

## Ahol nincsenek földrengések – a horvátországi Isztria archeoszeizmológiája

### There are no earthquakes here! – Archaeoseismology in Istria, Croatia

Kázmér Miklós

*Eötvös Loránd Tudományegyetem, Őslénytani Tanszék, Budapest. E-mail: mkazmer@gmail.com*

**ÖSSZEFOGLALÁS:** A horvátországi Isztria-félsziget számos ókori építménnyel büszkélkedhet. Közülük nem egy erős földrengések nyomait viseli. A porecsi Eufrasius-székesegyház, mely mai formáját a hatodik században kapta, az 1440-es földrengésben sérült meg súlyosan. Főhajójának déli fala, valamint a déli mellékhajó leomlott; ezeket az eredeti román helyett gótikus stílusban építették újjá. A főhajót szegélyező tizennyolc márványoszlop sérüléseit mértük föl: az oszlopfők és oszloplábak sérülései nagyjából észak-déli erős rázkódás következtében jöttek létre. Az apszis és a főhajó északi fala elcsavarodott; ezt a 15. századi rekonstrukció során nem javították ki. A mai, hatodik századi székesegyház padlószintje 1,9 m-rel van a legelső, 4. századi mozaikpadló fölött. Ez utóbbi ma mindössze 0,3 m-rel haladja meg a dagály szintjét. Nem valószínű, hogy a közvetlenül a parton álló püspöki székesegyházat árvízveszélyes helyre építettek volna – véleményünk szerint maga a partvidék süllyedt meg az építés óta. Ez a süllyedés a 4. és a 6. századi templom építése közé datálhatná azokat a régóta ismert, elmerült tengeri színlőket, melyek Trieszt és Zára között mintegy 240 x 80 km-es területen szegélyezik az Adria partjait. A pólai (Pula) diadalív (épült Kr.e. 29-27) rongálódása – ellentétben az amfiteátrum épségével – helyi talajrezonanciára enged következtetni. Ezeket az újonnan felismert jelentős földrengéseket fel kell venni a horvát szeizmikus katalógusba. A továbbiakban szükséges lesz a horvátországi földrengésveszélyes területek rendszerét egy isztriai zónával kiegészíteni.

*Kulcsszavak:* archeoszeizmológia, Horvátország, ókor, középkor, Poreč, Pula

**ABSTRACT:** *The Istria Peninsula in Croatia has a number of monuments from Antiquity, which bear evidence of major earthquakes. The Eufrasius Cathedral of Poreč, built in the 6<sup>th</sup> century, collapsed in parts due to the 1440 earthquake. Nave and aisles are screened by 18 monolithic marmor columns. Azimuths of dip directions of chipping planes on tops and bottoms indicate N-S shaking. Wall of the apse and the nave, together with supporting columns, has been twisted. Floor of the 6<sup>th</sup> century cathedral is 1.9 m above the mosaic floor of a pre-existing 4<sup>th</sup> century cathedral. The latter one, being 0.3 m above high tide level, only a few metres away from the sea, suggests that there was major coastal subsidence. This event dates the submergence of marine notches of the Adriatic coast between Trieste and Zadar (200 x 80 km area) between 4<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup> century. Earthquake-damaged Arch of the Sergi in Pula (29-27 BC) testifies to site effects nearby the intact Roman amphitheatre. These findings indicate that Istria's ranking among regions of low seismic hazard in Croatia is to be re-considered.*

*Keywords:* archaeoseismology, Croatia, Roman age, antiquity, Middle Ages, Poreč, Pula

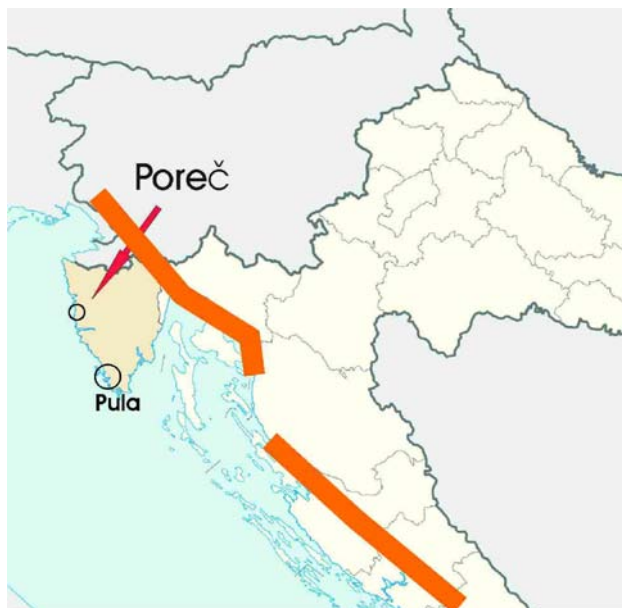
## 1 BEVEZETÉS

A horvátországi Isztria félszigetét alacsony szeizmicitású területnek tartják. Kívül fekszik a Dinári-hegység tektonikus frontján, ahol aktív vetők mentén gyakoriak a földrengések (1. ábra). Jelen rövid tanulmányban olyan ókori épületeket ismertetünk vázlatosan, amelyek jelentős rengések nyomait őrizték meg Isztriában.

## 2 PÓLA

A pólai (horvátul Pula) amfiteátrum a Római Birodalom egyik legépebben fennmaradt hasonló épülete; épebb, mint a közismert római Colosseum. Jó megtartása vezetett arra a gondolatra, hogy az építése

óta eltelt két évezredben nem volt jelentősebb földrengés Isztriában. Minthogy az amfiteátrum alapozása krétaidőszaki mészkőbe mélyült, helyi rezonanciák föllépésére sem lehetett számítani.



**1. ábra.** Isztria, a vizsgált archeoszeizmológiai lelőhelyek és a Dinári-hegység szeizmikusan aktív vonulata (vörös sáv) (after Markušić & Herak, 1999 után).

**Fig. 1.** Istria with studied localities in Croatia. High-seismicity zone of the Dinaric front marked by red (after Markušić & Herak, 1999).

A pólai diadalív (Arco di Sergii, Porta Aurea) a város egyik kapujában áll. Kr. e. 29 és 27 között épült feliratainak tanúsága szerint (Dzin, 2009). Kisebb modern kori restaurálástól eltekintve semmi lényeges változás nem történt rajta kétezer év során (2. ábra). Közelebbről megvizsgálva az építőkövek illeszkedését, számos olyan sérülést észleltünk, amelyeket földrengések okozhattak. Meggyőző bizonyítékok az ív lezökkent kövei (3. ábra), melyeket egyértelműen szeizmikus hatásnak tulajdonítanak (Marco, 2008). Az egyes blokkok letört sarkai ugyanerre utalnak (Caputo & Helly, 2005; Rodriguez-Pascua et al., 2011).

A diadalív sík területen, laza talajon áll; esetében a helyi vibrációknak jelentősebb szerepe lehetett, mint a sziklás aljzatra épült amfiteátrum esetében.

### 3 POREČ

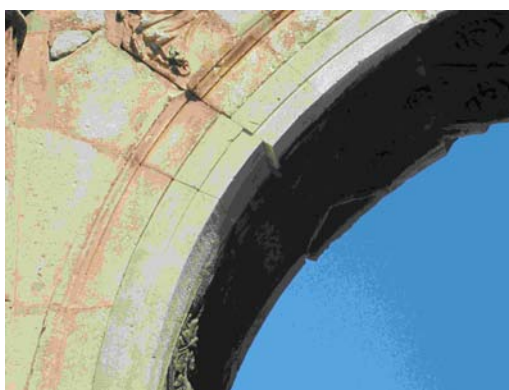
Latin nevén Parentium (olaszul Parenzo, horvátul Poreč) kisebb tengerparti kereskedőváros volt az ókor végén. Püspöki székhely, melynek 4-6. századi épületkomplexuma nagy hírre tett szert. Azon kevés Justinianus-korabeli épületek közül való, melyek lényegében érintetlenül maradtak fenn (Molajoli, 1943). Szerepe felbecsülhetetlen a korai kereszténység történetének megismerésében.

Justinianus bizánci császár (uralkodott Kr.u. 527-565 között) célul tűzte ki a Római Birodalom barbároktól uralt nyugati felének visszaszerzését. Hadvezérei gyors egymásutánban visszahódították a vandáloktól Észak-Afrikát egészen az Atlanti-óceánig, a keleti gótoktól pedig Dalmáciát, Szicíliát, Itáliát és természetesen magát Rómát. Uralkodása alatt virágzott a kultúra: többek között ekkor készült a *Corpus Iuris Civilis*, mely máig a nyugati jogrend alapja. Ő építtette a Bizáncban a Hagia Sophia székesegyházat.

A katonai sikereket kulturálisan is igyekezett megszilárdítani. Ekkor épült – az egyébként nem túl jelentős – parentiumi püspökség számára új székesegyház. Az ambíciózus Eufrasius püspök által létrehozott mű egyedülálló a korai kereszténység emlékei között. Az épségben megmaradt épületkomplexum áll egy bazilikából, az elé épített átriumból, a püspöki palotából és egy háromkaréjos kápolnából. A bazilika és a csatlakozó épületek számos szobrot és stukkót őriztek meg. A díszítőelemek közül kiemelkednek a bazilika fali és padlómozaikjai – szinte teljes épségben maradtak meg (4. ábra) (Terry & Maguire, 2007).



**2. ábra.** A pólai diadalív nyugati homlokzata.  
*Fig. 2. Western facade of the Porta Aurea in Pula.*



**3. ábra.** A boltív lezökkent darabja a pólai diadalívben.  
*Fig. 3. Porta Aurea, western façade, dropped ashlar in the arch.*



**4. ábra.** A porecsi Eufrosiusus-székesegyház főhajója. Az mozaikdíszítés a 6. századból őrződött meg. Liros Romito fényképe. [http://it.wikipedia.org/wiki/File:BasilicaMosaici\\_1.jpg](http://it.wikipedia.org/wiki/File:BasilicaMosaici_1.jpg). Letöltve: 2013 június 30.

*Fig. 4. The Byzantine cathedral of Eufrosinus in Poreč, 6th century. Inside view. Photo: Loris Romito. [http://it.wikipedia.org/wiki/File:BasilicaMosaici\\_1.jpg](http://it.wikipedia.org/wiki/File:BasilicaMosaici_1.jpg). Accessed 16 June 2013.*



**5. ábra.** A márványoszlopok sérült fejezete és lábazata. **a.** Az oszlop és az oszlopfő együttes sérülése. F oszlop. **b.** Kezdeti lehasadás, konjugált törésekkel határolva. N oszlop. Egy hasonló törés befejezett állapotát láthatjuk az Thraszillosz oszlopokon az athéni Akropolisz oldalában (Ambraseys & Psycharis, 2012, Fig. 8(b)). **c.** Törött oszlopláb. A szomszédos, megkezdett törés a következő sérülés helyét jelzi. O oszlop. **d.** Kezdődő törés, konjugált repedésekkel határolva. P oszlop. **e.** Letört sarok pótlása márvánnyal, I oszlop. **f.** Elveszett szilánk helye betonnal kitöltve. N oszlop.

**Fig. 5.** Damaged capital and plinth of pillars. **a.** Adjacent breakage in pillar and capital. Pillar F, capital. **b.** Initial breakage, bordered by conjugate fractures. This is the initial state. The final, flaked-off feature is seen in the Thrasyllos columns in Athens, Greece (Ambraseys & Psycharis, 2012, Fig. 8(b)) Pillar N, capital. **c.** Breakage in pillar, with adjacent fracture marking a second break. Pillar A, plinth. **d.** Initial breakage, bordered by conjugate fractures. Pillar O, plinth. **e.** Broken-off splinter replaced. Pillar I, plinth. **f.** Missing splinter, repaired by cement. Pillar N, plinth.

A keresztény templomok építési gyakorlatának megfelelően a bazilika tengelye kelet-nyugati irányú. Az alaprajz enyhén szabálytalan téglalapot formáz: kb. 38 m hosszú és 19.5 m széles. Két oszlopsor, egyenként kilenc-kilenc márványoszloppal, választja el a főhajót a két, kisebb mellékhajótól. A fő- és a mellékhajókat egyaránt apszis zárja. A főhajóé túlnyúlik a keleti falon; a mellékhajóké csak a fal vastagságáig terjed. A főhajó 18 m magas lévén, a 11 m magas mellékhajók fölé magasodik.

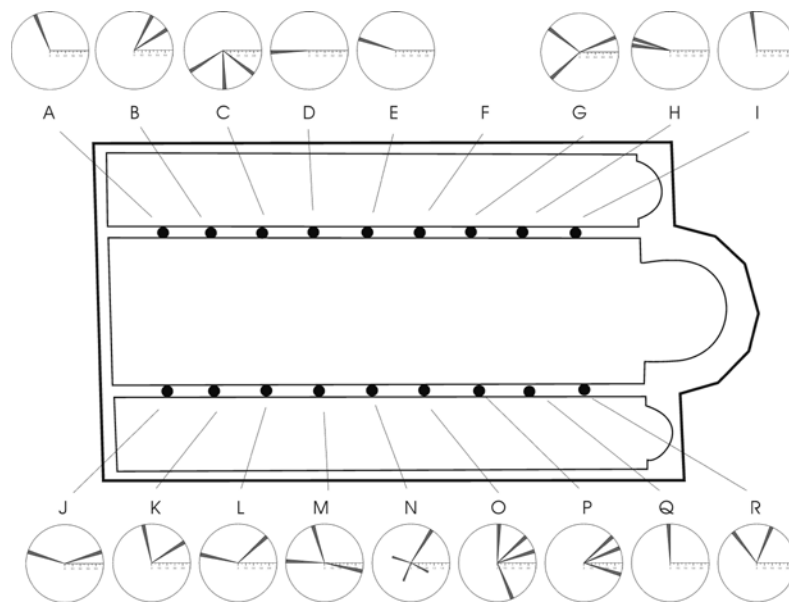
Az 1440. évben a bazilikát erősen megrongálta egy földrengés. Ledől a főhajó déli fala és összeomlott a déli mellékhajó (Babudri, 1913). A hajókat elválasztó oszlopok kisebb sérüléseket szenvedtek; ezek tanulmányozhatók ma. A déli oszlopsor tagjait összekötő íveken a stukkódíszítés megsemmisült, az északi íveken megmaradt.

Az oszlopok proconnesus-i márványból készültek. Ezeket a Márvány-tenger szigetén bányászták és szállították szerte a birodalomba. Parentiumba nem közvetlenül jutottak, hanem valószínűleg egy ravennai építőanyag-kereskedő kezén át. Ennek tulajdonítják, hogy méretük enyhén különbözik. Magasságuk 3,39 m és 3,58 m között változik, alapterületük pedig 1,52 m és 1,77 m között ingadozik (Terry, 1984; Terry, 1988, pp. 27-28).

Az oszlopok sérülései két nagyobb csoportba sorolhatók: aljukról és tetejükéről levált szilánkok, ill. az oszlopba mélyen behatoló, vakon végződő törések (5. ábra). Mindkét típus akkor keletkezik, amikor szeizmikus gerjesztés hatására az oszlopok billegni kezdenek, miközben az oszloplábra és az oszlopfőre az épület teljes súlya nehezedik (Stiros, 1996, Fig. 6a).

A letört darabok elvesztek, márvánnyal pótolták őket, vagy gyöngé minőségű betonnal egészítették ki a hiányt. Az márványba mélyen belehasító, veszélyesnek tűnő repedések magasságában egy vagy több vasgyűrűvel fogták körbe az oszlopot (Terry, 1988, 71. lábjegyzet).

Kompasszal lemértük az oszlopok sérült végződéseit (1. táblázat); a roncsolt felületek irányszögét a 6. ábra mutatja.



**6. ábra.** A székesegyház alaprajza az oszlopokról lehasadt töredékek irányszögével. Nincs közöttük feltűnő rendezettség. Ez alátámasztja Hinzen (2009) azon megállapítását, hogy az oszlopok nem alkalmasak az epicentrum irányának meghatározására. Megjegyzendő azonban, hogy a katedrális oszlopai alul és felül be vannak fogva, és ez kényszeríti őket arra, hogy az épület többi részével együtt mozogjanak. Egyedül az F oszlopon nem észleltünk sérülést. A mért adatokat lásd az 1. táblázatban.

**Fig. 6.** Floor plan with azimuths of dip directions of the chipping planes as observed on pillars. Most of them are of no special direction, supporting the conviction that columns are not suitable to determine the direction of earthquake epicentres (Hinzen, 2009). We should note, however, that the Eufra-sius columns are fixed both at the base and at the top, therefore bound to move with the rest of the building as long as collapse does not occur. Northern row F: it is the sole column without chipping. For measurements see Table 1.

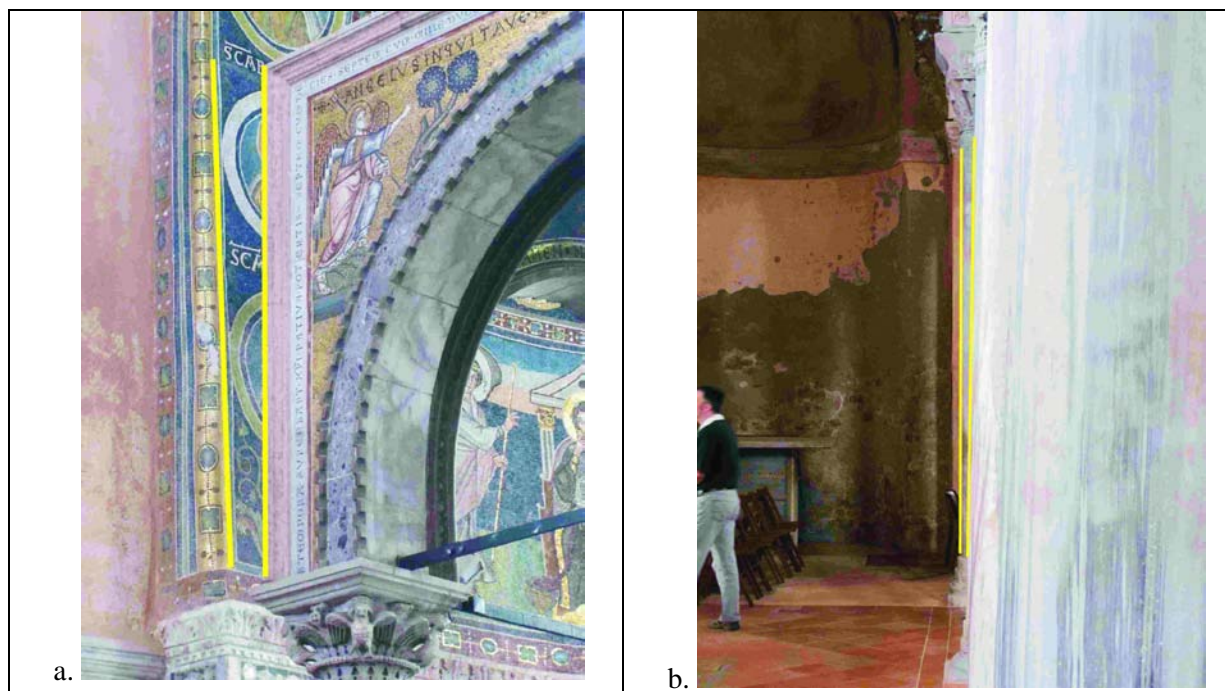
A déli mellékhajó ablakait gót stílusban építették újjá, míg az épület összes többi ablaka román stílusú. Nyilvánvaló, hogy az épület déli részét súlyos rongálódás után hozták rendbe; ennek okozója is valószínűleg az 1440-es földrengés volt (Terry, 1988, 71. lábjegyzet).

A fentiekén kívül észleltük, hogy az épület egyes falai eltérnek a függőlegestől. A diadalív északi szára egyértelműen kifelé dől (4., 7a. ábra). A csatlakozó márványoszlop teteje is kb. 10 cm-rel eltolódott a többi oszlop síkjához képest (7b. ábra). Egészében a főhajó északi fala enyhén megcsavarodott: keleti végén kifelé dől, míg a nyugati és a középső része függőlegesen áll. Hasonló jelenségeket már többen magyaráztak földrengések hatásával (pl. Kamh et al., 2008). Megjegyezzük, hogy a bazilika alap-

rajza eltér a szabályos téglalaptól. Azt, hogy ez esetleg az épületen áthaladó aktív vető okozza-e, nem tudtuk megállapítani. Hasonló esetek értelmezésére Karakhanian et al. (2008) ad meggyőző dokumentációt, a szíriai Szent Simon templom kapcsán.

**1. táblázat.** A porecsi Eufrazius-székesegyház pillérein mért törések és repedések geometriája. A 3 m magasságban lévő törések adatai csak becslések. **Table 1.** Fracture orientation on the pillars of Eufrazius Cathedral. Height and width of broken parts on the capitals at 3 m height are estimates only.

Oszlop Pillar	Oszlopfő/ Oszlopláb Capital/ Plinth	Irányszög Azimuth degrees	Magasság Height cm	Szélesség Width cm	Mélység Depth cm	Megjegyzés Remarks
É-i oldal / North side						
A	plinth	336	4	22	3	
B	plinth	28	4	12	1.5	
	plinth	56	>130	48		
C	plinth	236	3	14	1	
		176	14	11	javitva, repaired	
		130	13	10	javitva, repaired	
D	plinth	270	12	13		
E	plinth	286	3	6	0.5	
F	not broken					
G	plinth	306	2	8	javitva, repaired	
	plinth	230	7	14	javitva, repaired	
	capital	70			repaired, missing	
H	plinth	290	5	11		
	capital	280	~10	12		
I	plinth	352				
J	plinth	74	5	8	1	
	plinth	288	12	6	javitva, repaired	
K	capital	348	~8	~20	javitva, repaired	
	plinth	56	5	7	1	
L	plinth	284	3	12	2	
	capital	48	~20	25		konjugált törések conjugate fractures
M	plinth	272	10	13	javitva, repaired	
	plinth	104	9	11		konjugált törések conjugate fractures
	capital	342	~25	30	javitva, repaired	
D-i oldal / South side						
N	plinth	288	7	6	javitva, repaired	
		204	8	5		
		118	3	8		
		34	11	14	javitva, repaired	
		34	9	15		az oszloplábon on the plinth block
O	repaired	72	>14	15		konjugált törések conjugate fractures
	capital	50	~10	~20	javitva, repaired	
	capital	160	~8	~8	javitva, repaired	
	capital	360	~20	~20	javitva, repaired	
P	plinth	50	>9	20		konjugált törések conjugate fractures
	plinth	110	66	43		konjugált törések conjugate fractures
	capital	70	~15	~15	javitva, repaired	
Q	capital	358	>40	~30		konjugált törések conjugate fractures
R	capital	24	~20	~20	repaired, missing	
	capital	322	~20	~20	repaired, missing	



**7. ábra.** A főhajó megcsavarodott északi fala. **a.** A diadalív északi szára jól láthatóan kifelé hajlik, míg a cibórium fala függőleges maradt. **b.** Az előtérben látható G és H oszlop függőleges, míg a mögöttük álló I oszlop megdőlt: teteje kb. 10 cm-rel északra mozdult el.

**Fig. 7.** Deformed wall and apse. **a.** NW corner of the ciborium is vertical (right-side yellow line), while the northern semi-pillar of the 6th century triumphal arch is tilted to the north (left-side yellow line). **b.** Vertical pillar G in forefront, vertical pillar H behind, northward tilted pillar I in the background.

### 3.1 Földrengési paraméterek

Az 1440-es évben lezajlott földrengés (Babudri, 1913) lehet felelős a székesegyházban látható sérülések többségéért. A rengés IX-es intenzitású volt a Rapp-féle archeoszeizmológiai skálán (I = IX: jól megépített kőfalak súlyos sérülése) (Rapp, 1986). Ez a Richter-skálán M 6,6-7,1 magnitúdójú, dinári viszonylatban is jelentős földrengés pusztítása.

## 4 A TENGERSZINT

A 6. században épült Eufrasius-székesegyház alatt még legalább három, korábban épült templomot rejt a föld. Mindegyiket jelzi a saját, eltemetett mozaikpadlója (Molajoli, 1940; Terry, 1995; Matejčić & Chevalier, 1998). A legelső szint mozaikja – ez készült a 4. században – 1.9 méterre van a mai álló, 6. századi katedrális padlószintje alatt. Ez a legelső padlószint ma mindössze 0,3 méterre van az Adria dagálysíntje fölött, alig 5 méterre a tengertől. Az évente többször is beköszöntő vihardagályok miatt a templomot rendszeresen víz alá került volna. Meglehetősen szokatlan hely egy olyan jelentős épület számára, mint egy püspöki székesegyház!

Az isztriai partvidékről tudjuk, hogy a római kor óta jelentős süllyedés következett be. Elmerült kikötők és más építmények, valamint a víz alatti tengeri színlők egyaránt jelzik ezt a folyamatot (vö. Faivre et al., 2010). A süllyedés időpontjára Kr.u. 361 (Benac et al., 2004) és Kr.u. 1500 (Faivre et al., 2011) között többféle adat fölmerült. A legelső mozaikpadló rendellenesen alacsony helyzete azt jelzi, hogy a süllyedés az első és az utolsó katedrális építési időpontja között történt, valamikor a 4. és a 6. század között. Azt, hogy a közbeékelődő két mozaikszint is jelez-e süllyedési eseményt, nem tudjuk. Annyit kijelenthetünk, hogy az esemény, mely az egész Isztriát, sőt a Trieszttől Záráig terjedő partvidéket egyaránt 0,5-1 méterrel mélyebbre süllyesztette, valamikor a 4. és a 6. század között következett be. A tengeri színlők lapos, vízszintes teteje arra utal, hogy a folyamat gyorsan, egyetlen szeizmikus esemény hatására zajlott le (Pirazzoli & Evelpidou, 2012).

## 5 FÖLDRENGÉSVESZÉLY

Az elmúlt két évezredben Porecs és általában Isztria szeizmikusan nyugodt terület volt – ez a közfel-fogás, mely tükröződik Horvátország szeizmikus zónatérképén is (Markušić & Herak, 1999). Mind-össze egyetlen 5,0-6-os magnitúdójú rengést tüntet fel ez a térkép, Isztriától nyugatra, a tengerben. A 6-os magnitúdónál nagyobb földrengések mind a Dinári-hegység nyugati frontja mentén csoportosulnak, 60-70 km-re északkeletre Porecstől és Pólától egyaránt (8. ábra) (Markušić & Herak, 1999).

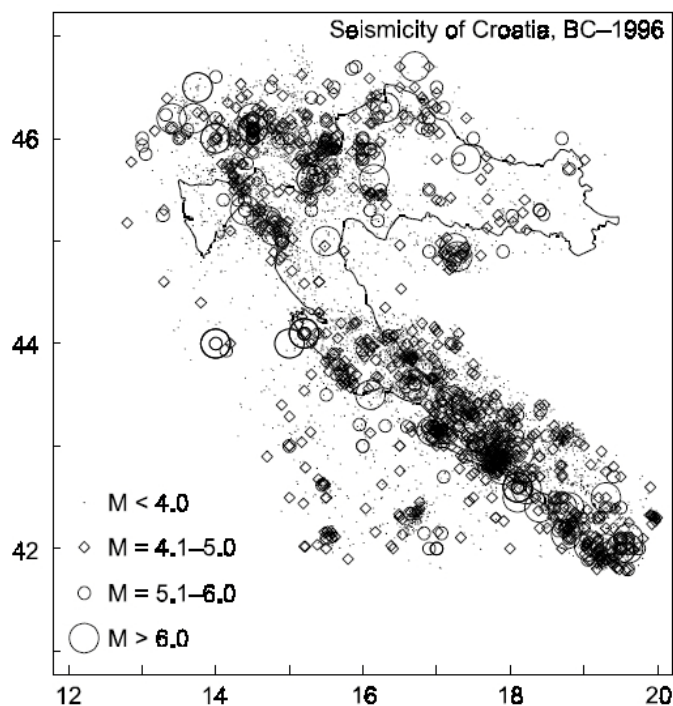


Figure 1. Epicenters of the earthquakes in Croatia and adjacent regions in the period BC–1996. Symbols increase with the magnitude.

**8. ábra.** A horvátországi földrengések epicentrumai az utóbbi kétezer évben. A körök nagysága a magnitúdóval növekszik (Markušić & Herak, 1999).

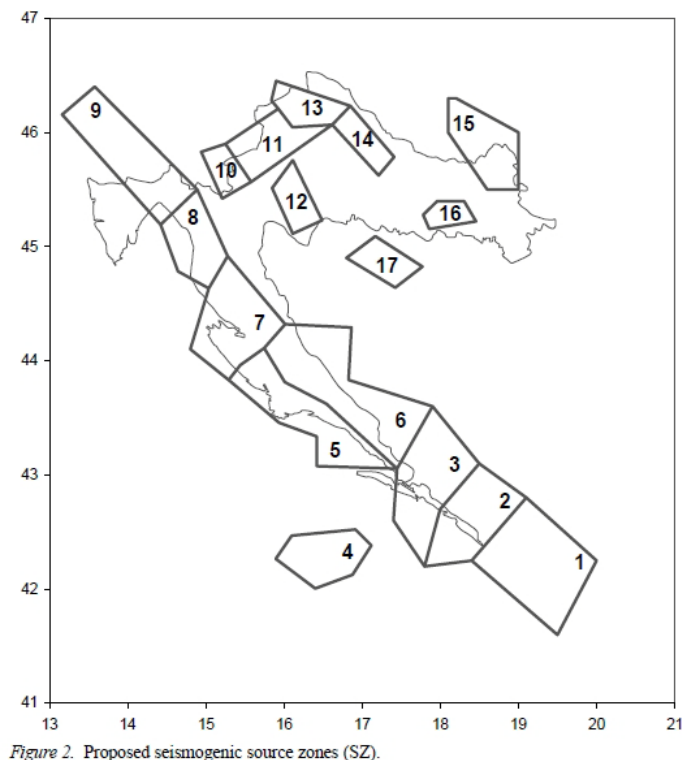
**Fig. 8.** Epicenters of the earthquakes in Croatia and adjacent regions in the period BC–1996 (Markušić & Herak, 1999).

Az 1440-es földrengés, mely súlyosan megrongálta a porecsi székesegyházat, nem szerepel a történeti földrengés-katalógusokban (Herak et al., 1998; Guidoboni & Comastri, 2005; Ambraseys, 2009). Ez minden bizonnyal nagyobb volt, mint a főtebb említett, adriai epicentrumúnak jelzett rengés.

A pólai (Pula) diadalív (Kr.e. 29-27) rongálódása – ellentétben az amfiteátrum épségével – helyi talajrezonanciára enged következtetni. Ezeket az újonnan felismert jelentős földrengéseket fel kell venni a horvát szeizmikus katalógusba. A továbbiakban szükséges lesz a horvátországi földrengésveszélyes területek rendszerét (9. ábra) egy isztriai zónával kiegészíteni.

Arról a rengésről, mely feltehetően tönkretette a legrégebbi porecsi székesegyházat és amely egész Isztriát 0,5-1 méterrel alacsonyabbra süllyesztette, egyelőre semmi közelebbi adatunk nincsen. Csak annyit tudunk, hogy a Triesztől Zaráig terjedő partvidék mintegy 240 km hosszúságban és 80 km szélességben süllyedt le (Faivre et al., 2010). Minthogy a vetődés jellege ismeretlen, a magnitúdó sem becsülhető. Mindenesetre nagy földrengés volt, nagyobb mint bármelyik a Dinaridákban az elmúlt két évezred során.





**9. ábra.** A horvátországi szeizmikus zónák (Markušić & Herak, 1999).  
**Fig. 9.** Proposed seismogenic source zones (SZ) (Markušić & Herak, 1999).

## 6 IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- Ambraseys, N. (2009). *Earthquakes in the Mediterranean and the Middle East. A Multidisciplinary Study of Seismicity up to 1900*. Cambridge University Press, xx + 947 p.
- Ambraseys, N., Psycharis, I.N. (2012). Assessment of the long-term seismicity of Athens from two classical columns. *Bulletin of Earthquake Engineering* 10, 1635-1666.
- Babudri, F. (1913). Le antiche chiese di Parenzo. Parenzo nella storia ecclesiastica. – *Atti e Memoria della Società Istriana di Archeologia e Storia Patria* 29, 83-207. pp. 129ff EQ
- Benac, C., Juracic, M., Bakran-Petricioli, T. (2004). Submerged tidal notches in the Rijeka Bay NE Adriatic Sea: indicators of relative sea-level change and of recent tectonic movements. *Marine Geology* 212, 21e33.
- Caputo, R., Helly, B. (2005). Archaeological evidences of past earthquakes: A contribution to the Sha of Thessaly. *Journal of Earthquake Engineering* 9(2), 199-222.
- Dzin, K. (2009). Figural and floreal reliefs on the Sergii Arch in Colonia Pola. *Jurišićev zbornik* 2009, 143-150.
- Faivre, S., Fouache, E., Kovacic, V., Glusevic, S. (2010). Some geomorphological and archeological indicators of Croatian shoreline evolution over the last 2000 years, *Geology of the Adriatic area. GeoActa Special Publication* 3, 125-133.
- Faivre, S., Fouache, E., Ghilardi, M., Antonioli, F., Furlani, S., Kovacic, V. (2011). Relative sea level change in western Istria (Croatia) during the last millennium. *Quaternary International* 232 (1-2), 132-143.
- Guidoboni, E., Comastri, A. (2005): *Catalogue of Earthquakes and Tsunamis in the Mediterranean Area from the 11th to the 15th century*. Istituto Nazionale do Geofisica e Vulcanologia, Roma, 1037 p.
- Herak, M., Herak, D., Markušić, A. (1998). Revision of the earthquake catalogue and seismicity of Croatia, 1908-1992. *Terra Nova* 8, 86-94.
- 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.

- Karakhanian, A.S., Trifonov, V.G., Ivanova, T.P., Avagyan, A., Rukieh, M., Minini, H., Dodonov, A.E., Bachmanov, D.M. (2008). Seismic deformation in the St. Simeon monasteries (Qal'at Sim'an), northwestern Syria. *Tectonophysics* 453, 122-147.
- Marco, S. (2008). Recognition of earthquake-related damage in archaeological sites: Examples from the Dead Sea fault zone, *Tectonophysics* 453, 148-156.
- Markušić, A., Herak, M. (1999). Seismic zoning of Croatia. *Natural Hazards* 18, 269-285.
- Matejčić, I., Chevalier, P. (1998). Nouvelle interprétation du complexe épiscopal „pré-eufrasiens” de Poreč. *Antiquité tardive* 6, 355-365.
- Molajoli, B. (1940). Le costruzioni preeufrasiene di Parenzo. *Le Arti II* 1936-1940, 93-95.
- Molajoli, B. (1943). *La basilica eufrasiense di Parenzo*. 2nd ed. Padua. [the standard reference]
- Pirazzoli, P.A., Evelpidou, N. (2012): Comment on „Relative sea-level change in western Istria (Croatia) during the last millennium” by Sanja Faivre, Eric Fouache, Matthieu Ghilardi, Fabrizio Antonioli, Stefano Furlani and Vladimir Kovacic. *Quaternary International*, 232 (2012). *Quaternary International* <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2012.05.050>
- Rapp, G., jr. (1986). Assessing archaeological evidence for seismic catastrophes. *Geoarchaeology* 1(4), 365-379.
- Rodríguez-Pascua, M.A., Pérez-López, R., Giner-Robles, J.L., Silva, P.G., Garduño-Monroy, V.H., Reichert, K. (2011). A comprehensive classification of Earthquake Archaeological Effects (EAE) in archeoseismology: Application to ancient remains of Roman and Mesoamerican cultures. *Quaternary International* 242, 20-30.
- Stiros, S.C. (1996): Identification of earthquakes from archaeological data: methodology, criteria and limitations. In: Stiros, S.C., Jones, R.E. (eds): *Archeoseismology*. Fitch Laboratory Occasional Paper 7, 129-152, The British School at Athens.
- Terry, A. (1984). *The Architecture and Architectural Sculpture of the Sixth-Century Eufrasius Cathedral Complex at Poreč*. PhD thesis. University of Illinois at Urbana-Champaign, xiv + 549 p.
- Terry, A. (1988). The sculpture at the cathedral of Eufrasius in Poreč. *Dumbarton Oaks Papers* 42, 13-64.
- Terry, A. (1995). The conservation history of mosaic pavements at the cathedral site in Poreč: 1862-1990. *Hortus Artium Medievalium* 1, 176-186
- Terry, A. and Maguire, H. (2007). *Dynamic Splendor. The Wall Mosaics in the Cathedral of Eufrasius at Porec* (Pennsylvania State University Press, University Park, Pa, vols I-II.