

KÁZMÉR MIKLÓS (szerk.): *Környezettörténet 2*
Környezeti események a honfoglalástól napjainkig történeti és természettudományi források tükrében

Hantken Kiadó
Budapest, 2011

Két földrengés Szíriában – Margat várának archeoszeizmológiája

Two earthquakes in Syria – Archaeoseismology in al-Marqab citadel

KÁZMÉR Miklós¹ & MAJOR Balázs²

¹Eötvös Loránd Tudományegyetem, Őslénytani Tanszék

1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A. E-mail: mkazmer@gmail.com

²Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Arab Nyelvi és Iszlám Tudományok Tanszék,
2087 Piliscsaba, Egyetem u. 1. E-mail: balazs.major.hu@gmail.com

Összefoglalás

Két nagyobb, egymásra következő földrengés által okozott sérüléseket azonosítottunk Margat (arabul al-Marqab) keresztres várában, Szíria tengerparti régiójában. A Szent János-lovagrend (johannita lovagok) által a 12–13. században emelt erődítmény erős kőfalakból áll, melyet az *opus caementum* (római beton) technológiájával építettek. V- és U-alakú falsérülések, egyoldali és szimmetrikus sarokomlások, valamint a falak megnyúlása történeti és régészeti módszerekkel datálhatóak. A keresztres időszakra (Kr. u. 1170–1285) datált idősebb sérülések ÉK-DNy rezgés következtében keletkeztek, valószínűleg az 1202-es földrengés következtében. Az 1285-ben kezdődött muzulmán uralom idején keletkezett sérülések ÉNy-DK rezgésirányról tanúskodnak. A libanoni Baalbekben kipattant 1202-es földrengés >VIII MSK intenzitást eredményezett Margatban; ez magasabb az eddigi feltételezett értéknél.

Abstract

Damages from two major earthquakes are identified in medieval al-Marqab citadel (Latin: Margat) in coastal Syria. Built by the Order of St. John (Hospitaliers) in the twelfth–thirteenth centuries, the hilltop fortification has masonry walls made with and without mortar, using the *opus caementum* technology (Roman concrete). V-shaped and U-shaped failures, single-corner and symmetrical corner collapses, and in-plane shifts of ashlar masonry walls are identified and dated by historical and archaeological methods. The azimuth of displacement is NE-SW for the older damages of the Crusader period (A.D. 1170–1285), possibly related to the A.D. 1202 earthquake. A later, NW-SE displacement occurred during the Muslim period (post-1285). The 1202 earthquake produced at least VIII intensity on the MSK scale at al-Marqab, higher than previously considered.

Bevezetés

A pusztító földrengések előrejelzése régi óhaj, de a mai napig sem tudjuk – akár csak percnyi időre is – előre látni bekövetkezésüket. Meglehetősen jól ismerjük azonban a nagyobb rengések szokásos előfordulási helyét, és az adott helyen a lehetséges legnagyobb szeizmikus eseményre méretére jó alsó határt szab a múltbeli legnagyobb esemény mérete. Nagyon nehéz a rengések periódusidejét megállapítani. Műszeres mérések csak a legutóbbi mintegy fél évszázadra állnak rendelkezésre, de a legnagyobb rengések ennél jóval ritkábban ismétlődnek. A régmúlt földrengéseit írott dokumentumokból olvassa ki a történeti szeizmológia (Guidoboni & Ebel, 2009), megsérült épületekből az archeoszeizmológia és a földfelszín elmozdító törésekből – geológiai módszerekkel – a paleoszeizmológia (McCalpin, 2009). A történeti és geológiai vizsgálat esetében kidolgozott módszertan áll rendelkezésre a rengések paramétereinek megállapítására. Nem így az archeoszeizmológiában!

Néhány évtizednyi bizonytalankodó előrehaladást követően az archaeoszeizmológia napjainkban válik szigorú módszertant alkalmazó, kvantitatív tudománnyá. Jelen pillanatban még nem vagyunk képesek arra, hogy az épületeken és az ásatásokban megfigyelt szeizmikus jelenségeket közvetlenül megfeleltethessük a földrengések valamely paraméterének (intenzitás, gyorsulás, magnitúdó, epicentrum távolsága) (Sintubin et al. 2008). Jelen tanulmány apró adalék ehhez a kvantifikálási folyamathoz: módszert mutatunk be az egymásra következő földrengések nyomainak elkülönítésére (Kázmér & Major 2010), keletkezésük sorrendjének megállapítására és a rezgésirányok azonosítására. Annak természetesen tudatában vagyunk, hogy az utóbbiak nem szükségszerűen adnak információt az epicentrum helyét illetően (Hinzen, 2008, 2009).

Az elmúlt évtizedekben a Kelet-Mediterráneum és a Közel-Kelet régészeti emlékein észlelt sérülések nagy számára kínálkozott kézenfekvő magyarázatként a földrengéses eredet (pl. Kilian, 1980; Soren, 1985). Szeizmológusok azonban figyelmeztettek (pl. Ambraseys 2005, 2006), hogy a földrengéseknek tulajdonított repedések, omlások jó részéért a gyöngye alapozás, földcsuszamlás és a talajvízszint változása a felelős. Eközben számos tanulmány jelent meg geológusok tollából, amelyek falak és egész épületek vető okozta deformációját írták le. Minthogy a vetőmenti elmozdulás a földrengéses eredet egyértelmű bizonyítéka, ezek a cikkek szilárd alapot biztosítottak a földrengéses eredet dokumentálásához és értelmezéséhez (Hancock & Altunel 1997; Ellenblum et al. 1998; Galli & Galadini 2001; Sintubin et al. 2003; Altunel et al. 2003; Galli et al. 2008; Karakhanian et al. 2008a). Több helyütt megárgolták az elvetést okozó töréseket és datálták az elvetett rétegeket (pl. Meghraoui et al. 2003; Reicherter et al. 2003); ezek a lelőhelyek a földrengés-okozta sérülések legjobb bizonyítékai.

Az épületeken megfigyelhető számos más sérülésfajtát is földrengések hatásának tulajdonítják. Ilyenek a törött szemöldökkövek, a boltívek lecsúszott zárókövei, a

faragott kőfalak elcsúszott és elfordult blokkjai (pl. Nikonov 1988; Korjenkov & Mazor 1999, 2003; Akyüz & Altunel 2001; Altunel et al. 2003; Sintubin et al. 2003; Caputo & Helly 2005; Similox-Tohon et al. 2006, 2007; Al-Tarazi & Korjenkov 2007; Karakhanian et al. 2008a, 2008b; Marco 2008), antik templomok elcsúszott oszloptagjai (pl. Stiros 1996; Stiros et al. 2000; Bottari 2005), falakon áthatoló törések, elcsavarodott falak (pl. Kamh et al. 2008; Nur & Burgess 2008), stb. Sajnos, ezek mögött az egyértelműnek látszó értelmezések mögött egyelőre nem áll megbízható elméleti háttér, ezért nem-földrengéses eredetük sem zárható ki; alapozási problémák és a rossz minőségű építkezés tekinthető a legkézenfekvőbb oknak. Ezért is különösen fontos a részletesen, megbízhatóan dokumentált lelőhelyek számának gyarapítása (amint arra Karcz & Kafri 1978 már régen felhívta a figyelmet), hogy a jövő kutatóinak a mainál jelentősen nagyobb adatbázis álljon rendelkezésére. És akkor még nem is szóltunk a közvetett sérülésekről, a földrengések keltette földcsuszamlások épületeket tönkretévő problémájáról, mely önálló, mérnöki ismereteket is megkívánó tanulmányokat követel (Wechsler et al. 2009).

Jelen cikkben Korjenkov és Mazor (1999, 2003) módszerét követve a szerkezetföldtan módszertárából kölcsönzött kinematikai jelzőket használunk a deformációk leírásánál és értelmezésénél. A margati földrengés-okozta deformációk létét igazoló előzetes jelentésünk (Kázmér 2008) gondolatmenetét folytatva megkíséreljük egy nyolcszáz évvel ezelőtti földrengés kvantitatív leírását az archeoszeizmológia módszerével. Reméljük, hogy módszerünk legalább apró adalék lesz az archeoszeizmológia szigorú és átlátható eszköztárának kifejlesztése során (Stiros 1996; Galadini et al. 2006; Sintubin & Stewart 2008).

Margat vára

Margat vára (arabul Qal'at al-Marqab, a középkori latinban Margat) Szíria földközi-tengeri partvidékén fekszik. A Levante egyik legnagyobb és legfontosabb várát (1–2. ábra). Baniyas (a latin Valenia) városától délre, a parttól 2 km távolságra, egy 350 m magasságban lévő bazaltplató eróziós roncsán építették. Az évezredek óta használt, partmenti főközlekedési út első számú őrzője. Falai közül kilátás nyílik a Latakia felé elterülő termékeny síkságra, és belátható a háttérben az Anszárijja-hegység is.

Történet

Margat első erődjét a helybéli lakosság építette 1062-ben. (Yāqūt, *Mu'jam al-buldān*, V/127.) 1104-ben rövid időre bizánci kézbe került (Anna Comnena, *Alexiad*, 365.), de 1117-1118-ban az antiochiai Roger herceg csapatai ismét a muszlimoktól foglalták el és csatolták az Antiochiai hercegség területéhez. (Ibn 'Abdazzāhir, *Tashrif*, 85.) Az 1130-as években a hercegségben dúló polgárháború következtében a muszlimok visszaszerezték a várat (Deschamps 1973: 260-261.), amit csak 1140-ben tudott

elfoglalni a kereszties Antiochia legbefolyásosabb családjának feje II. Renaud Mazoir. (Cafari Caschifelone, *De liberatione civitatum orientis*. RHC. Occ. V/66-67.) A korai, kis alapterületű erődítést nagy valószínűséggel a Mazoir-ok fejlesztették idején lett a teljes hat hektáros hegytetőt magába foglaló erődrendszerré. Ennek súlypontja a Szíriai-Magyar Régészeti Misszió 2010-es ásatásai alapján – úgy tűnik – már ekkor átkerült a várhegy magasabbik, északi részéről a plató déli, alacsonyabbik végébe.

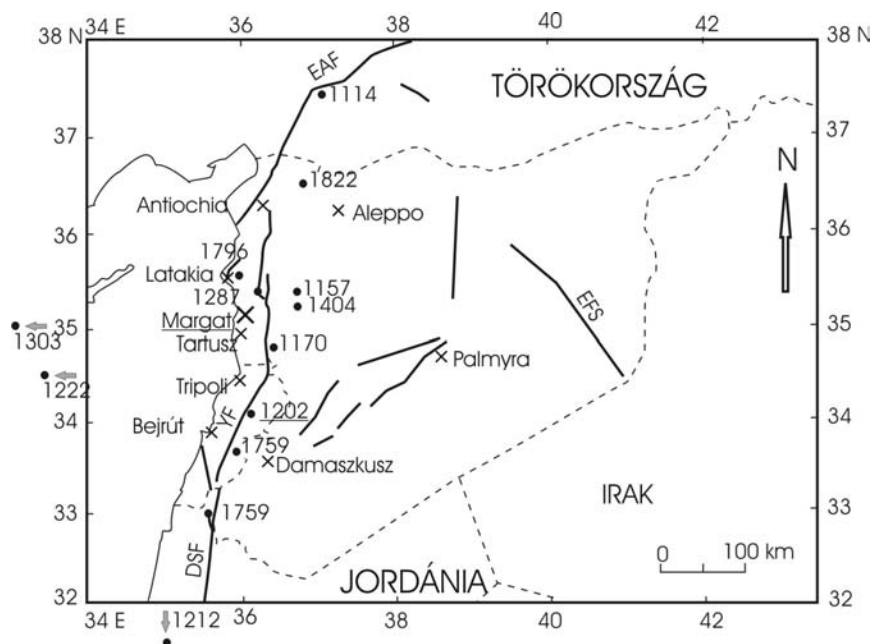
A korabeli krónikák leírásaiból arra következtethetünk, hogy Margat várát is súlyosan érinthette a szíriai partvidéket romba döntő 1170-es földrengés, (Sbeinati et al. 2005: 373-374) de ugyanakkor nagy valószínűséggel ez volt az vár, amit Türoszi Vilmos érsek az 1180-as évek nemesi lázadása kapcsán *“praesidium...inexpugnabile et munitissimum”*-ként jellemez. (Guillaume de Tyr, *Chronicon* XXII/6, p. 1014; ford. William of Tyre, *History of Deeds Done beyond the Sea* vol. II, p. 454)

A földrengések mint a Mazoir-ok tönkremenetelének egyik oka szerepel abban a dokumentumban is, melyben a család 1187 februárjában eladta Margatot és minden más birtokát a johannita lovagrendnek. (Mayer 1993: 176) A johanniták – felismerve a hely stratégiai jelentőségét – a korszak legnagyobb kiterjedésű várát építették ki Margatban, mely a lovagrend kiterjedt északi birtokhálózatának központjaként is szolgált. A vár jelentőségét jól mutatja, hogy – a rendi szabályokkal ellentétben – a valamikor az 1204 és 1206 közti időszakban megrendezett rendi nagykáptalant nem az akkói központi rendházban, hanem Margatban tartották. (Burgtorf 2006: 236.) Mindebből egyben arra is következtethetünk, hogy a várat 1202-ben sújtó nagyerejű földrengés (Mayer 1972: 295-310) kárait eddigre jórészt kijavíthatták.

Az ötödik kereszties hadjáratban részt vevő II. András király, éppen a Szentföldön tartózkodván, 1217-ben meglátogatta a várat (Veszprémy 2006). „Margatnak, amely, éppen a pogányok közvetlen közelében helyezkedik el, örök fenntartására, mind az előbb említett várban időző testvérek megbecsülésére, akik átutazásunkkor jóindulatúan fogadtak minket és tisztelettel bántak velünk, királyságunk sójövédelméből száz márkát adtunk, amelyet mindig húsvét idején ezüst pénzben, ellenvetés nélkül ki kell fizetni Szalacsnál, [vagyis az itteni sóvámnál. Ma Sălacea, Bihar megye, Románia] és úgy rendelkezünk, hogy ezt az összeget mindörökre birtokolniuk kell” – írja a várban kiadott oklevelében (Laszlovszky et al., 2006: 297. Ford. Fügedi Krisztina). A száz márka ezüst több mint 23 kg volt! (Schönleber 2009).

Margatot 1285 tavaszán bekövetkezett elestéig többször is sikertelenül ostromolták különböző muszlim erők, (Major 2008: 167-168) mely ostromok közül feltehetően az 1204-1205-ös okozta a legtöbb kárt. (Ibn Wāsil, *Mufarrij al-kurub* III/165) Az 1285 május 25-én a mamlúk seregek kezére került erődítésen esett sérüléseket a szultán parancsára haladéktalanul kijavították. (Ibn ‘Abdazzāhir, *Tasbrif*, 77-81.) A keresztiesek 1291-es kiűzését követően az erődítés fokozatosan elvesztette katonai jelentőségét, mely hűen tükröződik a mamlúk és oszmán kor egyre ritkább és egyre rosszabb minőségű építkezéseiben, javítgatásaiban. Ugyanakkor a Margatra vonatkozó történelmi források és utalások száma is drasztikusan zuhan. A várat a Szíriai Régészeti Főigazgatóság 1958-ban nyilvánította műemlékké és költöztette ki a

még ott lakó falut, de az erődítésrendszer régészeti feltárására a Szíriai-Magyar Régészeti Misszió 2007-ben kezdett kutatási programjág nem került sor (Zsembery 2009).



1. ábra. Margat várának helye a szír tengerparton. A jelentősebb történelmi földrengések a Holt-tengeri-törés és a Kelet-Anatóliai-törés vonalába esnek (Sbeinati et al., 2005 után módosítva). Az 1202-es földrengés epicentruma aláhúzva (részletes diszkusszió a főszövegben). Három földrengés (1212, 1222, 1303) epicentruma a térképen kívül esik (Jordánia, Ciprus és Kréta). DSF – Holt-tengeri-törés, YF – Yammouneh-törés, EAF – Kelet-anatóliai-törés, EFS – Eufrátesz-törés. Az epicentrumok helyét Ambraseys (2009, elektronikus melléklet) alapján rajzoltuk be. Lást még az 1. táblázatot.

Figure 1. Location of Al-Marqab (Margat) citadel in coastal Syria. Major historical earthquakes are centered along left-lateral strike-slip faults ranging from the Dead Sea fault in the south to the East Anatolian fault in the north (modified after Sbeinati et al., 2005). Epicenter of the A.D. 1202 earthquake, extensively discussed in the text, is underlined. Epicenters of the events of 1212, 1222, and 1303 earthquakes are out of the map in Jordan, Cyprus, and Crete, respectively. DSF—Dead Sea fault system, YF—Yammouneh fault, AF—East Anatolian fault system. EFS—Euphrates fault system. Epicenter locations are from Ambraseys (2009, electronic supplement). See also Table 1.

Szeizmicitás és nagyobb földrengések

A várat viszonylag ritkán támadták meg; építéstörténetét ostromok helyett leginkább a földrengések befolyásolták (1. táblázat; 1. ábra). A nagyobb, 1114-es,

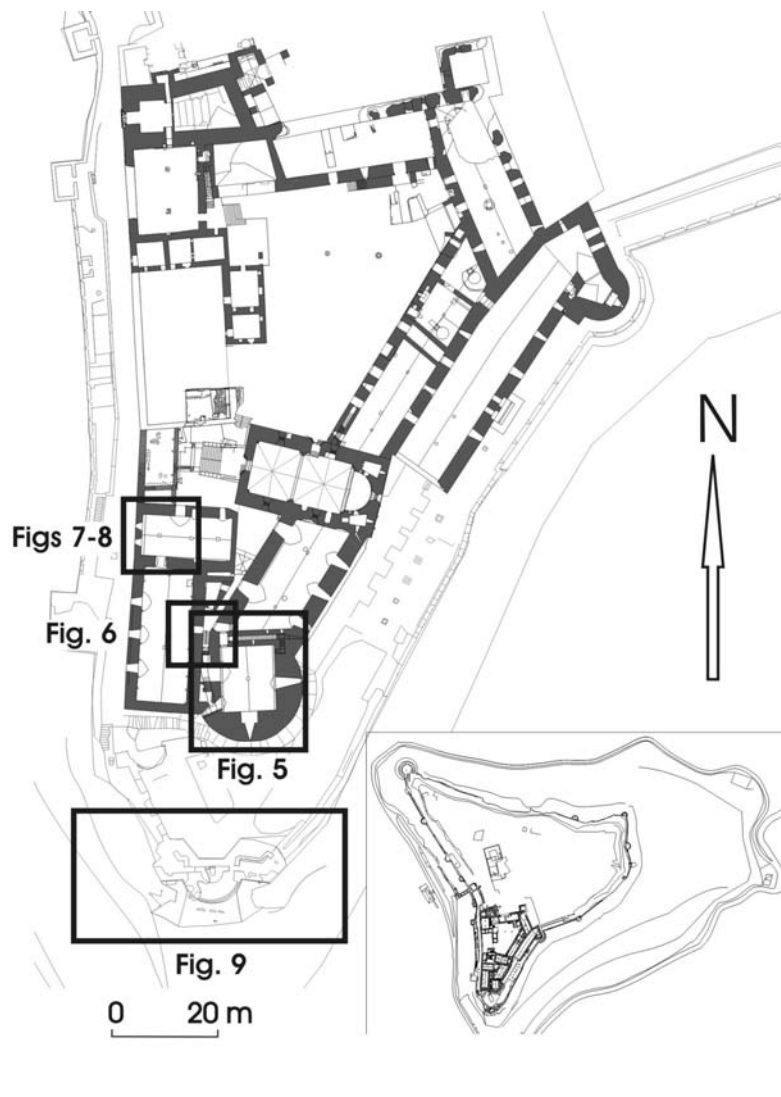
1157-es és 1170-es rengések feltehetően jelentős rombolást végeztek az ispotályos-kor előtti váron. Az 1202. május 20-án kipattant földrengés, a Közel-Kelet legerősebb ismert rengése súlyosan megrongálta a várat, de az ennek ellenére védhető maradt (Mayer 1972). Sajnos, nincs róla információnk, hogy a 13. és 14. században Szíria északi részén pusztító rengések (1212, 1222, 1236, 1287, 1303, 1339) közül érintette-e valamelyik súlyosabban Margatot. Azt azonban tudjuk, hogy az 1404. február 20-án bekövetkezett rengés a vár jelentős részét lerombolta (Sbeinati et al., 2005, p. 392). A későbbi rengések közül az 1752-es és az 1759-es valószínűleg érintette Margatot, míg az 1796. április 26-i és az 1822. augusztus 13-i rengésről följegyzések maradtak: mindkettő komoly károkat okozott a várban (Sbeinati et al. 2005, p. 379-398) (1. táblázat, 1. ábra).

Margat középkori épületegyüttese az egész hegytetőre kiterjed (2–3. ábra). Két része együttesen 5.7 hektáron terül el. A hegy déli részén 0.9 hektárra terjed ki a koncentrikus elrendezésű citadella, míg a hegytető többi részén a hatalmas *suburbium* fekszik, ugyancsak kettős fallal körítve.



2. ábra. Margat vára, ahogy az egyetlen megközelítési útvonalról, délről támadó ellenség láthatta. A ma is álló falakat és épületeket nagyrészt a kereszties Szent János-lovagrend (ispotályos lovagok) építette a 12. század végén. A platót (~350 m t.sz.f.) pliocén korú, hólyagos bazaltláva alkotja, mely a baloldali tornyok alatt bukkan a felszínre. A lejtőt alkotó, mállott bazaltba vájt teraszokon olajfaültvények vannak. Jobboldalt a háttérben Banyias (a hajdani Valenia) városa és a Földközi-tenger látható.

Figure 2. Al-Marqab citadel, as seen by attacking enemy from the south, was mostly built by the crusading Order of St. John (Hospitallars) in late twelfth century. The hilltop plateau, 350 m above sea level, is vesicular basalt lava of Pliocene age, exposed below the highest towers. Terraces of olive gardens carved in weathered basaltic strata cover the slopes. Banyas city and the Mediterranean Sea are seen in the background on the right.



3. ábra. Margat várának alaprajza: a citadella. A vastag vonalak a máig álló, földfelszín fölötti falakkal rendelkező épületeket jelölik. A vékony vonalak a környező védőfalak és a feltárt épületalapok. A jobb alsó rajz az erődtített rész helyét mutatja a sokkal nagyobb *suburbium*hoz viszonyítva. A kettő együtt 5.7 hektár területű. A legkülső kettős vonal a várhegyet környező aszfaltutat jelöli.

Figure 3. Plan of the southern portion of Al-Marqab citadel. Heavy lines denote buildings with aboveground walls. Light lines are circumferential walls and excavated foundations of buildings. Inset displays the location of the heavily fortified southern part and the much larger northern suburb, surrounded by weaker walls, totaling 5.7 ha together. The external double line is the modern asphalt road surrounding the hilltop.

A Szíriai-Magyar Régészeti Misszió (Syro-Hungarian Archaeological Mission – SHAM) célja Margat várának minél teljesebb körű feldolgozása a különböző tudományterületek lehető legtöbbjének bevonása által. Ennek érdekében a régészeti feltárások mellett építészeti és fotogrammetriai felmérési program; az egyedülálló középkori freskók és más leletek konzerválása és restaurálása; természettudományos (földtani, geofizikai, archeozoológiai és archeobotanikai) elemzések; a középkori technológiák vizsgálata; a középkori vízgyűjtő és vízvezető rendszer feltárása és helyreállítása abból a célból, hogy a vizet a várban és a környező falvakban fel lehessen használni; néprajzi tanulmányok a *suburbium* hagyományos szíriai életének megismerésére és életre keltésére; tájrégészeti vizsgálatok a középkori településhálózat megismerésére; „nyugati” és „keleti” egyetemi hallgatók gyakorlati képzése is zajlik. Ezek a munkálatok előkészületül szolgálnak arra, hogy Margatot az UNESCO világörökségi listájára lehessen jelölni.

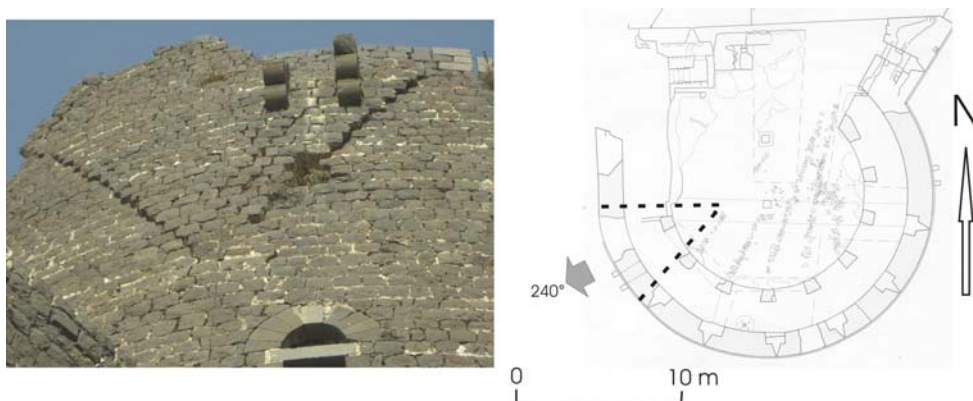


4. ábra. A lakótorony nyugati, esőverte falának kőtömbjei mintha a levegőben lebegnének. Azonban a hátsó végükkel szilárdan a többméteres falat alkotó római betonba ágyazódnak. A faragott köveket az építéskor habarcsba ágyazták; az eltelt nyolc évszázad viharos szelei és a falra csapódó eső azonban a fűgákat kiüresítette. A nyíl a 20 cm hosszú mérőszalagot jelzi.

Figure 4. *Ashlars in the western, windward wall of the donjon are seemingly unsupported. However, their rear side is firmly embedded in Roman concrete, the cementing material of the several-meter-thick wall. Laid initially with mortar, westerly winds and rain have removed much of it throughout eight centuries. Arrow: measuring tape for scale, 20 cm long.*

Módszerek

Az EuroMED projekt (EuroMED Heritage II: *Defence systems on the Mediterranean coast*) keretében végzett geodéziai felmérés szolgáltatta az elsődleges építészeti rajzokat. Ezt a régészeti feltárás előrehaladásával egyidőben a SHAM-tag építészek folyamatosan kiegészítik és részletrajzokkal látják el (3., 5. és 8-10. ábra). A 2008. őszi ásatási szezonban az épületeken és a várfalakon látható különféle sérüléseket azonosítottuk és dokumentáltuk. Ezek közül a jelentősebbeket, azokat, amelyek egyértelműen földrengésekhez kapcsolhatók, a jelen cikkben mutatjuk be és értelmezzük. Az eltolódott vagy leomlott falrészleteket mérőszalaggal, kompasszal és építési dőlésmérővel mértük fel. A határoló felületek csapását és dőlését megmérve, a szerkezetföldtan szóhasználatát és értelmezési módszereit felhasználva mint vetőket értelmeztük. A hasonló térbeli helyzetű sérüléseket csoportokba soroltuk, amelyekhez – feltételezésünk szerint – csoportonként egyetlen feszültségirány, azaz egyetlen földrengés rendelhető. A régészeti datálás adja az egyes sérülések, vagyis a feszültségterek keletkezésének lehetséges korintervallumát. A korokhoz Sbeinati et al. (2005) földrengéskatalógusának segítségével rendeltük hozzá az egyes rengéseket (1. ábra, 1. táblázat).



5. ábra. Baloldalt: a lakótorony egy ék alakú darabja ~ 20 cm-t mozdult el 240° irányban. Jobbra: a lakótorony mai tetőszintjének régészeti felmérési rajzán szaggatott vonal határolja az ék alakú elmozdulás feltételezhető alakját. A szürke nyíl az elmozdulás irányát jelzi.

Figure 5. Left: A wedge-shaped block of donjon masonry wall moved toward 240° azimuth by ~ 20 cm. Right: Dashed line on archaeological plan of the top of donjon indicates estimated shape of displaced wedge. Gray arrow denotes direction of displacement.

A közvetlen és közvetett régészeti bizonyítékok időben lehatárolják a sérülések keletkezését. Közvetlen a bizonyíték, ha ismert építési korú épület sérül meg: a rongálódás föltétlenül az építés után történt (*terminus post quem* koradat). Közvetett

bizonyíték az, amikor pl. valamely ismert építési korú szomszédos épület nem visel hasonló irányú sérülésnyomot (*terminus ante quem* koradat). A közvetlen bizonyíték megbízható, a közvetett bizonyíték erejét csökkenti a lehetséges hibák nagy száma: a szomszédos épületet másfajta altalajra alapozták, más technológiával épült, más a szerkezete, és – a legfontosabb – más az önrezgésének frekvenciája.

Eredmények

A falazat

Margat várának falai a kereszties és a muzulmán korban egyaránt kétféle építési technológiával készültek: faragott kőből vagy az ún. római betonból. A rakott kőfalak gondosan derékszögűre, egyforma méretűre faragott tömbökből állnak. Habarccsal vagy anélkül rakták őket egymásra, fémkapcsok felhasználása nélkül. Ívek, ajtó- és ablakkeretek, dobozlőrészek és a védőfalak teteje készült ezzel a technikával.



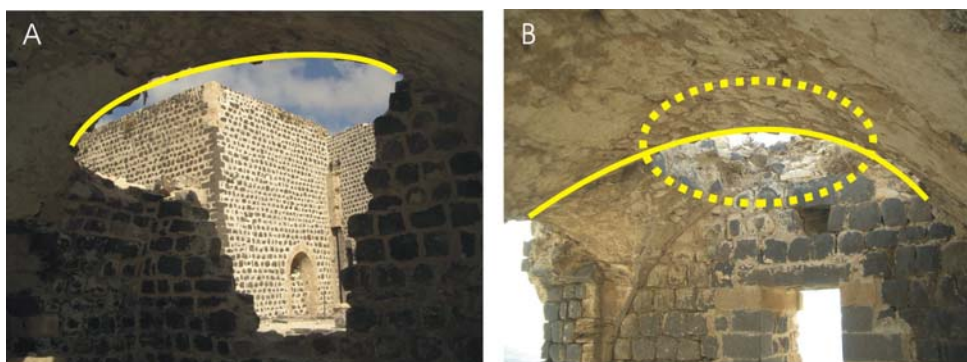
6. ábra. Egymásra merőleges falak ferdén leomlott sarka a lakótorony északnyugati oldalán. A sérülés egy 284° irányban $\sim 50^\circ$ -ban dőlő burkolófelülettel írható le. A csapást jelző vízszintes vonal magasságában az omlás ~ 3 m széles.

Figure 6. Failed corner of perpendicular walls at NW corner of the donjon. Approximated by a normal fault dipping $\sim 50^\circ$ to 284° NW direction. Failure is ~ 3 m wide at horizontal line.

A római beton, az *opus caementitium* (Lamprecht 2001) vagy óbeton (*ancient concrete*, Ferretti és Bažant 2006) homok, mész és kőtörmelék keveréke, melyet valamiféle zsaluzatba töltöttek; viselkedésében nagyon hasonlít a modern betonra. A rómaiak találták föl és a középkorban is még javában használták. Az *opus caementitium*ot gyakran kombinálták faragott kőfallal: két szélen kőtömbökből habarccsal egyrétegű falat

raktak: ez volt a zsaluzat, mely később a falat is védte az időjárás vozzontagságai és az ostromlók ellen, sőt esztétikai értéke is lehetett. A két fal között pedig kötőrmelékkel és kötőanyaggal töltötték ki. Ilyen módon akár több méter vastag falak is készültek, viszonylag olcsón és gyorsan (Ferretti és Bažant 2006; Mistler et al. 2006). A faragott kőfalnak nem volt érdemi szerepe a fal szilárdságában: Margatban a lakótorony szélnek és esőnek kitett nyugati oldalán a habarcs régesrég kimállott, a kőtömböket csak a római betonba ágyazott hátsó felük tartja a helyén (4. ábra). Falakat és boltíveket építettek ilyen módon, néhány deciméterestől akár öt méteres vastagságig.

Ez a többretegű építési technológia Margat falait rendkívül ellenállóvá tette, külön vasalás nélkül is. A földrengések hatásának elemzésekor a faragott kőfalakat diszkrét blokkokból állónak tekintik, míg a római beton-falat összeálló tömbnek. Numerikus modellezés esetén a római betont mint kis cementtartalmú portlandcement építményt kezelik (Ferretti & Bažant 2006). Még a római beton is tönkremehet az évszázadok folyamán kúszás és anyagfáradás miatt (így omlott le nemrégiben a paviai középkori campanile, Anzani et al. 1995, 2009), azonban a vár ostromai és a vizsgált időszak földrengései idején még minden bizonynal tökéletes állapotban volt.



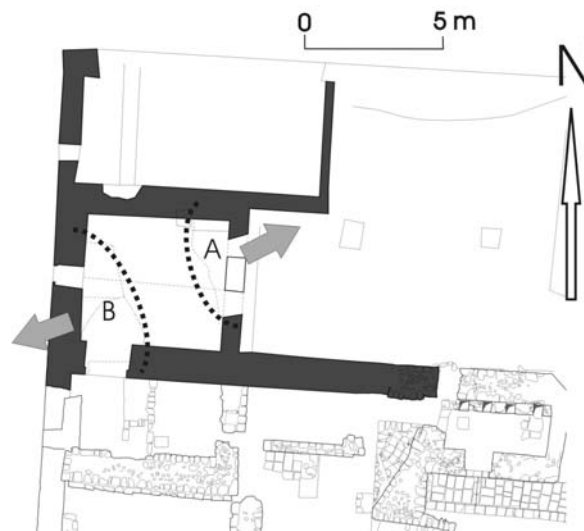
7. ábra. A D2 helyiség – a felső konyha – belülről nézve. Átellenes sarkaiban szimmetrikus omlások, melyeket északkelet-délnyugati rezgés okozott. (A) Az ÉK sarok omlása. A szaggatott vonallal jelölt burkológörbe szimmetriatengelye 50° irányba mutat. Az omlás 4 m széles. (B) A csak részben sérült DK sarok. A szaggatott vonallal jelölt, homorú törésvonal szimmetriatengelye 240° irányú. A törés két vége 4,5 m távolságban van egymástól. A boltozat kihullott darabját pontozott vonal jelöli.

Figure 7. Room D2, an upper kitchen, as seen from inside, bearing symmetrically arranged damages to opposite corners due to a NE-SW-oriented vibration. (A) Collapsed NE corner of room M3, concave fracture (light curve) facing 50° NE. Failure is 4 m wide. (B) Partially damaged SW corner of room M3, concave fracture (light curve of 4.5 m span) facing 240° SW. Fallen portion of damaged vault is encircled by dashed line.

*Sérülések**V-alakú sérülés*

A lakótorony délnyugati oldala látványos V-alakú kitüremkedést visel (5. ábra). Az 5×5 méteres, ékalakú faldarab határoló felületei a fal belső oldalán nem láthatóak: összezárulnak az emeleti lakótér boltívének tömegében. Feltehető, hogy ha a faldarab elmozdulása nem áll meg, akkor ma egy ékalakú mélyedést látnánk a torony tetején.

Az elmozdulás 240° irányban történt; mértéke nem haladta meg a 20 cm-t.



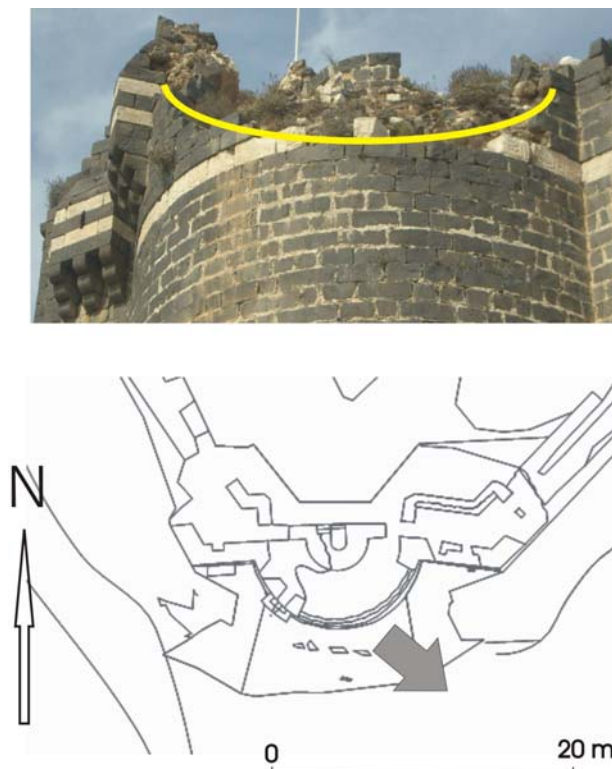
8. ábra. A D2 helyiség alaprajza. Az átellenes sarkok töréseit pontozott vonal jelöli. A és B fényképe a 7. ábrán látható. A nyilak az extenzió ~50°–240° irányát jelölik. Ez hasonló a lakótorony V-alakú omlásának irányához.

Figure 8. Plan of room D2. Outline of symmetrical failures is indicated by dotted lines. Letters A and B correspond to failures shown on Figure 7. Arrows indicate 50°–240° extension direction, similar to the azimuth of the V-shaped failure of the donjon.

Falsarok omlása

A lakótorony északnyugati sarkán derékszögben csatlakozó falszakaszok omlottak le. Az omlás gyengeségi ponton történt, ott, ahol mindkét fal sarok felőli vége szabadon, megtámasztás nélkül állt. Az omlás ferde burkolófelülettel jellemezhető, melynek csapása és dőlése a szerkezetföldtanban használatos módon jelölhető és írható le (6. ábra). Az omlás pontos irányára sajnos, nincsen adatunk (a leomlott tömböket már évszázadokkal ezelőtt eltakarították), ezért egyszerű normálvetőként

értelmezzük. Hasonló omlásokat mutatnak be Galadini és munkatársai (2006, 2a ábra), Penazzi és társai (2001, 1. ábra), valamint Tomažević és Lutman (2007, 7. ábra).



9. ábra. Szimmetrikus, tál-alakú sérülés a mameluk-kori torony DK oldalán. A torony felső, mindössze 140 cm széles rakott kőfala és >3 m vastag, római beton főfala együtt omlott le 130° irányban (a térképen szürke nyíl): A fénykép bal felső oldalán látható a két dobozlórés.

Figure 9. Symmetrical, scoop-like damage affecting top of Mamluk tower facing toward 130° SE. Both upper, thin (140 cm) and lower, thick (>3 m) portions of wall collapsed toward SE (arrow). Two box machicolations are visible on top left.

Átellenes falsarkok szimmetrikus omlása

A D2 helyiség a vár konyhájának a tetejére épült. Egyetlenként maradt fenn egy többszobás helyiségrendszerből. Feltehetően egy második, kisebb konyha volt. Vastag (66 cm-es, ill. 104 cm-es) falai dongaboltozatot hordanak. Az átellenes, délnyugati és északkeleti sarkok szimmetrikusan elhelyezkedő, analóg sérüléseket viselnek (7–8. ábra). Mindkét sarkon kifelé homorú törésfelület jött létre. Az északkeleti falsarok teljesen leomlott, és vele omlott a boltív határos része (7A ábra). A homorú törés a délnyugati sarokban is kialakult, azonban az omlás nem teljes: mindössze a

boltozatnak egy 2×1 méteres, központi darabja hullott a helyiségbe. Ezt a lyukat a homorú törés két szára köti a szomszédos falakhoz. Ha folytatódott volna a sérülés fejlődése, az északkeleti sarokhoz szimmetrikusan hasonló omlás jött volna létre (7B. ábra).

U-alakú sérülés

A külső védőfal déli saroktornya, amely Qalávún szultán sikeres ostroma után épült, egy fölfelé homorú sérülést visel. A sérülés harántolja a torony római betonból készült alsó falát és a felső, rakott kőfalat egyaránt (9. ábra).

Hasonlóan széles, de szélességéhez képest sekély omlást mutat be Martini (1996) Pompejiben. Ez viszonylag vékony falon keletkezik (Lourenço et al. 2007, ábra), mely fal mindkét végén meg van támasztva rá merőleges falakkal. Ilyen sérüléseket írtak le többek között Similox-Tohon és társai (2006, 5d ábra, 2007, 5d ábra), valamint Sintubin és Stewart (2008, 12b ábra).

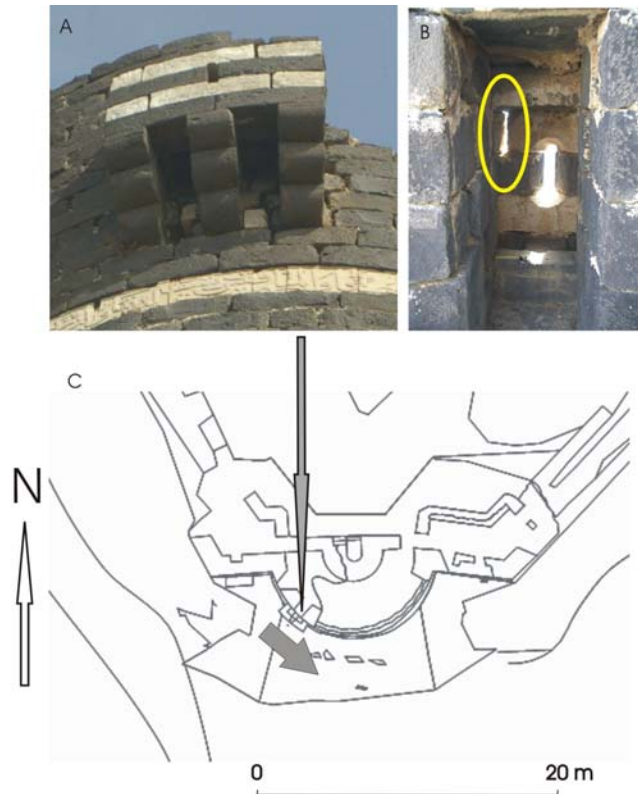
Elmozdult kváderek

Sokféle elcsúszott és elfordult építőkö látható Margat várában. A 10. ábra egy, a fal síkjában történt elmozdulást mutat. A fal tetejére épített dobozlőrés – az alján levő nyílásból forró vizet, olajat, égő szurkot lehetett az ostromlókra önteni – habarcs nélkül rakott kövei a fal síkjával párhuzamosan elcsúsztak. Tíz cm-t is elérő rések jöttek létre a szomszédos kváderek között. Ezt a jelenséget még az egyébként mindig kételkedő Ambraseys (2006, p. 1010) is elfogadja földrengéses eredetűnek. Hasonlóan felnyílt réseket mutatnak be Sintubin és társai (2003, 5a ábra), valamint Marco (2008, 2F ábra). A jelenséget Vasconcelos et al. (2007, 7. ábra) kísérleti úton, rázóasztalon is létrehozta.

Számos más, feltehetően földrengés-okozta sérülést figyeltünk meg Margat várában (Kázmér 2008): boltívek lecsúszott zárókövei, fallal párhuzamos és arra merőleges sérülések, elcsavart falak, elfordult és elcsúszott blokkok stb. Ezeket további tanulmányokban kívánjuk feldolgozni.

Az altalaj

Margat várát és a *suburbiumot* egyaránt több méter vastag, pliocén korú, hólyagos bazaltlávára építették (11. ábra). Ez a kőzet természetszerűleg nem hajlamos elfolyósodásra, még a legnagyobb földrengések esetén sem. Nem szenved kompaktiót, még változó talajvízszint esetén sem (ezek Ambraseys [2006] kritériumai a földrengésálló altalajra).



10. ábra. (A) A dobozlőrés és a környező falszakasz a fal síkjával párhuzamosan 120° irányban nyúlt meg. A felső 12 sorában a kváderek önmagukkal párhuzamosan a fal síkjában elcsúsztak. A fehér kősorban különösen széles hézagok keletkeztek. A legalsó fehér kősor kváderei azonban egyáltalán nem mozdultak el egymáshoz képest. Ez a különbség a földrengés-okozta deformáció fényes bizonyítéka. A dobozlőrés ~ 2 m széles. (B) Ugyanaz a dobozlőrés belülről. A középen látható megfigyelő nyílás mellett, bal oldalon látható egy 10 cm széles, a kváderek elcsúszása okozta rés (bekarikázva), a fal síkjával párhuzamos rezgés bizonyítéka. A tágulás a dobozlőrés homlokzatával volt párhuzamos ($120\text{--}300^\circ$ azimut). A dobozlőrés bejárata 70 cm széles. (C) A félkör alakú mameluk-kori torony a vár déli csücskében. A vékony nyíl mutatja az extenziót szenvedett dobozlőrést. A széles nyíl az extenzió irányát jelzi.

Figure 10. (A) Battlement with box machicolation suffered in-plane extension in 120° SE direction due to extension of the supporting wall. The upper 12 rows of ashlars have been displaced. Gaps between ashlars of the white stone are particularly wide, while blocks of the lowermost white row are still adjacent to each other. This is considered to be hard evidence for vibrations affecting the top of the Mamluk tower. Box is ~ 2 m wide. (B) Same box machicolation viewed from inside. Besides the observation slot in the center, there is a 10-cm wide gap between adjoining ashlars on the left (encircled), testifying to in-plane shaking. Extension is parallel with box machicolation face, in $120\text{--}300^\circ$ SE-NW azimuth. Walk is 70 m wide. (C) Location of the semicircular Mamluk tower within the southern part of the citadel. Thin arrow points to the box machicolation that underwent extension. Wide gray arrow indicates direction of extension.



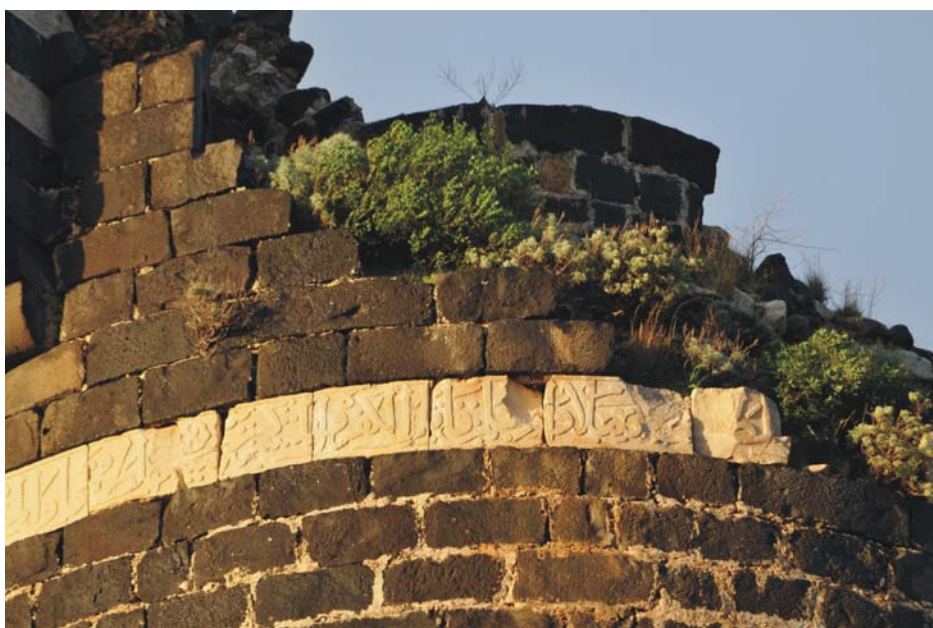
11. ábra. A keresztés-kori lakótorony (kerek torony a háttérben, részben takarva) és a később, a mamlúk dinasztiához tartozó Qalávún szultán által, az 1285-ös sikeres ostrom után építtetett torony, a jellegzetes, feliratos fehér kőszorral. Mindkét épületet pliocén korú, hólyagos bazaltlávára alapozták (feltárása a glacis két oldalán bekarikázva). A Qalávún-torony saroktól sarokig 20 m széles.

Figure 11. Crusader donjon (round tower partly hidden in background) and a later addition, Muslim southern tower built by Sultan Qalawun after his successful siege in 1285, bearing a row of white ashlars in the foreground. Both were firmly erected on several-meter-thick, unweathered vesicular basalt lava flow of Pliocene age (encircled), as seen on both sides of the glacis (inclined wall). Muslim tower is 20 m wide from corner to corner.

A puskapor előtti hadviselés legnagyobb kárt okozó fegyverei az ostromgépek (hajítógépek) voltak, melyek akár több száz kg-os kőgolyókat is dobtak az ellenséges vár falaira és tetőzetére. Azonban a lakótoronynak az ostromlók megközelítési útvonalára néző déli falán, a lőirányban csak kisebb, 10 cm-es, kagylós törésű sérülések láthatók, melyeket a becsapódó lövedékek okozhattak (nem szükségszerűen a hajítógépek korában).

A leghatékonyabb ostrom-módszer, az aknázás, a megtámadott falak leomlását okozta. Így vette be Qalávún szultán Margatot 1285-ben. A leomlasztott déli saroktoronynál azonban nem sikerült az akna nyomát felismernünk. (Az aknázásnak, mint a gravitáció által segített ostromlási módszernek a nyomai természetesen jellegzetesen különböznek a földrengések vibrációja okozta sérülésektől.)

Számos sérülés leggyakoribb oka, az építési hibák figyelmen kívül hagyhatók ez esetben. Margat várának déli, fennmaradt részét vizsgálva megállapítható, hogy a habarcs még mindig kőkemény a leomlott falrészletekben. Az esetleges süllyedés – márcsak a kiválóan teherbíró altalaj miatt is – kizárható. Következtetésünk az, hogy a vizsgált sérülések nem alapozási problémák miatt jöttek létre; azok szeizmikus eredete fölöttébb valószínű.



12. ábra. Arab felirat a déli saroktoronyon: „Ezt a jól védett erődöt Kalaun szultán vette be és ezt a tornyot újjépíttette a [Hidzsra szerinti] 684. évben. A munkát Balaban al-Manszuri vezetése alatt végezték.” Max van Berchem olvasata (*Voyage en Syrie*, p. 303) a 20. század elején (fide Deschamps, 1973, p. 273).

Figure 12. Portion of an Arabic inscription on the southern tower bearing the name of Sultan Qalawun, who conquered Al-Marqab in A.D. 1285. The full text says “This well-guarded fortress has been conquered and this tower rebuilt by Sultan Qalawun in months of the year [H.] 684. This work was executed under the direction of Balaban al-Mansuri,” as read and published by Max van Berchem in his Voyage en Syrie, on p. 303 in the early twentieth century (fide Deschamps, 1973, p. 273).

A sérülések datálása

A margati várban 2007-ben megkezdett kutatási program keretében végzett építészeti periodizációs munka elkészült a belsővár területének relatív kronológiájával. A relatíve rövid intervallumon belüli többszörösen egymásra települő, sokszorosán bolygatott régészeti rétegek viszonylag kevés pontos datálási támpontot adnak. A

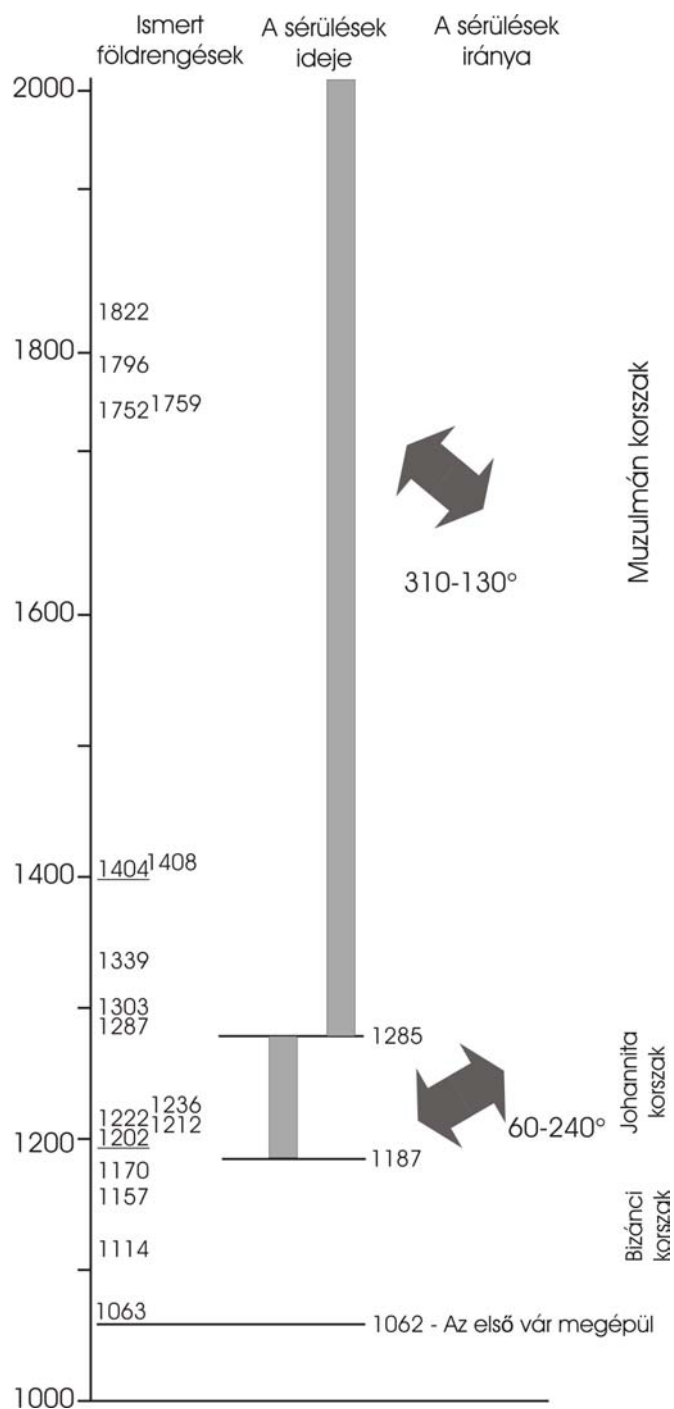
relatív kronológia (amit Galadini és társai 2006-ban régészeti sztratigráfiának neveztek) mindenesetre eléggé kézenfekvően vonatkoztatható a jelen tanulmányban szereplő épületekre. A muszlim időszakban emelt épületek némelyike ezzel szemben egészen pontosan datált építési feliratokat is tartalmaz. A legjobb példa erre a vár Qalávún által emelt új déli saroktornya, amelyből kiderül, hogy a monumentális építmény még 1285-ben elkészült. (12. ábra).

A kereszties kor egyik leglátványosabb épületelemének a Qalávún féle déli saroktorony fölé magasodó központi lakótoronynak a datálása már összetettebb kérdés. A stilisztikai jegyei alapján a 12-13. század fordulójának nagy francia lakótornyaival rokon vonásokat mutató tornyot az építészeti periodizáció alapján a második nagy johannita építési hullámban épült egyik utolsó elemnek kell tekintenünk.

A lakótorony 1187-et közvetlenül követő dátuma és a déli, muzulmán építésű torony 1285-ös felirata adja a földrengés-okozta sérülések datálásának kereteit.

13. ábra. A jelentősebb, földrengés-okozta sérülések datálása Margat várában. Az ismert földrengéseket SBEINATI et al. (2005) után adjuk. A legpusztítóbb rengéseket aláhúzás jelöli. Kettős nyilak jelzik a sérülések térbeli helyzete alapján számított rezgésirányokat. Elkülöníthető egy korábbi, 60° – 240° irányú rengés, mely a lakótorony V-alakú sérülését és az M3 helyiség szimmetrikus omlását okozta (7–8. ábra). Ez valószínűleg az 1202. május 20-i földrengés volt. A későbbi, 310° – 130° irányú rezgés okozta a Qalávún-torony omlását és a dobozlorés extenzióját (9. ábra). Ennek időpontja valamikor 1285 utáni; esetleg az 1404-es és/vagy az 1408-as földrengésre gondolhatunk.

Figure 13. Dating of major earthquake damages in the history of al-Marqab citadel. Known earthquakes are listed after SBEINATI et al. (2005); most damaging seismic events are underlined. Double arrows refer to vibration directions as calculated from orientation of failures. These display an earlier, 60° – 240° direction as shown by V-shaped extrusion of the donjon and symmetrical extensional failure of room M3 (Figs. 7–8). This is probably due to the 20 May 1202 earthquake. The later, 310° – 130° -directed vibration is seen on the southern tower, built during the Muslim period (Fig. 9). It occurred any time after 1287 and may be correlated to the 1404 (and/or 1408?) earthquake.



Diszkusszió

A sérülések mechanizmusa Az épületek földrengés okozta közvetett károsodását az általaj rezgése okozza. Ha a rezgés frekvenciája közel van az épület sajátfrekvenciájához, akkor gerjesztés lép fel, a károsodás átfogó lesz és az épület összeomlik. Ha a kétféle frekvencia erősen különbözik, az építmény túléli a rengést, esetleg sértetlenül. Ennek szép példája a franciaországi Nîmes közelében, a Pont du Gard római-kori vízvezeték magas és alacsony részének esete: a 40 méter magas híd sértetlenül megmaradt, az 7 méteres pedig összedőlt egy ókori rengés nyomán (Volant et al. 2009). Ez jelenség is hozzájárulhatott ahhoz, hogy Margatban az alacsonyabb termek (pl. a káptalanterem) összeomlottak (Buzás 2010), míg a magas építmények: a kápolna, a lakótorony sértetlenül vészelték át az elmúlt nyolcszáz év valamennyi földrengését.

A lakótorony 20 m átmérőjű, jelen állapotában 24 m magas. Öt méter vastagságot is elérnek falai. A magasság /vastagság arány $h/t = 5$; ez rendkívül erős és rengésálló építménynek számít (Lourenço et al., 2007). Az Eurocode 8-as szabályzat maximum $h/t = 9$ értéket enged meg rengésálló épületek esetén (Anonymus 2003). A fal / alapterület arány (*in-plan area ratio*) (Lourenço és Roque 2006) 57%; ez is túlméretezett érték bármilyen rezonancia esetére. Az Eurocode 8 mindössze 5–6%-ot ajánl közönséges építményekre. Régi kőépületek esetén pedig legalább 10% ajánlott (Meli 1998). A terület / tömeg aránya (Lourenço & Roque 2006) $10,4 \text{ m}^2 / \text{MN}$, vagyis több mint $8\times$ nagyobb az ajánlottnál (Meli 1998). Az egyszerűség kedvéért nagy szeizmicitásúnak tekintjük azt a területet, ahol a mértékadó talajgyorsulás szálkőzetre meghaladja a $0,2 g$ -t.

Hinzen (2005) szeizmológiai modellezést végzett a római-kori Tolbiacum (Németország) városfalának egyik kisebb tornyára (8,3 m átmérő, 8 m magasság, 3,1 m-ig terjedő falvastagság). Azt kapta, hogy $M > 6,4$ -es rengés esetén (EMS98: IX-es intenzitás) a torony teteje 0,12 m vízszintes és 0,06 m függőleges kitérést végez. A margati lakótorony (5. ábra) deformációja hasonló nagyságrendű lehetett a földrengés idején. A 0,06 m-es függőleges kitérés több mint elegendő volt a Qalávún-torony kváderkövei között a súrlódás csökkentésére, miközben a dobozlőrés és a környező várfal extenziója folyt a rengés idején.

Hány földrengés volt?

A szír földrengési katalógus (Sbeinati et al. 2005) számos romboló földrengést sorol föl Szíria tengerparti régiójából. Margat nevét több tucatnyi leírás említi. Feltehető, hogy többségük értékelhető sérüléseket okozott a várban. A lakótorony és a Qalávún-torony a vár legerősebb részei közé tartozik, ezért feltehető, hogy csak a legmagasabb intenzitású rengések okozhattak kárt bennük (1. táblázat).

Az első földrengés a V-alakú elmozdulást hozta létre a lakótorony felső szintjén (60°-240° irányú rezgés). Ez a rengés 1187 után, de 1285 előtt következett be: miután a johanniták birtokába jutott a vár, de mielőtt még Qalávún szultán elfoglalta volna. Az 1202-es rengés tűnik a legvalószínűbb oknak, már csak azért is, mert ez volt a Közel-Kelet legnagyobb rengése (1. táblázat).

A második rengés az 1285-ben épült Qalávún-torony U-alakú sérülését okozta. A falak omlása, ill. síkbeli extenziója és a dobozlőrés extenziója egyaránt 120–300° irányban történt. Itt csak *terminus post quem* datálást adhatunk: az esemény 1285 után, a vár muszlim periódusában kellett történi. Megállapíthatjuk, hogy a második földrengés relatív intenzitása kisebb volt az 1202-es rengésénél, hiszen semmiféle látható sérülést nem okozott a lakótoronyon.

A sérülések irányítotttsága és az epicentrum iránya között általában nehéz összefüggést megállapítani. Arra azért felhívjuk a figyelmet, hogy Ambraseys és Melville (1988) alapvető munkája szerint az 1202-es földrengés epicentruma Margattól délre, a Bekaa-völgyben volt, míg valamennyi rákövetkező nagyobb rengés epicentruma északon, Aleppó környékén (1. ábra).

Az 1202-es rengés

Az 1202-es földrengést, melyről számos tanulmány szól (pl. Ambraseys és Melville 1988; Ellenblum et al. 1998; Kovacs és Nur 2006), hagyományosan a Közel-Kelet legpusztítóbb rengésének tartják. Ennek ellenére számos, eddig nem diszkutált probléma nehezíti a tisztánlátást a datálást, az intenzitást, az epicentrum helyét és a magnitúdót illetően. Az alábbiakban ezekre egyenként kitérünk.

Időpont

Két kortárs latin nyelvű forrás keletkezett napokkal a rengés után. Arról tudósítanak, hogy nagy földrengés pusztított a Közel-Kelet akkor keresztény uralom alatt álló területein – Margatban is –, 1202. május 20-án, egy hétfői napon, hajnalban. Geoffrey de Donjon, a johannita lovagrend nagymestere VII. Sanchónak, Navarra királyának azt írta, hogy „Margat is erősen megsérült, de még tartani tudja magát az ellenséges betörések ellenében, ha nem lesznek további rengések” (Mayer 1972, p. 303).

Plessis-i Fülöp, a templomosok nagymestere, közel ugyanabban az időben írta levelét, mint Geoffrey, az 1201. november 1 és 1202 június 2 közötti történeti és környezeti eseményekről és ő is 1202. május 20-ára tette a rengést. Érthető módon nem említette az ispotályosokhoz tartozó margati várat, de leírta az egyebütti esett károkat (Mayer 1972).

Sokkal több arab történetíró emlékezik meg a hidzsra 597. évének sha'bán havában történt hatalmas károkról Egyiptomtól Szíriáig és tovább északra. Valamennyien a kortárs Ibn al-Athírt (1999, v. X, p. 181) és Ibn al-Jawzít (1952, pp. 477–478) idézik vagy másolják. A két szerző egybehangzó állítása szerint hatalmas földrengés pusztított a Közel-Keleten Egyiptomtól Szíriáig és tovább észak felé a hidzsra 597. évének sha'bán havában. Ez a dátum megfelel a 1201. év május 7-től június 4-ig terjedő időszaknak. Egyikük sem említi földrengést H. 598-ban, vagyis 1202-ben. Minthogy H. 597 sha'bán hava tartalmazza a kortárs latin források május 20-i időpontját, még ha egy évvel eltolódva is, bizvást megállapíthatjuk, hogy csak egyetlen hatalmas földrengés volt az 1201–1202-es években. Az arab történetírók – akik alighanem évekkel, ha nem évtizedekkel később írták művüket – egyévnvi tévesztése tovább öröklődött a későbbi munkákban. Sbeinati és társa szeizmikus katalógusa (2005, pp. 389–391) az 1201-es és az 1202-es évet egyaránt említi, mindkettőt az 1202. május 20-i esemény alá besorolva. Ambraseys és Melville (1988) alapvető tanulmányban tárgyalja az eseményt.

Ezt a gondolatmenetet követve kizárhatjuk, hogy történeti forrásaink két, egymásra következő földrengést összeolvasztottak volna (*amalgamation*: Ambraseys 2005b). Az arab források további datálási problémáiról részletesen megemlékezik Ambraseys és Melville (1988).

Intenzitás

Ambraseys és Melville (1988) VII-es MSK intenzitást számított Margatra a történeti források (Geoffrey de Donjon levele és al-Jawzí krónikája) alapján. Sekélyfészű, nagy magnitúdójú, többszörös rengésként írták le, sok utórengéssel és szökőárral. A módosított Mercalli-skálán mért VII-es intenzitást tartják a régészeti lelőhelyek roncsolódása alsó határértékének (Kovach & Nur 2006). Feltételezzük, hogy a margati várban észlelt sérülések 1202-es létrejöttéhez nagyobb intenzitás szükséges. A lakótorony a maga 5 m-es falaival mindenképpen sokkal inkább földrengésálló építmény, mint egy közönséges városi lakóház vagy akár palota. Minthogy a lakótorony csak egyetlen – 1187 és 1285 közötti – rengés látványos nyomát őrzi, véleményünk szerint Margatban az 1202-es rengés VIII–IX-es intenzitású volt (Rapp 1986, I. táblázata alapján). A legalább VIII-as intenzitást alátámasztja Geoffrey de Donjon levele, amelyben azt írja, hogy bár Margat erősen megrongálódott, azért ellen tud állni az ellenséges támadásoknak. A lakótorony – mely tehát katonai szempontból nem sérült –, a várhegy déli sarkában található, ahol a déli irányból érkező támadások ellen védte a vár többi részét.

A rengés intenzitásának javasolt növelése Geoffroy de Donjon állításán alapul, aki azt írja levelében, hogy Margat erősen megrongálódott; ez az állítás azonban kellőképpen bizonytalan. A lakótorony rendkívül rengésálló építmény (lásd feljebb). Az, hogy jelentősebb sérülést szenvedett, mint pl. a V-alakú ék kipréselődése, arra utal, hogy a roncsolódások mértéke biztosan nagyobb volt, minthogy „néhány kőfal leomlott” (Rapp 1986). Az intenzitást $M_M = IX$ -re értékelni azonban talán túlzott; eddig nem találtunk olyan épületet, amely elmozdult volna alapzatáról.

A 2007-es év feltárásai a belső vár nyugati falsíkja mentén azonosították a johannita káptalanterem maradványait. (Buzás 2010) A $37,2 \times 18,6$ m alapterületű hatalmas csarnok maradványai közt nyitott ásatási szelvényben a káptalanterem padlója alatt egy azt megelőző de már a johannita birtokbavétel utáni terem visszabontott alapfalai is előkerültek. A lelőhely régészeti kontextusa és az egykori építmények faragott kőanyagának részletes tanulmányozása arra utalt, hogy az újonnan azonosított káptalanterem alatt annak elődjét sikerült feltárni. A korai káptalan maga is impozáns méretekkkel bírt és egészen biztosan bőséges teret biztosított a relatíve kisszámú lovag rendszeres gyűléseinek és önkéntes lebontását már csak hasonló esetek hiánya miatt sem tarthatjuk valószínűnek. Az első káptalanterem pusztulását és a nagyobb méretű csarnok felépítését viszont jó eséllyel köthetjük két fontos 13. század eleji eseményhez. A kecses és merészen széles fesztávú íveken nyugvó tetőszerkezetű első káptalantermet az 1202-es földrengés könnyűszerrel dönthette romba. Az új káptalanterem grandiózusabb méretére pedig elég indokot szolgáltathatott a nemsokára megrendezésre kerülő rendi nagykáptalan, ahol a várban szolgáló lovagi létszám többszörösét kellett egy légtérben elhelyezni a tanácskozások időtartamára. Az új csarnok felépítésére ez esetben nem volt túl sok idő s a munka sietős voltára utal a második káptalanterem maradványainak a vár más részeihez képest gyengébb kivitelezése.

Epicentrum

Az epicentrum – illetve egy hosszú törés, mint a rengés forrása – kirajzolódik a történeti források kárjelentése és az intenzitás-értékek térképre vitele után (Ambraseys & Melville 1988; Kovach & Nur 2006). A legerősebben megrázott zóna a Holt-tengeri-törés mentén a déli Nablusztól az északi Arkáig terjed, $M_M = VIII+$ és $M_M = IX$ -es intenzitással (Ambraseys & Melville 1988). Térképünk arra utal, hogy a holt-tengeri transzform törés balos eltolódása okozta a rengést. A Felső-Jordán menti szektor legalább 1,6 m balos elmozdulást szenvedett (Ellenblum et al. 1998). Az epicentrum a $34,1^\circ$ É.sz., $36,1^\circ$ K.h-ra esik (Ambraseys, 2009). A Baalbek közelében, a Libanon-hegységben történt földcsuszamlás és sziklaomlás (Sibt Ibn al-Jawzī, *Mir'āt*, 478), valamint a Yammouna-törésvonal – a Holt-tengeri-törésből kiágazó vető – megárokolása és az elvetett üledékek ^{14}C kora arra utal, hogy ez utóbbi törés aktív volt 1202-ben, de azóta sohasem (Daëron et al. 2005).

Zavaró körülmény, hogy a Sibte Ibn al-Jawzī által említett szökőár, mely Ciprus keleti részén pusztított, tengeralatti rengésre utal, akár önmagában, akár a szárazföldi rengésekhez kapcsolódóan. (Sibte Ibn al-Jawzī, *Mir'at*, 478) A Yammouna-törés és kapcsolt részei nem egészen 50 km-re vannak a Libanon-hegységet magasba emelő tengeralatti feltolódásoktól (Elias et al. 2003). Az ellentmondás feloldására több alternatívát látunk. (1) A Holt-tengeri-törés mentén nagyobb eltolódás volt, amely tengeralatti törésekhez is kapcsolódott, és a Ciprust elérő szökőarat keltette. Hasonló esemény játszódott le Kr. u. 551-ben, amikor is a Bejrút-Tripoli földrengés keltett cunamit a libanoni partvidéken alatt (Elias et al. 2007). Szerintünk ez a legvalószínűbb eset.

Nem zárható ki a (2) második eset, amelynek magyarázatához a megemelt intenzitáson kívül felhasználjuk a lakótorony sérülésének irányát is. A 240°-os azimut megengedi azt a feltételezést, hogy a Margattól keletre elterülő Anszárijja-hegység alatti sekély feltolódás a tenger alatt éri el a felszínt. Ez megenged egy lokális földrengéshatást, és kisebb magnitúdót a MM = VIII+ és MM = IX intenzitáshoz.

Egy (3) harmadik alternatíva szerint egy földrengés-keltette tengeralatti földcsuszamlás váltotta ki a szökőárt.

Megjegyzések az 1. táblázathoz. Q – az epicentrum helymeghatározásának minősége: 0 – legrosszabb, 3 – legjobb.
Ms – egyenértékű felületi hullám magnitúdó, ahol 5 a kis esemény ($5.0 \leq Ms \leq 6.0$), 6 a közepes esemény ($6.0 \leq Ms \leq 7.0$), és 7 a nagy esemény ($7.0 \leq Ms \leq 8.0$).
E – a maximális rombolás mértéke, ahol D – lakóházak és középületek pusztulása, R – romboló földrengés nagy károkkal és emberáldozatokkal.
CY – Ciprus, **GR** – Görögország, **IS** – Izrael, **JO** – Jordánia, **LE** – Libanon, **SY** – Szíria, **TR** – Törökország
 Notes. **Q** – quality of epicentre localization, where 0 is worst and 3 is best.
Ms – equivalent surface wave magnitude, where 5 stands for small event $5.0 \leq Ms \leq 6.0$, 6 stands for $6.0 \leq Ms \leq 7.0$, and 7 stands for $7.0 \leq Ms \leq 8.0$.
E – maximum effects reported, where D stands for damaging to dwellings and public buildings, R stands for destructive earthquake causing great damage and the loss of life.
CY – Cyprus, **GR** – Greece, **IS** – Israel, **JO** – Jordan, **LE** – Lebanon, **SY** – Syria, **TR** – Turkey

1. táblázat. A Margat várát sújtott földrengések (AMBRASEYS, 2009 után, módosítva)
 Table 1. Historical earthquakes reported or suspected to affect Al-Marqab citadel (Modified after AMBRASEYS, 2009)

| Év Year | Hónap Month | Nap Day | É. sz. N lat | K. h. East long. | Quality of epicentre localization | Ms magnitude | Rombc ás Effects | Helyszín Site | Ország Region | Kor Age | Adat Damage | Hivatkozás Reference |
|------------|----------------|------------|-----------------------|---------------------------|--|-----------------|------------------------|--|------------------|--|--|--|
| 1114 | 11 | 29 | 37.5 | 37.2 | 3 | 7 | R | Antiochia, Maras | TR | | Nincs forrás | SBEINATI et al. (2005: 369-370), AMBRASEYS (2009) |
| 1157 | 8 | 12 | 35.3 | 36.4 | 3 | 7 | R | Apamea | SY | Ispotályos kor előtti Pre-Hospitalier period | No source on damage | GUIDOBONI et al. (2004), SBEINATI et al. (2005: 371-373), AMBRASEYS (2009) |
| 1170 | 6 | 29 | 34.7 | 36.4 | 2 | 7 | R | Saizar | SY | | | SBEINATI et al. (2005: 373-374), AMBRASEYS (2009) |
| 1202 | 5 | 20 | 34.1 | 36.1 | 3 | 7 | R | Baalbek | SY | Ispotályos kor Hospitalier period | Kortárs leírás Conte mporary description | AMBRASEYS & MELVILLE (1988), DAERON et al. (2005), SBEINATI et al. (2005: 381, 389-391), AMBRASEYS (2009) |
| 1212 | 5 | 1 | 30.0 | 35.0 | 3 | 7 | D | W Araba | JO | | | SIEBERG (1932), AMBRASEYS (2009) |
| 1222 | 5 | 11 | 34.5 | 32.5 | 2 | 6 | D | Cyprus | CY | | | SIEBERG (1932), AMBRASEYS (2009) |
| 1236 | | | | | | | | N Syria | SY- TR | | Nincs forrás | SIEBERG (1932) |
| 1287 | 3 | 21 | 35.3 | 36.2 | 2 | 6 | D | Latakia | SY | | No source on damage | SBEINATI et al. (2005: 374), AMBRASEYS (2009) |
| 1303 | 8 | 8 | 35.0 | 28.0 | 3 | 8? | D | Crete - Rhodes Kréta - Rodosz | GR | Muzulmán (mameluk) kor | | GUIDOBONI & COMASTRI (1997), SBEINATI et al. (2005: 391), AMBRASEYS (2009) |
| 1339 | | | | | | | D | Tripoli | LE | Muslim (Mamluk) kor | | SBEINATI et al. (2005: 391) |
| 1404 | 2 | 20 | 35.2 | 36.4 | 2 | 6 | D | Aleppo | SY | | Leírás Damage described | SBEINATI et al. (2005: 381, 392) AMBRASEYS (2009) |
| 1752 | 7 | 21 | | | | | D | Lattakia | SY | | Valószínű rengések | SBEINATI et al. (2005: 396) AMBRASEYS and BARAZANGI (1989), DAERON et al. (2005), SBEINATI et al. (2005: 396-397), AMBRASEYS (2009) |
| 1759 | 10 | 30 | 33.1 | 35.6 | 3 | 6 | R | Ssafed | IS | Muzulmán (ottomán) kor | Probabilly damage | AMBRASEYS & BARAZANGI (1989), SBEINATI et al. (2005: 397), AMBRASEYS (2009) |
| 1759 | 11 | 25 | 33.7 | 35.9 | 3 | 7 | R | Litani, Bekaa | LE | Muslim (Ottoman) period | Leírás Damage described | SBEINATI et al. (2005: 382, 398), AMBRASEYS (2009) |
| 1796 | 4 | 26 | 35.5 | 36.0 | 3 | 6 | R | Latakia | SY | | | SBEINATI et al. (2005: 376-380, 382), AMBRASEYS (2009) |
| 1822 | 8 | 13 | 36.7 | 36.8 | 3 | 7 | R | SE Anatolia | TR | | | SBEINATI et al. (2005: 376-380, 382), AMBRASEYS (2009) |

Magnitúdó

Az 1202-es földrengést Ambraseys & Melville (1988) 7.5-ös magnitúdójúnak tartja. A megrázott vidék módosított VII-es Mercalli intenzitással megrázott területe (ez a legtöbb régészeti lelőhely rongálódási határ-intenzitása) kb. 60.000 km² (Kovach & Nur 2006). A magnitúdó–intenzitás területe összefüggést bemutató diagram 7,8-as magnitúdójú rengést is megenged VII-es intenzitás esetén. Kovach & Nur (2006) 3. ábrája ~60.000 km²-t ad meg erre, míg a 2. ábrán mindössze 20.000 km²-t vesz számításba a 7,6-os megnitúdó leolvasásakor. A nagyobb, 7,8-as érték nem tűnik valósnak: 400 km hosszú törés megmozdulása (*coseismic fault rupture*) tartoznék hozzá (Meghraoui 2010 szíves személyes közlése). Ha viszont elfogadjuk, hogy Margatot legalább VII+, de esetleg VIII-as intenzitású rengés rázta meg, akkor a VII-es intenzitással megrázott terület jelentősen nagyobb lesz, mint amit Kovach & Nur (2006) körülhatárolt. A VII-es intenzitás területének ~50 km-es északi irányú kiterjesztése a megrázott területet 70.000 km²-re növeli, mely a számított magnitúdót 7.9-re emelné. Nem szabad azonban elfelejtenünk, hogy a magnitúdó és a megrázott terület nagysága közötti korreláció nagyon gyenge!

Következtetések

Két jelentős, egymásra következő földrengés nyomait ismertük fel és írtuk le Margat várában. A datálást történelmi dokumentumok és régészeti kormeghatározás alapján végeztük. Az első szeizmikus esemény ÉK-DNy irányú rezgése megrongálta a lakótornyot és a D2 sz. helyiséget. A rengés 1187 és 1285 között zajlott le; az 1202-es földrengéssel azonosítottuk. A második esemény rezgése ÉNy-DK irányban zajlott le. Megrongálta a déli, mamlúk kori saroktornyot és a lakótorony ÉNy-i sarkát. Ez kisebb intenzitású rengés volt, mint az 1202-es; 1285, a muszlim foglалás éve után történt. Sbeinati et al. (2005) földrengéskatalógusából talán az 1404-es és az 1759-es földrengés kapcsolható ide.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki Borosházi Tamás építésznek, a Szíriai-Magyar Régészeti Misszió tagjának az vár alaprajzaiért. Mustapha Meghraoui professzor (Strasbourg) és egy névtelen lektor számos megjegyzésével segítette a kézirat elkészültét. A tanulmány elkészültét részben az OTKA K67.583; 77885 és PD 77.585 sz pályázata finanszírozta. A Nemzetközi Földtani Korrelációs Program (IGCP) 567. projektjének (*Earthquake Archaeology – Archaeoseismology along the Alpine-Himalayan seismic zone*) támogatásával készült.

Irodalom

Források

- Anna Comnena, *The Alexiad*, transl. E.R.A. Sewter, London 2003.
- Cafari de Caschifelone, *De liberatione civitatum orientis liber*. Recueil des Historiens des Croisades, Historiens Occidentaux vol. 5. Paris 1895.
- Guillaume de Tyr, *Chronique*, ed. R.B.C. Huygens, Corpus Christianorum, Continuatio Mediaevalis, 63, 63A (Turnhout, 1986) ford.
- Ibn ‘Abdazzāhir, *Tashrif* = Muhyī al-Dīn ibn ‘Abdazzāhir, *Tashrif al-ayyam wa’l-usūr fī sirat al-Malik al-Mansūr*. ed. Murād Kāmil, Cairo 1961.
- Ibn al-Athīr, *Kāmil* = ‘Izz ad-Dīn Abu’l-Hasan ‘Alī ibn Abu’l-Karam Muhammad ibn Muhammad Abū ‘Abd al-Karīm ibn ‘Abd al-Wāhid al-Shaybānī, *al-Kāmil fī’l-tārīkh*. 11 vols. ed. ‘Umar ‘Abd al-Salām Tadmurī, Beirut 1999.
- Ibn Wāsil, *Mufarrij al-kurūb* = Jamāl al-Dīn Muhammad ibn Sālim ibn Wāsil. *Mufarrij al-kurūb fī akhbār Banī Ayyūb*. 5 vols. eds. Jamāl al-Dīn al-Shayyāl & Hasanayn Muhammad Rabī, Cairo 1954-1975.
- Sibt Ibn Al-Jawzī, *Mir’at* = Shams al-Dīn Abu’l-Muzaffar Yusuf ibn Qazawghali, *Mir’at al-zaman fī ta’rīkh al-al-a’yān* (H. 590–654) Haydarabad-al-Dakan, India, Dā’irat’l-Ma’arif al-’Uthmaniyya Publisher 1952.
- Yāqūt al-Hamawī, *Mu’jam al-buldān*. = Shihāb al-Dīn Abū ‘Abdallāh Yāqūt ibn ‘Abdallāh al-Hamawī al-Rūmī, *Mu’jam al-buldān*. 7 vols. ed. Farīd ‘Abd al-‘Azīz al-Khubadī, Beirut *nd*.
- William of Tyre, *A History of Deeds Done beyond the Sea*.

Szakpublikációk

- Akyüz, S. & Altunel, E. 2001: Geological and archaeological evidence for post-Roman earthquake surface faulting at Cibyra, SW Turkey. – *Geodinamica Acta* 14, 95–101.
- Al-Tarazi, E.A. & Korjenkov, A. 2007: Archaeoseismological investigation of the ancient Ayla site in the city of Aqaba, Jordan. – *Natural Hazards* 42, 47–66.
- Altunel, E., Stewart, I.S., Barka, A. & Piccardi, L. 2003: Earthquake faulting at ancient Cnidus, SW Turkey. – *Turkish Journal of Earth Sciences* 12, 137–151.
- Ambraseys, N.N. 2005a: Archaeoseismology and neo-catastrophism. – *Seismological Research Letters* 76/5, 560–564.
- Ambraseys, N.N. 2005b: The seismic activity in Syria and Palestine during the middle of the 8th century: An amalgamation of historical earthquakes. – *Journal of Seismology* 9, 115–125.
- Ambraseys, N.N. 2006: Earthquakes and archaeology. – *Journal of Archaeological Science* 33, 1008–1016.
- Ambraseys, N.N. 2009: *Earthquakes in the Mediterranean and Middle East. A Multidisciplinary Study of Seismicity up to 1900*, Cambridge, UK, Cambridge University Press, 968 p.
- Ambraseys, N.N. & Barazangi, M. 1989: The 1759 earthquake in the Bekaa Valley: Implications for earthquake hazard assessment in the East Mediterranean region. – *Journal of Geophysical Research* 94, 4007–4013.
- Ambraseys, N.N. & Melville, C.P.: 1988, An analysis of the Eastern Mediterranean earthquake of 20 May 1202, in Lee, W.H.K., Meyers, H. & Shimazaki, K., eds., *Historical Seismograms and Earthquakes of the World*, San Diego, Academic Press, 181–200.

- Anonymous 2003: Comité Européen de Normalisation, Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance, prEN 1998-1. – Brussels, Comité Européen de Normalisation, 94 p.
- Anzani, A., Binda, L. & Melchiorri, G. 1995: Time dependent damage of rubble masonry walls, in West, H., ed., *4th International Masonry Conference Proceedings*, London, British Masonry Society, 341–351.
- Anzani, A., Garavaglia, E. & Binda, L. 2009: Long-term damage of historic masonry: A probabilistic model. – *Construction & Building Materials* 23/2, 713–724.
- Bottari, C. 2005, Ancient constructions as markers of tectonic deformation and strong seismic motions. – *Pure and Applied Geophysics* 162, 761–765.
- Burgtorf, J. 2006, The Military Orders in the Crusader Principality of Antioch. – Ciggaar, K. & Metcalf, M. (szerk.) *Antioch (696-1268)*. *Orientalia Lovaniensia Analecta* 147, 217-246, Leuven.
- Buzás, G. 2010: The Two Hospitaller Chapter Houses of al-Marqab, an architectural reconstruction study. Edbury, P. ed., *The Military Orders*, Volume 5, Ashgate, London (sajtó alatt).
- Caputo, R. & Helly, B. 2005: Archaeological evidences of past earthquakes: A contribution to the Sha of Thessaly, central Greece. – *Journal of Earthquake Engineering* 9/2, 199–222.
- Daëron, M., Klinger, Y., Tapponnier, P., Elias, A., Jacques, E. & Surssock, A. 2005: Sources of the large A.D. 1202 and 1759 Near East earthquakes. – *Geology* 33/7, 529–532.
- Deschamps, P. 1973: *Les Châteaux des Croisés en Terre Sainte III. La Défense du Comté de Tripoli et de la Principauté d'Antioche*, Paris, Paul Geuthner, 273 p.
- Elias, A., Tapponnier, P., Jacques, E., Daëron, M., Klinger, Y. & Surssock, A. 2003: Quaternary deformation associated with the Tripoli-Roum thrust, and the rise of the Lebanese coast. – *Geophysical Research Abstracts* 5, 10137.
- Elias, A., Tapponnier, P., Singh, S.S., King, G.C.P., Daëron, M., Carton, H., Surssock, A., Jacques, E., Jomaa, R. & Klinger, Y. 2007: Active thrusting offshore Mount Lebanon: Source of the tsunamigenic A.D. 551 Beirut-Tripoli earthquake. – *Geology* 35/8, 755–758.
- Ellenblum, R., Marco, S., Agnon, A., Rockwell, T. & Boas, A. 1998: Crusader castle torn apart by earthquake at dawn, 20 May 1202. – *Geology* 26/4, 303–306.
- Ferretti, D. & Bažant, Z.P. 2006: Stability of ancient masonry towers: Stress redistribution due to drying, carbonation and creep. – *Cement and Concrete Research* 36, 1389–1398.
- Galadini, F., Hinzen, K.-G. & Stiros, S. 2006: Archaeoseismology: Methodological issues and procedure. – *Journal of Seismology* 10, 395–414.
- Galli, P. & Galadini, F. 2001: Surface faulting of archaeological relics. A review of case histories from the Dead Sea to the Alps. – *Tectonophysics* 335, 291–312.
- Galli, P.A.C., Naso, J.A., Capini, S., Giocoli, A., Hailemichael, S., Piscitelli, S., Rizzo, E. & Scaroina, L. 2008: Faulting of the Roman aqueduct of Venafrum (Italy); investigation methodology and preliminary results, in *31st European Seismological Commission (ESC) General Assembly, 2008, Hersonissos, Crete, Greece, Proceedings and Abstracts*, 94–100.
- Guidoboni, E. & Comastri, A. 1997: The large earthquake of 8 August 1303 in Crete. – Seismic scenario and tsunami in the Mediterranean area. – *Journal of Seismology* 1, 55–72.
- Guidoboni, E., Bernardini, F. & Comastri, A. 2004: The 1138–1139 and 1156–1159 destructive seismic crises in Syria, south-eastern Turkey and northern Lebanon. – *Journal of Seismology* 8, 105–127.
- Guidoboni, E. & Ebel, J.E. (2009): *Earthquakes and Tsunamis in the Past: A Guide to Techniques in Historical Seismology*. Cambridge University Press, Cambridge.

- Hancock, P.L. & Altunel, E. 1997: Faulted archaeological relics at Hierapolis (Pamukkale, Turkey). – *Journal of Geodynamics* 24, 21–36.
- Hinzen, K.-G. 2005: The use of engineering seismological models to interpret archaeoseismological findings in Tolbiacum, Germany: A case study. – *Bulletin of the Seismological Society of America* 95/2, 521–539.
- Hinzen, K.-G. 2008: Can ruins indicate a back azimuth? – *Seismological Research Letters*, 79/2, 290.
- Hinzen, K.-G. 2009: Simulation of toppling columns in archaeoseismology. – *Bulletin of the Seismological Society of America* 99/5, 2855–2875.
- Kamh, G.M.E., Kallash, A. & Azzam, R. 2008: Factors controlling building susceptibility to earthquakes: 14-year recordings of Islamic archaeological sites in Old Cairo, Egypt: A case study. – *Environmental Geology* 56, 269–279.
- Karakhianian, A.S., Trifonov, V.G., Ivanova, T.P., Avagyan, A., Rukieh, M., Minini, H., Dodonov, A.E. & Bachmanov, D.M. 2008a: Seismic deformation in the St. Simeon monasteries (Qal'at Sim'an), northwestern Syria. – *Tectonophysics* 453, 122–147.
- Karakhianian, A.S., Trifonov, V.G., Ivanova, T.P., Dodonov, A.E., Bachmanov, D.M., Minini, H. & Al-Kafri, A.M. 2008b: Seismic influence on archaeological objects in Syria, in *31st General Assembly of the European Seismological Commission (ESC) 2008, Hersonissos, Crete, Greece, 7–12 September 2008*, 182–189.
- Karcz, I. & Kafri, U. 1978: Evaluation of supposed archaeoseismic damage in Israel. – *Journal of Archaeological Science* 5, 237–253.
- Kázmér, M. 2008: Földrengés okozta sérülések Margat keresztés várában (al-Marqab, Szíria). – in Török, Á. & Vásárhelyi, B., szerk., *Mérnökgeológia-Kőzetmechanika*: Budapest, Műegyetemi Kiadó, 159–168.
- Kázmér, M. & Major, B. 2010: Distinguishing damages from two earthquakes – Archaeoseismology of a Crusader castle (al-Marqab citadel, Syria). In: Sintubin, M., Stewart, I.S., Niemi, T.M. & Altunel E., eds., *Ancient Earthquakes*. Geological Society of America Special Paper 471, 185–198, Boulder, Colorado.
- Kilian, K. 1980: Zum Ende der mykenischen Epoche in der Argolis. – *Jahrbuch der Römisch- Germanischen Zentralmuseums Mainz* 27, 166–195.
- Korjenkov, A.M. & Mazor, E. 1999: Seismogenic origin of the ancient Avdat Ruins, Negev Desert, Israel. – *Natural Hazards* 18, 193–226.
- Korjenkov, A.M. & Mazor, E. 2003: Archaeoseismology in Mamshit (southern Israel): Cracking a millennia-old code of earthquakes preserved in ancient ruins. – *Archaeologischer Anzeiger* 2003/2, 51–82.
- Kovach, R.L. & Nur, A. 2006: Earthquakes and archeology: Neocatastrophism or science? – *Eos* (Transactions, American Geophysical Union) 87/32, p. 317.
- Lamprecht, H.-O. 2001: *Opus caementitium—Bautechnik der Römer*, Köln, Römisch- Germanisches Museum & Düsseldorf, Bau+Technik Verlag, 264 p.
- Laszlovszky József, Majorossy Judit & Zsengellér József (szerk.) 2006. *Magyarország és a keresztés háborúk. Lovagrendek és emlékeik*. Attraktor, Máriabesnyő–Gödöllő, 331 p.
- Lourenço, P.B. & Roque, J.A. 2006: Simplified indexes for the seismic vulnerability of ancient masonry buildings. – *Construction & Building Materials* 20, 200–208.
- Lourenço, P.B., Krakowiak, K.J., Ferriandes, F.M. & Ramos, L.F. 2007: Failure analysis of Monastery of Jerónimos, Lisbon: How to learn from sophisticated numerical models. – *Engineering Failure Analysis* 14, 280–300.

- Major, B. 2008, *Historical Background. The Master Plan of al-Marqab Citadel*, Project Defence System on the Mediterranean Coast – Euromed Heritage II Project, Spain, p. 162-174.
- Marco, S. 2008: Recognition of earthquake-related damage in archaeological sites: Examples from the Dead Sea fault zone. – *Tectonophysics* 453, 148–156.
- Martini, K. 1996: Masonry Damage Modes at Pompeii: <http://urban.arch.virginia.edu/pompeii/masonry/masonry-1.html> (accessed 6 October 2008).
- Mayer, H.E. 1972: Two unpublished letters on the Syrian earthquake of 1202, in Hanna, S.A., ed., *Medieval and Middle Eastern Studies in Honour of Aziz Suryal Atiya*: Leiden, E.J. Brill, 295–310. (Reprinted in *Kreuzzüge und lateinischer Osten*, Variorum Reprints, Leiden, 1983.)
- Mayer, H.E. 1993: *Varia Antiochena. Studien zum Kreuzfahrerfürstentum Antiochia im 12. und frühen 13. Jahrhundert*. Hahnsche Buchhandlung, Hannover, 227 p.
- McCalpin, J.P. (2009): *Paleoseismology*. Academic Press, San Diego, CA.
- Meghraoui, M., Gomez, F., Sbeinati, R., Van der Woerd, J., Mouty, M., Darkal, A.N., Darawcheh, R., Hijazi, F., Al-Ghazzi, R. & Barazangi, M. 2003: Evidence for 830 years of seismic quiescence from palaeoseismology, archaeoseismology, and historical seismicity along the Dead Sea fault in Syria. – *Earth and Planetary Science Letters* 210, 35–52.
- Meli, R. 1998: *Structural Engineering of Historical Buildings*, Mexico-City, Fundación ICA, 312 (in Spanish).
- Mistler, M., Butenweg, C. & Meskouris, K. 2006: Modelling methods of historic masonry buildings under seismic excitation. – *Journal of Seismology* 10, 497–510.
- Nikonov, A. 1988: On the methodology of archaeoseismic research into historical monuments, in Marinou, I. & Koukis, G., eds., *The Engineering Geology of Ancient Works, Monuments and Historical Sites, Preservation and Protection*, Rotterdam, Balkema, 1315–1320.
- Nur, A. & Burgess, D. 2008: *Apocalypse. Earthquakes, Archaeology and the Wrath of God*, Princeton, New Jersey, Princeton University Press, 319 p.
- Penazzi, D., Valluzzi, M.R., Saisi, A., Binda, L. & Modena, C. 2001: Repair and strengthening of historic masonry buildings in seismic areas, in International Millennium Congress “More than Two Thousand Years in the History of Architecture Safeguarding the Structure of Our Architectural Heritage”, Bethlehem (Palestine), 2, Section V, 7 p. home.anadolu.edu.tr/~yguney/Cemil_historical/Historical_Buildings/oct_2006/strengthening/binda197.pdf (accessed 1 August 2010).
- Rapp, G., Jr. 1986: Assessing archaeological evidence for seismic catastrophes. – *Geoarchaeology* 1, 365–379.
- Reicherter, K.R., Jabaloy, A., Galindo-Zaldívar, J., Ruano, P., Becker-Heidmann, P., Morales, J., Reiss, S. & González-Lodeiro, F. 2003: Repeated paleoseismic activity of the Ventas de Zafarraya fault (S Spain) and its relation with the 1883 Andalusian earthquake. – *International Journal of Earth Sciences* 92, 912–922.
- Sbeinati, M.R., Darawcheh, R. & Mouty, M. 2005: The historical earthquakes of Syria: An analysis of large and moderate earthquakes from 1365 B.C. to 1900 A.D. – *Annals of Geophysics* 48/3, 347–435.
- Schönleber Mónika 2009: II: András magyar király adománya. – *História* 2009/2, p. 12.
- Sieberg, A. 1932: Untersuchungen über Erdbeben und Bruchschollenbau im östlichen Mittelmeergebiet. – *Denkschriften der Medizinisch-Naturwissenschaftlichen Gesellschaft, Jena* 18/2, 161–273.
- Similox-Tohon, D., Sintubin, M., Muchez, Ph., Verhaert, G., Vanneste, K., Fernandez, M., Vandycke, S., Vanhaverbeke, H. & Waelkens, M. 2006: The identification of an active

- fault by a multidisciplinary study at the archaeological site of Sagalassos (SW Turkey). – *Tectonophysics* 420, 371–387.
- Similox-Tohon, D., Sintubin, M., Muchez, Ph., Verhaert, G., Vanneste, K., Fernandez, M., Vandycyke, S., Vanhaverbeke, H. & Waelkens, M. 2007: Erratum to “The identification of an active fault by a multidisciplinary study at the archaeological site of Sagalassos (SW Turkey)”. – *Tectonophysics* 435, 55–62.
- Sintubin, M. & Stewart, I.S. 2008: A logical methodology for archaeoseismology: A proof of concept at the archaeological site of Sagalassos, southwest Turkey. – *Bulletin of the Seismological Society of America* 98/5, 2209–2230.
- Sintubin, M., Muchez, P., Similox-Tohon, D., Verhaert, G., Paulissen, E. & Waelkens, M. 2003: Seismic catastrophes at the ancient city of Sagalassos (SW Turkey) and their implications for seismotectonics in the Burdur-Isparta area. – *Geological Journal* 38, 359–374.
- Sintubin, M., Stewart, I.S., Niemi, T. & Altunel, E., 2008: Earthquake archaeology—Just a good story? – *Seismological Research Letters* 79/6, 767–768.
- Stiros, S.C. 1996: Identification of earthquakes from archaeological data: Methodology, criteria, and limitations, in Stiros, S.C. & Jones, R.E., eds., *Archaeoseismology: British School at Athens*, Fitch Laboratory Occasional Paper 7, 129–152.
- Soren, D. 1985: An earthquake on Cyprus: new discoveries from Kourion. – *Archaeology* 38/2, 52–59.
- Stiros, S.C., Laborel, J., Laborel-Deguen, F., Papageorgiou, S., Evin, J. & Pirazzoli, P.A. 2000: Seismic coastal uplift in a region of subsidence: Holocene raised shorelines of Samos Island, Aegean Sea, Greece. – *Marine Geology* 170, 41–58.
- Tomažević, M. & Lutman, M. 2007: Heritage masonry buildings in urban settlements and the requirements of Eurocodes: The experience of Slovenia. – *International Journal of Architectural Heritage* 1, 108–130.
- Van Berchem, M. & Fatio, E. 1913–1915: *Voyage en Syrie*, Cairo, Imprimerie de l’Institut français d’archéologie orientale en Le Caire, 303 p.
- Vasconcelos, G., Lourenço, P.B., Mouzakis, H. & Karapitta, L. 2006: Experimental investigations on dry stone masonry walls, in Hamid, A.A., chairman, *Proceedings of the First International Conference on Restoration of Heritage Masonry Structures*, Cairo, Egypt, 24–27 April 2006, P31-1–P31-10.
- Veszprémy László 2006: II: András magyar király kereszties hadjárata, 1217-1218. In: Laszlovszky József, Majorossy Judit & Zsengellér József (szerk.) 2006. *Magyarország és a kereszties háborúk. Lovagrendek és emlékeik*. Attraktor, Máriabesnyő–Gödöllő, pp. 99-111.
- Volant, Ph., Levret, A., Carbon, D., Scotti, O., Combescure, D., Verdel, T., Piant, A. & Laurent, Ph. 2009: An archaeo-seismological study of the Nîmes Roman aqueduct, France: Indirect evidence for an $M > 6$ seismic event? – *Natural Hazards* 49/1, 53–77.
- Wechsler, N., Katz, O., Dray, Y., Gonen, I. & Marco, S. 2009: Estimating location and size of historical earthquake by combining archaeology and geology in Umm-El-Qanatir, Dead Sea transform. – *Natural Hazards* 50, 27–43.
- Zsembery Ákos 2008: Építészeti romemlékek kutatása és védelme Szíriában. – *Építés – Építészettudomány* 36/3-4, 223-250.