt földrengések területi eloszlásával (idézett cikk 4-es ábra).

Andalúziában lévő két barlang (Gibraltár és Nerja) cseppköveinek vizsgálata tehát megerősíti, vagy cáfolhatja eddigi eredményeinket. Abban az esetben, ha találunk olyan sztalagmitokat, amelyeknek – számításaink szerint – már viszonylag kis horizontális gyorsulásokra törniük kellett volna, az eredményeink megkérdőjelezhetők. Ilyen cseppköveket azonban nem találtam. Természetesen az indikátor cseppkövek hiányának több oka lehet. Annak ellenére, hogy a nerjai barlangot 1959-ben denevérre vadászó gyerekek találták meg és azonnal védelem alá helyezték, a cseppkövekben okozhattak az emberek károkat, hiszen Kr. e. 20 000-tól Kr. e. 1 800-ig az ősember többször is élt a barlangban.

Gibraltárban található a Szent Mihály-barlang. Nincsenek paleorengések indikálására alkalmas cseppkövek. A Neander-völgyi ősember koponyáját megtalálták ebben a barlangban, tehát már hosszú ideje lakott volt.

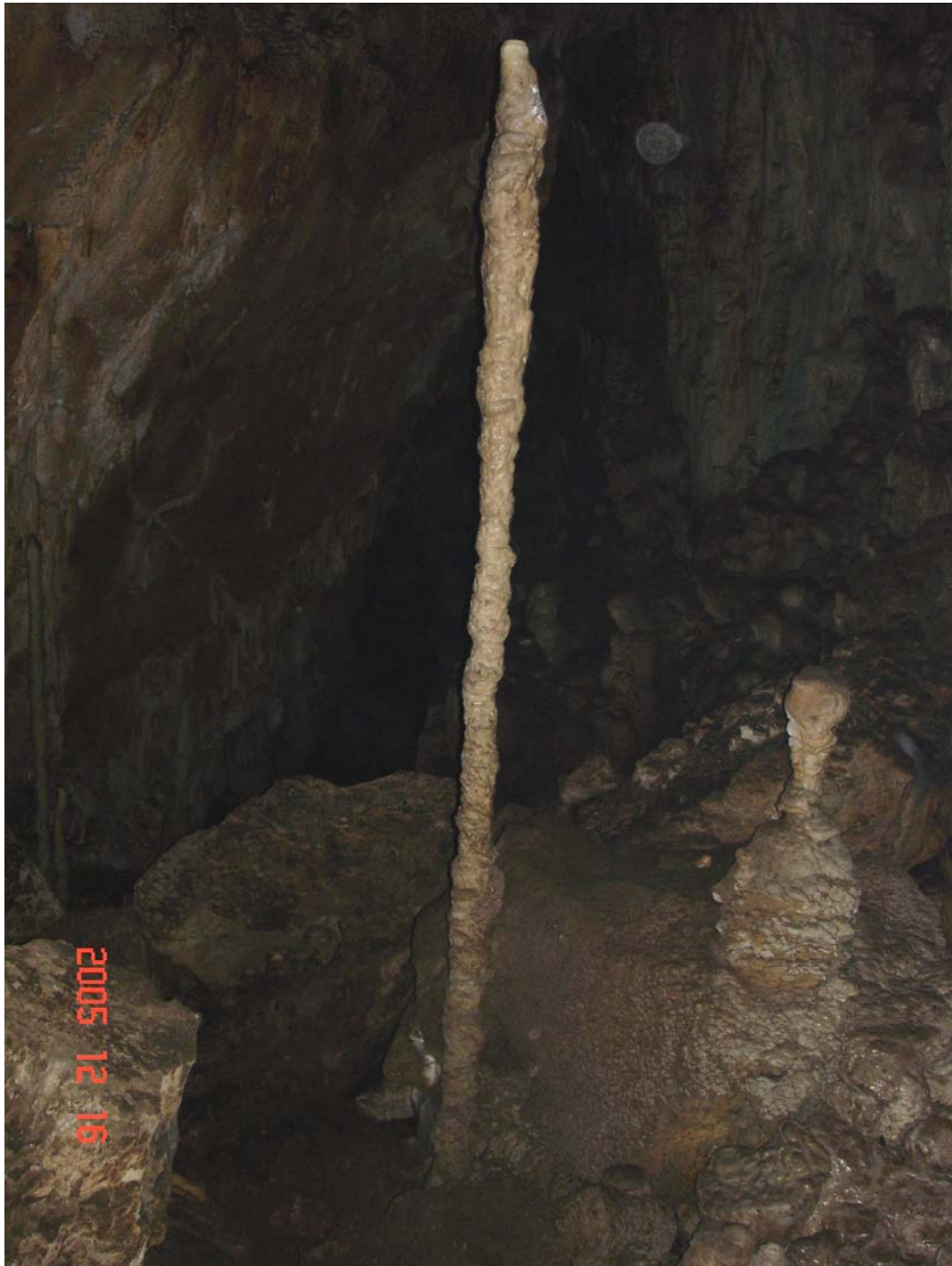
Bulgária földrengésekben aktívabb területein két barlangot (Ahmetyova Cave és Saeva Douпка) látogattunk meg, ahol méréseket is végrehajtottunk (Ahmetyova Cave). Egyik barlangban sem találtunk megfelelő, paleorengések indikálására alkalmas cseppköveket.

Célszerűnek látszott Bulgária kevésbé aktív területein lévő barlangokban található cseppkövek vizsgálata is. Az 6. ábrán, amely Bulgária földrengés-veszélyeztetettségét ábrázolja, zöld kezdőbetűkkel bejelöltük az általunk vizsgált barlangok helyét: Ahmetyova cave (A), Saeva Douпка (S), Ledenyika (L) és Varteskata (V). A térképen látható, hogy a rendelkezésre álló rövid megfigyelési idő alatt is már tapasztaltak néhány nagyobb földrengést Bulgáriában.



6. ábra

Bulgária földrengés-veszélyeztetettségi térképe az 1892-1968 között megfigyelt földrengések epicentrumaival.



7. ábra

Varteskata (B13) barlangban talált keskeny, 3.65 m magas cseppkő.

Az Ahmetyova barlang 30 km-re van egy 10 fokos intenzitású (MSK-64) epicentrális területtől. Nagyon meglepő lett volna tehát, ha ebben a barlangban olyan „karcsú”, ép sztalagmitokat találtunk volna, melyeknél  $K \geq 20$  ( $K = \text{magasság} / \text{átmérő arány}$ ). Hiszen ekkora intenzitásnál megfigyelt földrengések által gerjesztett horizontális gyorsulások hatására ezeknek a karcsú cseppköveknek már törni kellett volna. Ilyen cseppkövek nem voltak a barlangban.

Nem találtunk földrengés indikátorként szolgáló cseppköveket a Saeva Douпка (S), és Ledenyika (L) barlangokban sem, annak ellenére, hogy ezek a barlangok nem különösebben aktív területen találhatók. Mindkét barlang kiépített és a lakosság által is látogatható. A föld-

rengés indikátorként használható cseppkövek hiányának több oka lehet, ezzel a kérdéssel nem foglalkozunk.

A Ledenyika barlangtól nem nagy távolságra, Vraca város közelében található Varteskata B13 (latin betűvel V13) barlangban sikerült karcsú cseppkövekre bukkannunk. Ez a barlang nem kiépített, csak speciális felszereléssel lehet egy 10-15 méteres kürtön keresztül megközelíteni. A bolgár geológus kollégák segítségével sikerült lejutni a barlangba, ahol a paleorengések indikálására alkalmasnak látszó,  $K \geq 20$  sztalagmitokat találtunk (7. és 8. ábrák).



8. ábra

Varteskata (B13) barlangban talált keskeny, 1.4 m magas cseppkő.

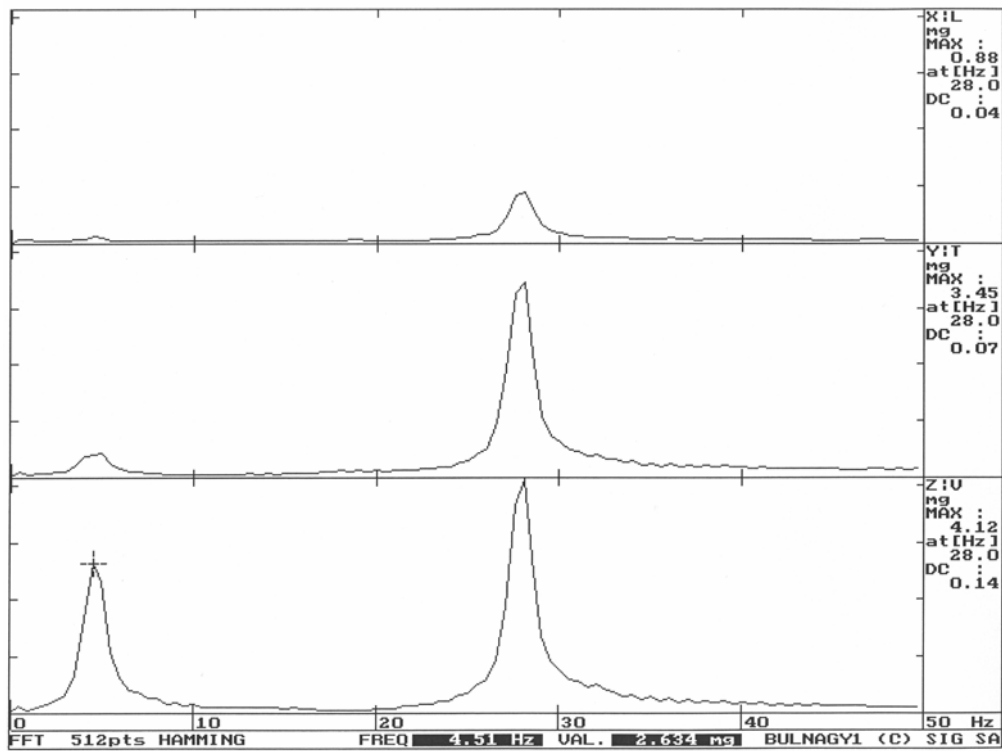
A cseppkövek gerjesztés hatására mutatott gyorsulásának időbeli változásait (akcelerogram) regisztráltuk SMACH gyorsulásmérő szenzorokkal a cseppköveken három különböző helyen a 9. ábrának megfelelő elrendezésben. A felvételeket SMACH SM2 típusú adatgyűjtővel rögzítettük. A mérésekből a cseppkövek rezonancia frekvenciáját meghatároztuk (10, 11., 12. és 13. ábrák). A vastagabb cseppkőből (3.65 m magas) két különböző helyen mintákat vettünk, hogy korát és növekedési sebességét meghatározhassuk. Az előzetes vizsgálatok szerint a 3.65 m magas cseppkő  $1.6 \text{ m/s}^2$  horizontális gyorsulásra már török, ami azt jelenti, hogy kör-



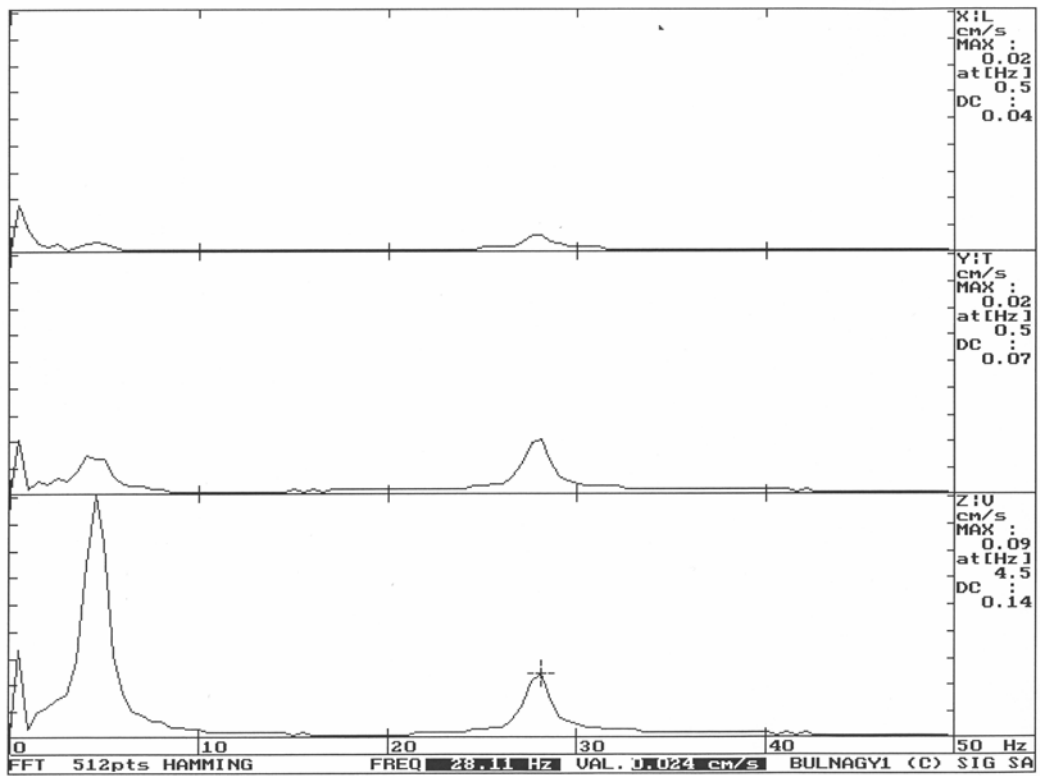
nyezetében az elmúlt néhány ezer évben nem keletkezett olyan rengés, amely ennél nagyobb horizontális gyorsulást gerjesztett volna.



9. ábra  
A mérési helyek a vizsgált cseppköveken

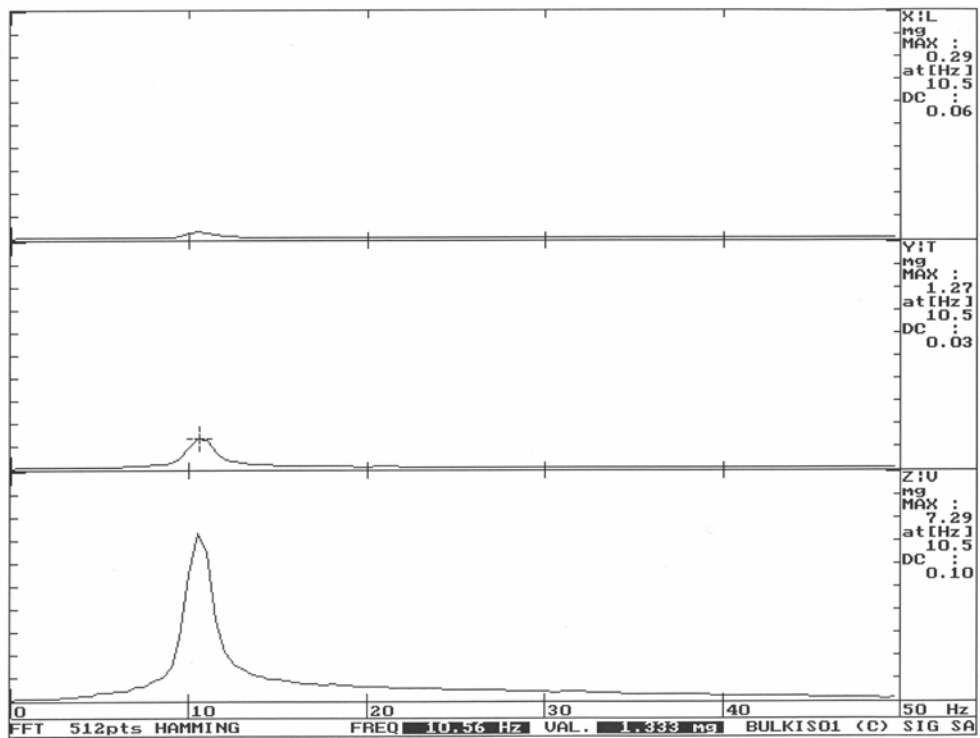


10. ábra  
Varteskata (B13) barlangban talált keskeny, 3,65 m magas cseppkő frekvencia szerinti gyorsulásértékei.



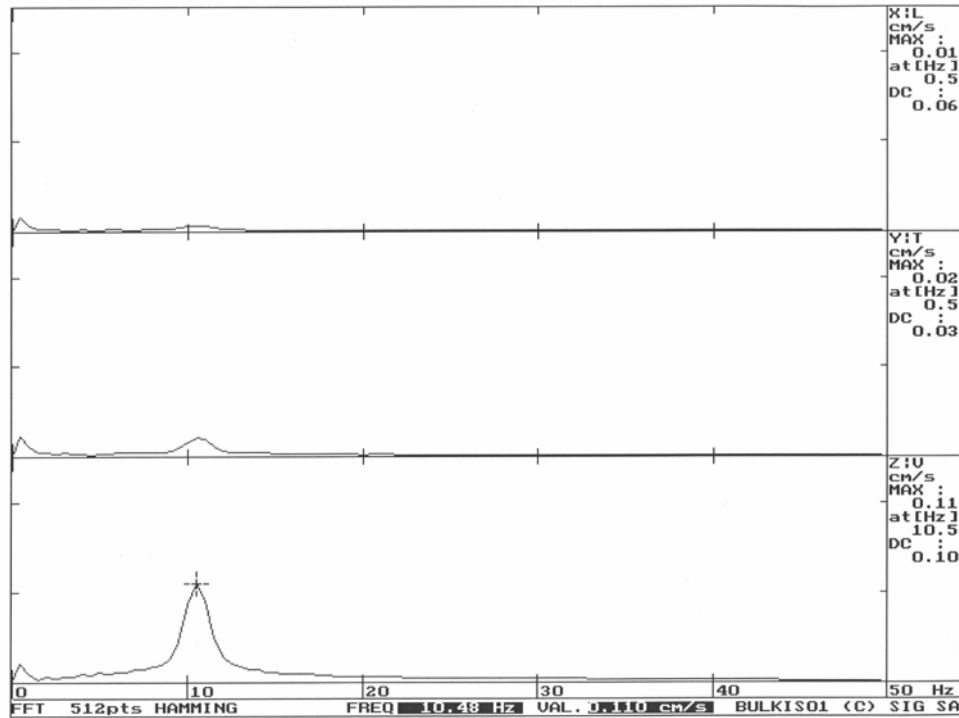
11. ábra

Varteskata (B13) barlangban talált keskeny, 3.65 m magas cseppkő frekvencia szerinti sebességértékei.



12. ábra

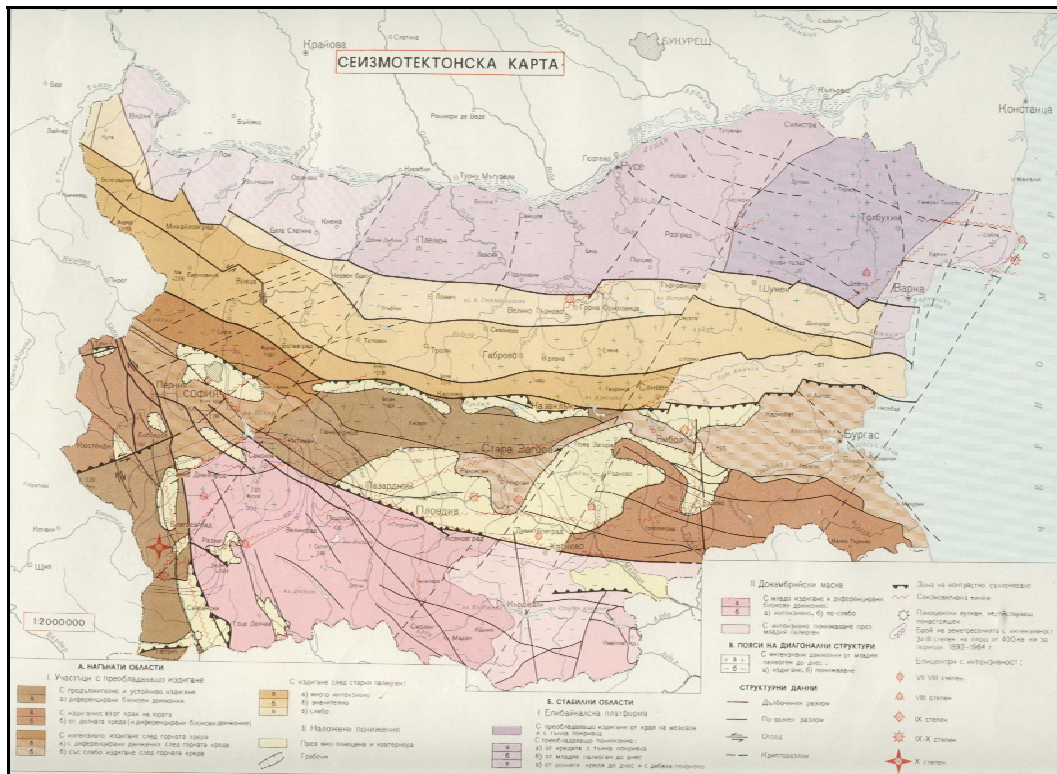
Varteskata (B13) barlangban talált keskeny, 1.4 m magas cseppkő frekvencia szerinti gyorsulásértékei.



13. ábra

Varteskata (B13) barlangban talált keskeny, 1.4 m magas cseppkő frekvencia szerinti sebességértékei.

A 14. ábra Bulgária szeizmotektonikai viszonyait mutatja be. A térképen feltüntették a  $I \geq 7$  fokos epicentrális intenzitású rengéseket is.



14. ábra

Bulgária tektonikai térképe

Vraca város közelében, ahol a Varteskata (B13) barlang található, van egy horizontális elmozdulásokat jelző tektonikai szerkezet. E törés jelenkori aktivitását kis rengések jelzik (lásd epicentrum térkép). Nem ismerjük arra a kérdésre a feleletet, hogy képes-e ez a szerkezet nagyobb, katasztrófális rengések gerjesztésére. Talán megnyugtató, hogy a néhány ezer éves cseppkövet nem érte  $1,6 \text{ m/s}^2$ -nél nagyobb horizontális gyorsulás.

Célszerűnek tartottuk Varteskata (B13) barlangban található cseppköveken végzett méréseket táblázatban (I. és II. táblázat) összefoglalni. Két cseppkövet (sztalagmitot, 8. és 9. ábrák) mérünk, három különböző magasságban elhelyezett mérőfejjel (10. ábra).

	mérési helyek kódjai	X	X	Y	Y	Z	Z
	domináns frekvencia és amplitúdó-érték	R1 [Hz]	R2 [Hz]	R1 [Hz]	R2 [Hz]	R1 [Hz]	R2 [Hz]
megismételt mérések sorszámjai							
1	gyorsulás [mg]	28 (0,88)		28 (3,45)	5 (0,4)	28 (4,12)	5 (2,86)
	sebesség [cm/s]	0,5 (0,02)	28 (0,005)	0,5 (0,02)	5 (0,015)	4,5 (0,09)	28 (0,02)
2	gyorsulás [mg]	28 (0,86)		27,5 (3,85)	5 (0,8)	5 (3,98)	
	sebesség [cm/s]	0,5 (0,02)		5 (0,02)	28 (0,02)	5 (0,12)	28 (0,02)
3	gyorsulás [mg]	28 (1,02)		28 (4,27)	5 (0,7)	28 (5,35)	5 (3,2)
	sebesség [cm/s]	0,5 (0,03)		0,5 (0,03)	28 (0,025)	4,5 (0,11)	28 (0,03)

I. táblázat

Bulgáriai mérések: Varteskata (B13) barlang, Vraca mellett. 3,65 m-es sztalagmit.

	mérési helyek kódjai	X	X	Y	Y	Z	Z
	domináns frekvencia és amplitúdó-érték	R1 [Hz]	R2 [Hz]	R1 [Hz]	R2 [Hz]	R1 [Hz]	R2 [Hz]
megismételt mérések sorszámjai							
1	gyorsulás [mg]	10,5 (0,29)		10,5 (1,27)		10,5 (7,29)	
	sebesség [cm/s]	0,5 (0,01)		0,5 (0,02)	10,5 (0,02)	10,5 (0,11)	0,5 (0,02)
2	gyorsulás [mg]	10,5 (0,31)		10,5 (2,09)		10,5 (7,89)	
	sebesség [cm/s]	0,5 (0,02)		10,5 (0,03)		10,5 (0,12)	
3	gyorsulás [mg]	10,5 (0,5)		11 (0,57)		10,5 (11,35)	
	sebesség [cm/s]	0,5 (0,002)		0,5 (0,12)		10,5 (0,17)	

II. táblázat

Bulgáriai mérések: Varteskata (B 13) barlang, Vraca mellett. 1,4 m-es sztalagmit.

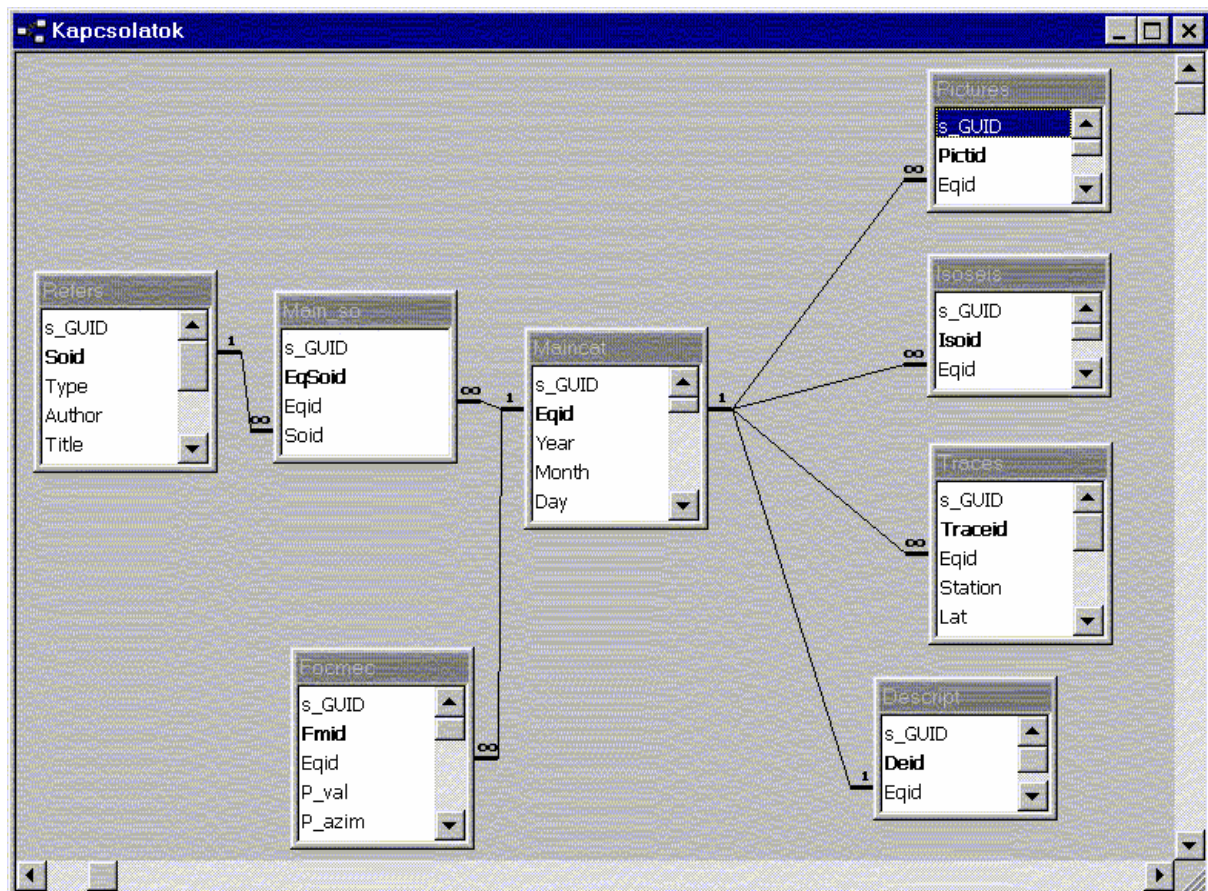
### A földrengésekre vonatkozó ismeretanyag rendszerezése és számítógépes adatbázisának elkészítése (3)

A munka célja Magyarország történelmi földrengéseiről való ismereteink rendszerezése és MS Access adatbázisba rendezése. A korábbi események nagy részéről csak kevés, míg kisebb részükről — főként a későbbi és nagyobb rengésekről — sok és részletes információ áll rendelkezésünkre. A XX. század elején a műszeres regisztrálás kezdetétől, majd a digitális műszerek elterjedése után az információk mennyisége ugrásszerűen megnőtt. A létrehozott adatbázisnak ésszerűen kezelni kell a rengésekről való ismereteink heterogenitását.

Az adatbázist Windows 98/NT/XP operációs rendszer alatt futó Microsoft Access adatbázis-kezelő program segítségével építettük fel. Ennek az SQL alapú relációs adatbázis-kezelő programnak a választását a következők indokolták:

- kezelni tudja a hosszabb szövegeket és a grafikai vagy kép (OLE) objektumokat
- más adatbázis vagy ASCII formátumú fájlok exportjának és importjának lehetősége (adatcsere)
- magyar karakterek megfelelő kezelése
- egyéb dokumentumainkkal való (Word formátum) kompatibilitás
- PC-n, Windows operációs rendszer alatt futtatható
- széleskörű elterjedtsége és viszonylag alacsony ára.

A megvalósított adatbázis nyolc, egymással relációs kapcsolatban álló táblázatból áll. Ezek a MAINCAT, PICTURES, ISOSEIS, TRACES, DESCRIPT, FOCMEC, MAIN\_SO és a REFERS nevű táblázatok. A közöttük levő kapcsolatokat az 15. ábra mutatja be.



15. ábra

Az adatbázis fő táblázata a MAINCAT, amiben egy földrengést egy rekord ír le. A mezőneveket, a mezőleírásokat és az adatformátumokat az III. táblázat foglalja össze. Ez a táblázat



tartalmazza a rengés fő paramétereit, így a kipattanás idejét és a hipocentrum paramétereit. Mivel időnként a műszeres és a makroszeizmikus epicentrum és mélység meghatározások között ellentmondások vannak, ezért ahol ez fordult elő, mindkettőt megadjuk. Ezen kívül a rekord tartalmazza a magnitúdó és intenzitás értékeket, a rengés környezeti hatásait, a rengés forrásának típusát és egy rövid leírást a rengésről.

Táblázat:	MAINCAT	
Leírás:	A földrengés fő paramétereit	
Mezőnév	Adat formátum	Leírás
<i>Eqid</i>	Automatikus	A rengés azonosítási száma
<i>Year</i>	i4	Év
<i>Month</i>	i2	Hónap
<i>Day</i>	i2	Nap
<i>Hour</i>	i2	Óra, közép-európai időben (GMT+1 óra)
<i>Min</i>	i2	Perc
<i>Sec</i>	f4.1	Másodperc
<i>T_er</i>	a50	Időmeghatározás hibája
<i>Lat</i>	f6.3	Epicentrum földrajzi szélessége (műszeres meghatározásból)
<i>Lon</i>	f6.3	Epicentrum földrajzi hosszúsága (műszeres meghatározásból)
<i>Epic_er</i>	f3.1	Epicentrum meghatározás hibája (km)
<i>Ep_so</i>	a15	Epicentrum meghatározás forrása
<i>Mac_lat</i>	f5.2	Epicentrum földrajzi szélessége (makroszeizmikus meghatározásból)
<i>Mac_lon</i>	f5.2	Epicentrum földrajzi hosszúsága (makroszeizmikus meghatározásból)
<i>Mac_ep_com</i>	a100	Megjegyzés a makroszeizmikus epicentrum meghatározásra vonatkozólag
<i>H</i>	f5.1	Fészekmélység km-ben (műszeres meghatározásból)
<i>H_er</i>	f5.1	Fészekmélység meghatározás hibája
<i>H_source</i>	a15	Fészekmélység meghatározás forrása
<i>Mac_H</i>	f5.1	Fészekmélység km-ben (makroszeizmikus meghatározásból)
<i>Mac_H_com</i>	a100	Megjegyzés a makroszeizmikus fészekmélység meghatározásra vonatkozólag
<i>Place</i>	a25	Epicentrum helye, megnevezése
<i>Int</i>	f4.1	Epicentrális intenzitás
<i>Int_com</i>	a100	Megjegyzés az epicentrális intenzitásra vonatkozólag
<i>ML</i>	f4.1	Lokális magnitúdó
<i>Ms</i>	f4.1	Felületi hullám magnitúdó
<i>Mb</i>	f4.1	Térhullám magnitúdó
<i>Mw</i>	f4.1	Momentum magnitúdó
<i>M_source</i>	a30	Magnitúdó értékek forrása
<i>Cult_effect</i>	a1	Kulturális hatások (f = érezhető, d = épületkárok, c = emberi sérülések)
<i>Type</i>	a1	Forrás típusa (t = tektonikus, c = beomlásos, ...)
<i>Descr</i>	a255	Rövid leírás a rengésről
<i>Reg</i>	Y/N	Szeizmogramok létezése (Igen/Nem)
<i>Isoseis</i>	Y/N	Izoseizta térképek létezése (Igen/Nem)
<i>Focal_mech</i>	Y/N	Vetősík megoldás létezése (Igen/Nem)
<i>Pictures</i>	Y/N	Képek létezése (Igen/Nem)
<i>Descr_l</i>	Y/N	Hosszabb leírás létezése (Igen/Nem)

III. táblázat

Az ISOSEIS táblázat az izoseizta térképek grafikus képeit, forrásukat tartalmazza, valamint néhány megjegyzést róluk (IV. táblázat). Formájuk OLE objektum, amit valamilyen más szoftverrel állítunk elő, vagy valamilyen gyakran használt képformátum (például Bitmap kép,

Windows Metafájl, PC Paintbrush, Encapsulated Postscript, Autocad 2D formátum, Computer Graphics Metafile, Corel Draw, TIFF, Targa, Kodak Photo CD, JPEG, GIF, WP Graphics, stb.). Egy földrengéshez több izoszeizta térkép is tartozhat, tehát a reláció a MAINCAT és az ISOSEIS táblázatok között egy-a-többhöz.

Táblázat:	ISOSEIS	
Leírás:	Izoszeizta térképek	
Mezőnév	Adat-formátum	Leírás
<i>Isoid</i>	Automatikus	Az izoszeizta térkép azonosítási száma
<i>Eqid</i>	Automatikus	A rengés azonosítási száma
<i>Isoseis</i>	OLE objektum	Az izoszeizta térkép grafikus képe
<i>Comments</i>	a255	Megjegyzés az izoszeizta térképről
<i>Source</i>	a100	Az izoszeizta térkép forrása, készítője

IV. táblázat

A PICTURES táblázat (V. táblázat) a földrengés hatásairól és az okozott károkról készült grafikus képeket, fényképeket, a képekre vonatkozó megjegyzéseket, valamint forrásukat tartalmazza. Formátumuk OLE objektum. Egy rengéshez több kép is tartozhat, tehát a kapcsolat a MAINCAT és a PICTURES táblázatok között egy-a-többhöz.

Táblázat:	PICTURES	
Leírás:	Képek, fényképek	
Mezőnév	Adat-formátum	Leírás
<i>Pictid</i>	Automatikus	A kép azonosítási száma
<i>Eqid</i>	Automatikus	A rengés azonosítási száma
<i>Picture</i>	OLE objektum	A grafikus kép, fotó
<i>Comment</i>	a255	Megjegyzés a képről
<i>Source</i>	a100	A kép forrása, készítője

V. táblázat

A TRACES táblázat (VI. táblázat) az adatbázisban található földrengések regisztrátumainak katalógusa. Egy rekord egy szeizmogramra vonatkozik, ami lehet analóg regisztrátum papíron vagy filmen, vagy digitális regisztrátum fájlban, a táblázatnak tehát mindkét típust kezelnie kell. Egy rengéshez több regisztrátum is tartozhat, tehát a kapcsolat a MAINCAT és a TRACES táblázatok között egy-a-többhöz.

Táblázat:	TRACES	
Leírás:	A földrengés regisztrátumai	
Mezőnév	Adat-formátum	Leírás
<i>Traceid</i>	Automatikus	A regisztrátum azonosítási száma
<i>Eqid</i>	Automatikus	A rengés azonosítási száma
<i>Station</i>	a25	Az állomás neve és/vagy helye
<i>Lat</i>	f6.3	Az állomás szélessége
<i>Lon</i>	f6.3	Az állomás hosszúsága
<i>Geol</i>	a20	Az állomás alatti geológia
<i>Instr</i>	a15	A műszer típusa
<i>Comp</i>	a15	Komponens
<i>Dig</i>	Y/N	Digitális vagy digitalizált szeizmogram (Igen/Nem)
<i>Stor</i>	a100	Tárolási hely, vagy fájl
<i>Comment</i>	a255	Megjegyzés

VI. táblázat

A DESCRIPT táblázat (VII. táblázat) az elő- és utóregéseknek, a környezeti hatásoknak, a rengés geológiai hátterének a hosszabb kifejtését, leírását tartalmazza. A leírás hossza maximum 65535 karakter lehet. Egy rengéshez egy leírás tartozhat, tehát a kapcsolat a MAINCAT és a DESCRIPT között egy-az egyhez.

Táblázat:	DESCRIPT	
Leírás:	A földrengés hosszabb leírása	
Mezőnév	Adat-formátum	Leírás
<i>Deid</i>	Automatikus	A leírás azonosítási száma
<i>Eqid</i>	Automatikus	A rengés azonosítási száma
<i>Descript</i>	a65535	A földrengés leírása

VII. táblázat

A földrengés fészekmechanizmus megoldását, ha van, a FOCMEC táblázat tartalmazza (VIII. táblázat). A fészekmechanizmus megadható akár a fő feszültség tengelyek, akár két egymásra merőleges sík segítségével, ahol a kettő közül az egyik a törési sík. Egy földrengéshez több fészekmechanizmus megoldás is megadható.

Táblázat:	FOCMEC	
Leírás:	A földrengés fészekmechanizmus megoldása	
Mezőnév	Adat formátum	Leírás
<i>Fmid</i>	Automatikus	A fészekmechanizmus megoldás azonosítási száma
<i>Eqid</i>	Automatikus	A rengés azonosítási száma
<i>P_val</i>	e10.3	A kompressziós főfeszültség értéke (P tengely)
<i>P_azim</i>	f6.2	P tengely azimutja
<i>P_inc</i>	f6.2	P tengely inklinációja
<i>B_val</i>	e10.3	Az intermedier főfeszültség értéke (B tengely)
<i>B_azim</i>	f6.2	B tengely azimutja
<i>B_inc</i>	f6.2	B tengely inklinációja
<i>T_val</i>	e10.3	A dilatációs főfeszültség értéke (T tengely)
<i>T_azim</i>	f6.2	T tengely azimutja
<i>T_inc</i>	f6.2	T tengely inklinációja
<i>Strike1</i>	f6.2	1. sík csapásiránya
<i>Dip1</i>	f6.2	1. sík dőlése
<i>Rake1</i>	f6.2	Csúszásirány az 1. síkon
<i>Strike2</i>	f6.2	2. sík csapásiránya
<i>Dip2</i>	f6.2	2. sík dőlése
<i>Rake2</i>	f6.2	Csúszásirány a 2. síkon
<i>Mo</i>	e10.3	Momentum Nm-ben
<i>Source</i>	a100	A fészekmechanizmus megoldás forrása

VIII. táblázat

A REFERS táblázat (IX. táblázat) a földrengésre vonatkozó forrásmunkákat tartalmazza, melyek lehetnek könyvek, cikkek, jelentések, stb. Egy forrásmunka tartozhat több földrengéshez, és egy földrengéshez is több forrásmunka tartozhat. Tehát a reláció a MAINCAT és a REFERS táblázatok között több-a-többhöz. Az összetartozókat a MAIN\_SO táblázat (X. táblázat) kapcsolja össze.

Táblázat:	<b>REFERS</b>	
Leírás:	<b>Felhasznált forrásmunkák</b>	
<b>Mezőnév</b>	<b>Adat-formátum</b>	<b>Leírás</b>
<i>Soid</i>	Automatikus	A forrásmunka azonosítási száma
<i>Type</i>	a1	A forrásmunka típusa (a=cikk, b=könyv, c=archív anyag, r=kutatási jelentés, ...)
<i>Author</i>	a50	Szerző vagy szerzők
<i>Title</i>	a100	Cím
<i>In</i>	a50	Publikálás helye
<i>Publ</i>	a15	Kiadó
<i>Year</i>	i4	Kiadás éve
<i>Com</i>	a255	Megjegyzés

*IX. táblázat*

Táblázat:	<b>MAIN_SO</b>	
Leírás:	<b>Kapcsolótábla a MAINCAT és REFERS táblák között</b>	
<b>Mezőnév</b>	<b>Adat-formátum</b>	<b>Leírás</b>
<i>Eqmoid</i>	Automatikus	A kapcsoló rekord azonosítási száma
<i>Eqid</i>	Automatikus	A földrengés azonosítási száma
<i>Soid</i>	Automatikus	A forrásmunka azonosítási száma

*X. táblázat*

Minden táblázathoz (kivéve a MAIN\_SO kapcsolótáblát) elkészült egy-egy űrlap, amelyeknek a segítségével az adatbázis könnyen feltölthető. Ezeknek a segítségével az adatbázisban rengések kiválogatása és keresése is könnyen végrehajtható.

Az adatbázis megnyitásakor először a fő tábla (MAINCAT) űrlapja (16. ábra) jelenik meg. A rengés fő paramétereinek begépelése után a megfelelő parancsgombok megnyomásával lehet belépni a kapcsolódó táblák űrlapjaiba. A fő táblából csak az adott földrengésre vonatkozó egyéb űrlapok érhetők el.

**A földrengés fő paramétereit**

**Kipattanási idő:**

Év	Hónap	Nap	Óra	Perc	Másodperc
1985	8	15	6	29	

**Hiba:**

**Epicentrum:**

**Műszeres:** **Szélesség** **Hosszúság** **Hiba** **Hivatkozás**

**Makroszeizmikus:** **Szélesség** **Hosszúság** **Megjegyzések**

47.06 18.01

**Mélység:**

**Műszeres:** **Mélység** **Hiba** **Hivatkozás**

**Makroszeizmikus:** **Mélység** **Megjegyzés**

10.

**Hely:** Berhida

**Intenzitás:** 6.5 **Megjegyzés:** Műszeres megfigyelés szerint a magnitúdó M=5

**ML:** 4.7 **Ms:**  **mb:**  **Mw:**  **Hivatkozás:**

**Kult. hatások:**  d **Hivatkozás típusa:**  t

**Leírás:** A földrengés épületkárokat okozott Berhida és Peremarton tágabb térségében. A rengés részletesebb ismertetése az 1. mellékletben.

**Létezik-e:** **Szeizmogram:**  **Menj:** **Szeizmogramra**


**Izoszeizta térkép:**  **Izoszeizta térképre**

**Ábra:**  **Ábrára**

**Hosszabb leírás:**  **Leírásra**

**Fészekmechanizmus:**  **Fészekmechanizmus megoldásra**

**Hivatkozások**

**Mentés** **Kilépés** **Új** **Törlés**  **Bezárás**

Rekord:  1  összesen 227

16. ábra  
Az MS Access adatbázis főablójának űrlapja

Az adatbázis feltöltése földrengés adatokkal folyamatosan történik. Jelenleg 456-tól 2003-ig tartalmaz az adatbázis makroszeizmikus rengéseket, összesen 261 db eseményt. A rengésekhez azok paraméterein túl a rengések által okozott károkról készült fényképeket, izoszeizta térképeket és néhány műszeres regisztrátum scannelt ábráját is feltöltöttük.

Budapest...2006. február 28.

.....  
Témavezető aláírása

## Hivatkozások

- Cloething S., Burov E., Beekman F., Andeweg B., Andriessen P. A. M., Garcai-Castellanos D., de Vicente G. & Vegas R.** (2002): Lithospheric folding in Liberia. *Tectonics*, **21**:5.
- Franyó F.** (Szerk.) (1992): A negyedidőszaki képződmények vastagsága Magyarországon. M=1: 500 000. *Magyar Állami Földtani Intézet*, Budapest.
- Gribovszki K.** (2005): Földrendések geofizikai és geológiai környezetének valamint Debrecen földrendés-veszélyeztetettségének vizsgálata térinformatikai eszközökkel. PhD. értekezés, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola, Geokörnyezettudományi Program, 130 p.
- Gribovszki K. & Szeidovitz Gy.** (2000): Potenciális földrendésfészkek meghatározása térinformációs rendszer felhasználásával. *Geomatikai Közlemények*, **III**: 255-264.
- Gribovszki K. & Szeidovitz Gy.** (2004): A földrendések kiváltó tényezőinek vizsgálata térinformatikai rendszer felhasználásával. *Magyarország Földrendésbiztonsága mérnökszeizmológiai konferencia*, Széchenyi I. Egyetem, Győr, 347-362. old.
- Gribovszki K. & Szeidovitz Gy.** (2005): Földrendések geo-környezetének tanulmányozása térinformatikai eszközökkel. *Geomatikai Közlemények*, **VIII**: 315-326.
- 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. 62-67. old.
- Horváth F.** (1993): Towards a mechanical model for the formation of the Pannonian basin. *Tectonophysics*, **226**: 333-357.
- Jámbor Á. & Szeidovitz Gy.** (1995): Új atomerőmű telepítésére kijelölt területek földrendéskockázatának előzetes vizsgálata. MTA GGKI Szeizmológia Főosztály Archivuma, Budapest, 31 old.
- Jámbor Á., Mónus P. & Szeidovitz Gy.** (Szerk.) (1999): Kinematikai és Földrendés Epicentrumok térképe. ERŐTERV Adattár, Budapest.
- Kázmér M., Mikes T., Szűcs Z., Krolopp E. & Sümegi P.** (2000): Faulting and liquefaction of Quaternary sediments (Jenő, Fejér county, Hungary) ESG Memoir I. on Neotectonics.
- Kiszely M.** (2001): Discrimination of Quarry-blasts from Earthquakes using Spectral analysis and Coda Waves in Hungary. *Acta Geod. Geoph. Hung.*, **36(4)**: 439-448.
- Leél-Össy Sz. & Czifra T.** (2004): Évi részjelentés a BAF C.4.4., D.9.1/2004 alvállalkozói szerződés tárgyában.
- Majoros Zs. & Szenthe I.** (2003): Földrendés nyomai a Lilla barlangban - Bükk Hegység. Magyarország. Előzetes vizsgálatok abszolút kormeghatározáshoz.
- Magyari Á.** (2002): Hazai krioturbációs jelenségek kritikai újrvizsgálata: paleoszeizmikus tevékenységek nyomai hazai negyedidőszaki képződményekben: MÁFI, Alapkutatási Főosztály, kutatási jelentés, kézirat, 9p.
- Magyari Á., Van Vliet-Lanoe B. & Csontos L.** (2002): Paleoszeizmikus jelenségek hazai negyedidőszaki rétegekben: Magyarország Földrendésbiztonsága, Tudományos Konferencia, Győr, Széchenyi István Egyetem, 2002. november 5.
- Magyari Á., Musitz B., Csontos L. & Van Vliet-Lanoe B.** (2004): Neotektonikai vizsgálatok a Külső-Somogyi domboságban: Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése, 2002, Budapest, 111-128.
- Marosi S. & Meskó A.** (Szerk.) (1997): A Paksi Atomerőmű földrendés-biztonsága. Akadémiai Kiadó, Budapest, 178 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 Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest.
- Shimizu I., H. Osawa T. Seo S. Yasuike & Sasaki S.** (1996): Earthquake related ground motion and groundwater pressure change at the Kamaishi Mine. *Engineering Geology*, **43**: 107-118.

- Szeidovitz Gy. & Varga P.** (1997): A Paksi Atomerőmű telephelyének földrengésbiztonsága, kárpát-medencei nagyobb rengések áttekintésével. *In: Marosi S. & Meskó A. (Szerk.): A Paksi Atomerőmű földrengésbiztonsága.* Akadémiai Kiadó, Budapest, 95-111 old.
- Szeidovitz Gy., Bus Z. & Gribovszki K.** (2004): Focal depths of earthquakes in the Carpathian Basin. *Acta Geod. Geoph. Hung.*, **39(4)**: 447-470.
- Szeidovitz Gy., Leél-Őssy Sz. & Surányi G.** (2004): Egykori földrengések felismerése cseppkövek segítségével. *Földrajzi Közlemények*, **CXXVIII. (LII.)**, 2004(1-4): 140-146.
- Szeidovitz Gy., Leél-Őssy Sz., Surányi G., Czifra T. & Gribovszki K.** (2005): Paleorengések által gerjesztett maximális horizontális gyorsulásamplitúdók számítása cseppkövek törőszilárdságának ismeretében. *Magyar Geofizika*, Vol. **46(3)**: 91-101.