

Építési kőanyagok használata és a történelmi vázszerkezetű kőépületek

előnyös viselkedése földrengés alatt

*Bostenaru-Dan Mária**

Kulcsszavak: vázszerkezet, földrengés, népmese, gótika, Portugália, morfológia
Keywords: skeleton structure, earthquake, folk story, Gothic, Portugal, morphology

Összefoglalás

Ez a cikk a kőanyagok ritka építészeti felhasználásával foglalkozik. A vázszerkezetű kőépületekről van szó, hisz' a követ inkább tömör falakká építve ismerjük. A súlyos kőépületek közül csak kevés, általában az alacsonyak viselkedtek jól földrengéskor, mégpedig a gyenge remegést okozó esetekben. Mégis, az építési kőanyagok alkalmazása gyakori még a földrengéstől gyakran sújtotta vidékeken is. A cikk szerzője feltételezi, hogy a földrengésállóság elvei korábban csak korlátozott szerepet játszottak az épületszerkezetek fejlesztésében. Sőt, a népi hagyományok mindig is tartósabbnak ítélték a kőházat. Erre tekintettel cikkünkben a vázszerkezetű kőházak fejlődését a morfológia, az alaktan építészelméleti módszert alkalmazva tanulmányozzuk. Az alaktan különbséget tesz az épület teherviselő szerkezete és az épületet élhetővé és díszessé tevő tartalmi elemek között. Habár ez az építészeti elmélet csak a 20. században öltött testet, de tanításai pár évszázadra visszavezethetők és összefüggnek a városrendezési elméletekkel, melyeknek fejlődésindító okai az elméleteket megelőző ún. városi életmódban gyökereznek.

Abstract

Using of the building stone materials and advantageous behaviour of the historical skeleton structures stone buildings during earthquake. This paper deals with a rare employment form of stone materials. It is about skeleton structures, since stone is better known for massive walls. The heavy stone buildings did not behave well in earthquakes with few exceptions, and this was mainly the case of low rise buildings, where this behaviour can be explained by low vibration modes. Still, the use of stone materials is common also in earthquake prone areas. The author of the paper puts the hypothesis forward that the principles of earthquake resilience have played a limited role in the development of their structure. More even, the popular traditions have always considered the stone house to be more sustainable. Given these circumstances, in this paper we investigate the development towards the skeleton structure of the 'stone house'. We employ a method from the architecture theory: the morphology. The morphology distinguishes between 'container' and 'contents', one of them has load bearing role while the other fills life into the work, to which contributes the spatial form, among others

through ornaments. Although they took form only in the 20th century, this architecture theory lessons can be led back several centuries ago and are interrelated with urbanisation theories similarly to the real start points of such a development, the so-called urban way of life, which preceded the theory.

Bevezetés

A német nyelv két épületszerkezetet különböztet meg: a 'Massivbau' vagyis tömörépítés, amelynél nem válik el a teherviselő és az ún. tartalmi funkció, szemben a 'Skelettbau'/'Fachwerksbau', vagyis a vázszerkezetes építéssel, amelynél ez a két funkció jól megkülönböztethető (olvasható a következő honlapon: <http://de.wikipedia.org/wiki/Massivbau>).

A kőépületekre a 'Massivbau' típusú építés jellemző. Mégis előfordulnak vázszerkezetű kőépületek is. Gyakrabban használták és használják a követ térelválasztásra, de a középkori épületekben, például a gótikában, kőből készültek mind a csúcsíves tartószerkezetek, mind a térelválasztás és díszítés elemei. Cikkünkben a kő vázszerkezetű épületek építéséhez való felhasználásával foglalkozunk.

Történelmi vázszerkezetű kőépületek alaktana

Gottfried Semper 1834-ben fogalmazta meg az úgynevezett "ruházás" elméletét. Eszerint az építőanyag-burkolatnak csakis az a szerepe, hogy védje a teherviselő szerkezet anyagát az időjárás okozta károsodástól. Ez egy nagy lépés volt a modern építészet irányába. Gottfried Semper az épület felosztását az ókori kunyhó alapelve szerint posztulálta. Így születet a fal – padló – mennyezet tipológia.

Semper soha nem alkalmazta az elméletét, azt a bécsi építés, Otto Wagner valósította meg. A szerkezet valóságát úgy fejezte ki Otto Wagner, hogy díszítése szerelt jellegét hangsúlyozta, azaz a szó szoros értelemben a díszítést rászerezte a tartószerkezetre. A valóság az építészetben a tartószerkezet kifejezésében, az építészeti külső/belső alkatban vagy a díszítésben rejlik (Bostenaru 2005b). A rendszerelemzés megkülönbözteti az építészetileg szükséges

*ROSE School – IUSS di Pavia; c/o EUCENTRE, Via Ferrata 1, 27100 Pavia, Olaszország, 00390382516937; mbostenaru@roseschool.it

Mérföldkövek

Milestone

szerkezetet, mely a funkciót hordozza, a díszítéstől, mely az előbbit kiemeli vagy sem. Az e célból alkalmazott morfológiai analízis a rendszer két elemét különbözteti meg:

- a teherviselő szerkezeteket, melyek funkcionális térbeli együttműködésbe kapcsolódva térszerkezetet alkotnak keretezve a teret. Ez a fizikai szint.
- a tartalmat, az életteli építészeti teret, a lokalizált tevékenységek összességét, funkcionális rendszerbe kapcsolódva. Ez a megjelenési szint.

A teherviselő szerkezet és az építészeti tér között három összefüggés létezik: a szerkezeti tér, a szabad alaprajz és a térterv (az ún. Raumplan). Adott szerkezeti térben a teherviselő szerkezet és a térbeli alakzat szervezése szigorúan egybeesik. A térbeli alakzat követi a teherhordó szerkezetet. A történelmi épületek megjelenési formái, falazott terei a teherviselő szerkezet – építészeti tér összefüggései. A szabad alaprajzban átgondoltan elkülönül a teherviselő szerkezet az építészeti tértől, mely elkülönülés némely esetben az ellentétig is eljuthat. Ily lehetőségeket nyitottak a 20. században az új mérnöki ismeretek, főleg az új technológiák és új építőanyagok révén. A természetes követ viszont nagyon korlátoltan használták a 20. században, szinte kizárólag csak a történelmi épületek megőrzése érdekében (kivéve a 30-as évek olasz épületeit, mivel Olaszország gazdag a különféle természetes kövekben és márványban is, melyet a híres Casa del Fascionál, Giuseppe Terragni művénel, használtak). Tehát ez az összefüggés nem tartozik cikkünk tárgyához. Az utolsó összefüggés, a Raumplan választása. Ezt a német kifejezést a múlt század fordulóján a bécsi építész, Adolf Loos használta. A teherviselő szerkezet és építészeti tér közti összefüggés a kül- és a beltér kapcsolatát határozza meg, a különböző szintek, sőt terek összefüggését, végül is a semperi elemek: a fal, a padló és a mennyezet közötti összefüggést.

A vázszerkezet jóval a 20. század előtt már lehetővé tett egy bizonyos Raumplan változatot. A gótika oszlopsora szakított a Massivbau-nak megfelelő szerkezeti tér típussal. Az oszlopsor egyaránt tereket választott el, de e terek össze is folytak, a tér maga folyékonyra vált, és a gótikus terem tere egyaránt tekinthető a fő és a mellék terek összefüggésének, vagy olyan térnek, amelynek egyes elemei a szerkezetnek helyi ékei is. A gótika kőből készítette a teherviselő vázszerkezet és a térkitöltés elemeit is (1. ábra).

A középkorban keletkezett az a vázszerkezet is, amelyben a kőanyagok fontos szerepet játszottak. A favázás szerkezetről van szó. Az ilyen épületek teherviselő szerkezetei mindig fából készültek, és a térelválasztás vagy falazott volt, vagy vesszőfonattal erősített vályogból készült. (1. és 2. táblázat). Itt is felismerhető már a Raumplan kezdetleges szinten, és pedig az alaktan szintjén. Az alaktan – az előzőekben

említetthez képest – itt még nem az egész épületre vonatkozik, hanem kizárólag a szerkezetre. Kutatásaim itt nem részletezett egyik eredménye az, hogy a vázszerkezetek teherbíró képessége a rács geometria alkalmazásával optimalizálható.



1. ábra. A bécsi Szent István templom kőből épült vázszerkezete; fotó: Bostenaru Mária, 2006
Fig. 1: Skeleton structures out of stone material: the Saint Stephen church in Vienna; Photo: Maria Bostenaru, 2006.

1. táblázat: Favázás épületek anyagai a földrengés-hajlamos vidékeken
Table 1: Materials of the timber skeleton buildings in earthquake prone regions

	Alpok	Portugália
Térkitöltés	vályog	mészkö
Váz	tölgyfa (néha fenyőfa)	erdei fenyő és tölgyfa
Tető	tölgyfa	erdei fenyő és tölgyfa
Födém	tölgyfa	erdei fenyő és tölgyfa

Az ez irányú kutatások egyik korszerű irányzata az ún. evolutionary structural optimisation, amely fogalmat Xie és Steven (1997) indítványozták. Módszerűk több tudós munkájára épít, többnyire a számítógépes alakeredetre, az ún. 'morphogenesis' irányzatra. Az International Association for Shells and Spatial Structures keretében külön munkacsoport foglalkozik ezzel a témával. Eltekintve a módszer számítógépes megközelítéseinek ismertetésétől, az evolutionary structural optimisation eljárás lényege: az eredeti szerkezet optimális alakjához úgy jut el, hogy a hatástalan elemeit lépésről lépésre eltávolítja. Ezt a 20. századi elméletet, csakúgy, mint a Raumplan-ét, a

gyakorlati alkalmazása megelőzte. Ugyanis 1755-ben, a lisszaboni földrengés elmúltával a romba dőlő város újjáépítésére Pombáli márkájánál egy épület típust, melyben a kőanyag és a fa oly módon működnek együtt az épület szerkezetében, mely az említett elmélet szerinti optimalizálás korai nyilvánulásának tekinthető. A felső emeletek belső kőfalába egy "gaiola

pombalina"-nak nevezet 3D-s faszervezet volt beépítve (Cardoso, Lopes, Bento és D'Ayala 2004). Földrengés esetén a külső falak kieshettek, majd a gaiola kötőmése is, mint energia szétosztó elemek, de az épület állva maradt, és így a benne levők védve voltak. Hogy mely elméletek forrásai lettek ezeknek az épületeknek a jellemzői, erről a következő fejezetben lesz szó.

2. táblázat. Építőanyagok jellemzői az Alpok-vidéki favázás szerkezetű lakóépületeknél

Table 2: Characteristics of the building materials in residential buildings with timber skeleton in the Alpine region

Szerkezeti elem	Építőanyagok	Szilárdsági jellemzők	Keverék arány / méretek
Térkitöltés	vályog vesszőfonással erősítve	–	agyag (10%) + iszap (0.002-0.06 mm szemes agyag) + homok + kavics. Gyakran szalmát adtak hozzá (pelyvával): lásd www.fachwerkhaus.de 4-5 ladik (tölgyfa, 3-5 cm széles) volt szükséges a kb. 1 m széles keret betöltéséhez.
Váz (történelmi épületek)	tölgyfa (néha fenyőfa)	rugalmassági modulusz: 6,9 – 11,8 GPa; húzószilárdság: 128 MPa Nyomószilárdság: 50 MPa Hajlítószilárdság: 100 MPa Nyírószilárdság: 77 MPa	
Váz (új épületek)	douglas fenyő vagy rétegelt fa	rugalmassági modulusz: 7,0 – 14,1 GPa Húzószilárdság: 25,0 MPa Nyomószilárdság: 10,8 MPa Hajlítószilárdság: 84 MPa Nyírószilárdság: –	küszöb: 13/18(20, 21), 15/20, 16/21 cm keresztrúd: 12/12(14), 13/13(15, 18) cm sarokcölöp: 13/13(16), 15/15, 16/16, 21/21 cm cölöp: 12/12(14,16), 13/13(15,16) cm gyámfa: 12/16, 13/18 cm váz: 12/16, 13/18, 16/21 cm (Stade, 1904)
Födém	tölgyfa	lásd feljebb	2-5 cm vastag palánkok födémgerenda: 2.5 – 16 cm (0.80m arasz – 4.5m arasz)
Tető	tölgyfa	lásd feljebb	szarufa 8/8 – 28/30 cm (Stade, 1904)

Vázszerkezetű kőépületek viselkedése földrengés alatt

Az 1999. évi törökországi földrengések után kiderült, hogy a himiş néven ismert, (2. ábra) helybeli favázás épületszerkezetek viselkedése lényegesen jobb a földrengés alatt (Gülkan és Langenbach 2004). Így alakult irányzattá az ún. "helyi földrengési kultúra". E kultúra létezésének tulajdonították a már említett lisszaboni favázás épületek előnyös viselkedését is. Ám véleményem szerint (Bostenaru 2005a) épp ellenkezőleg: az ilyen szerkezetű épületek keletkezésének sokkal inkább a városi életmód és a „kőház tartósabb a faháznál” hagyományos szemlélet lehetett az oka, mint a tudatos földrengésvédelem.

Az építőanyagok szimbolikája

Az építészethez köthető fogalmak és vélekedések már szerepelnek a bibliai történetekben, a népmesékben és napjainkban is, mint például Michael

Ende: A végtelen történet című meseregényében (Ende 1980).

Ismert a népszerű angol népmese: The Three Little Pigs, a három kis malacról, melyek úgy védekeznek a farkastól, hogy szalmaház után faházba, faház után kőházba menekülnek. Walt Disney is készített rajzfilmet ennek alapján. Pszichológiai értelmezés szerint, az emberiség fejlődése történeleméhez köthető: "a fűház lehet akár a gyűjtögető társadalom jelképe, a faház a félnomádé, a kőház a letelepedetté, a farkas pedig a természeté, ami szeszélyes és veszélyes lehet"

(http://www.nandu.hu/Magyar/Utazasok/Paris2003/Paris03_6.htm).

Viszont a szalmaház gyorsabban készül el, mint a kőház, amelynek felépítéséért sokkal többet kell dolgozni, és kevesebb idő jut játékra, szórakozásra. Az első két kismalac is kevésbé gondol a jövő veszélyeire, mint a jelen élvezetére. Ugyanaz a tanulság mint a La Fontaine: Tücsök és a hangya tanmeséjében, de egy

Mérföldkövek

Milestone

népmese másként hat. Az értelem utáni keresés választ lelhet a mesében. Az élt élet valóságát mutatja és lehetséges életterveket ad. Mivelhogymindenki alkalmas a hős szerepére, mindig lehetséges azonosulni a főszereplővel. Habár e mesében állatok fokozatok jelennek meg (Bostenaru és Kauffmann, 2002; Lenz, 1997).



2. ábra. Egy hagyományos épület részlete a földrengéses vidék szívében, Golcuk, Törökország, 1999 októberében. A fotót 1999-ben Randolph Langenbach készítette: (<http://conservationtech.com/>, <http://traditional-is-modern.net>) és szíves engedélyével közöljük.

Fig. 2: Detail of traditional construction in heart of earthquake area, Golcuk, Turkey, October, 1999. Photo courtesy of Randolph Langenbach (<http://conservationtech.com/>, <http://traditional-is-modern.net>), 1999.

A román jókívánság házasságra: „casă de piatră”, ami kőházat jelent. És ami az építőanyagokat illeti, a fokozat hidakhoz kötődik, egészen egy dalig arról, melyik hidat viszi el a víz. A román dalban a kőhidat is elviszi a víz, és egy újabbat, tartósabbat és szebbet fognak építeni lejjebb a folyó mentén, ahol mélyebb és veszélyesebb a víz. Gyerekjáték is van a dalhoz.

Az ideologizálástól eltekintve, a kőházat, mivel munkai igényesebben és drágábban készül, a társadalom gazdagabb rétegeinek szánták. Ami a természet erőt illeti: tűzvész gyakrabban semmisített meg városokat az elmúlt századokban, mint földrengés,

mely magyarázhatatlanabb és ezért inkább Isten akaratának volt tekinthető.

Ami a tartósságot illeti, a faházak némelyike évszázadokat is átélt. Így megmaradtak a német Fachwerk házak, azaz a faváz szerkezetűek, melyek 700 évesek (Lachner 1887). Bebizonyosodott, hogy ezek a földrengéssel szemben ellenállóbbak (3. ábra), de nem ez volt az oka az oly mértékű elterjedésüknek, hogy egyes városok összképét is meghatározták, amint ezt a következő alfejezetben kifejthetjük.

Vázszerkezetű kőépületek alaktana és a hajószerkezet

Korábban megállapítottuk (Bostenaru, 2005a), hogy a hajó metafora és a mérnöki formák közt bizonyos összefüggés uralkodik. Ezt a homlokzat és a belső terek szintjén tanulmányoztuk. Az építészeti, előzőekben említett harmadik szintje a teherviselő szerkezet, de, mint láttuk, ez is csak e két építészeti szinttel összeépítve érvényesítheti az építészeti minőséget.

A terek az őket körülvevő fizikai elemeknek pozitív mátrixa, melyek körülhatárolják a terek légtérét. A tér a történelem hordozója. A funkcióhoz kötődő hangulata révén nevelő hatása van. Anyaga a fizikai felhasználásának a tárgya. A tér mindmennyi érzést keltve érzékelhetően nyílik meg; Az érzékelés lényeges elemei a mozgás és az érintés. Innen ered az anyagok és a tér időbeli változásainak ún. 'parcours' jelentősége. Az anyagok szerkezeti szerepét másképp szólva a szerkezetan (tektonika) fejezi ki. Viollet-le-Duc elméletét is a szerkezetan inspirálta csakúgy, mint Gottfried Semper már említett nézetét a szerkezet és a díszítés viszonyáról. A szerkezetan a látható díszítéssel eltakart építészeti szerkezet gyakorlata. Egyidejűleg az építészeti tér, forma, funkció és anyagok szövete és felülete. A teherviselő szerkezet a beltér minőségéhez formájával, méreteivel, anyagával és az építési részletek kidolgozottságával járul hozzá.

A 3. ábra és a himiş épülettípus (2. ábra) említett példái dacára, a faváz szerkezetű házak jellemzően mégsem a leginkább földrengéshajlamos vidékeken épültek, hanem a tengerparti városokban és környékükön. Ezekben a városokban természetesen létezett a hajóépítéshez szükséges kellő szakértelem. Cardoso, Lopes és Bento (2004) említi, hogy Pombalino épületeinek szerkezetét a hajóépítés ösztönözte. A német Fachwerk épületeknek szerkezetileg legtisztább formája szintén tengerparton található, az északi vidékeken. Egy igazi hajóépítő szerkezetet fejlesztettek ki és adták át a középkori mesterek, mely szerkezet konzolos gerendák sorozatán alapul.



a.)



b.)

3. ábra. Favázás tartószerkezetű lakóépületek földrengéshajlamos vidékeken: a.) Fachwerk, Basel, Svajc; b.) Gaiola Pombalina, Liszabona, Portugália, a faváz a belső felvételeken látható Randolph Langenbach fényképein a <http://conservationtech.com/gaiola.html> honlapon; Fotó: Bostenaru Mária, 2004/2005.

Fig. 3: Residential buildings with timber skeleton load bearing structure in earthquake prone areas: a.) Fachwerk, Basel, Switzerland; b.) Gaiola Pombalina, Lisbon, Portugal, for interior views displaying the timber frame see the photographs by Randolph Langenbach at <http://conservationtech.com/gaiola.html>.

Photos: Maria Bostenaru, 2004/2005

A homlokzaton a hajó metafora formailag közelíthető meg. Ilyen példa Vágó Józsefnek, az Arkád bazár épülete Budapesten (4. ábra), de ilyen Giuseppe Terragni úttörő Novocomum épülete is (5. ábra), mely felpezsdítette a modern olasz építészetet. Különben Marcello Piacentini olasz építész figyelemmel kísérte a századeleji új magyar építészetet (Piacentini, 1921). A belső tér viszont szerkezetileg a hajó metaforához közelített. Még névadásuk is ezt tükrözi: a templomok belső beosztását hajónak nevezik. A gótikus épületekben a „hajók” mennyezetének a szerkezetét a vízijármű-szerkezetek szabályai szerint alakították ki (1. ábra). A madárkalitka szerkezet világosan felismerhető. Ez a térhatású (3D) szerkezet közös a hajókéval, de a favázás szerkezetű épületekkel is. A gótika eme jellemző kőszerkezet típusa először Franciaországban jelent meg (Saint Denis templom Párizs mellett) és onnan terjedt el, ugyanúgy, mint a

vasbeton, mely – igaz más filozófia szerint – ugyancsak kitűnően alkalmas vázszerkezetek építéséhez. Bostenaru (2005a) a vasbeton vázszerkezet elterjedését a kétdimenziós térhatása helyett a helybeli, városi szövetnek tulajdonítja, mely részben a városi hagyományok, vagyis az életmód eredménye. Ugyanis, visszautalva alaktani elemzésünkre, a városrendezésben sokkal jelentősebb az épület ún. tartalma. Ám ez az érvelés még nem magyarázza meg teljesen a Franciaországból elterjedő gótika hajóra emlékeztető kőház-szerkezeteket. A magyarázat a tartószerkezet terhelő igénybevételben keresendő. Tekintettel a gótikus templomok magasságára, a szélterhelésük jelentős, és e terhekkel szemben ellenállónak tervezték a hajóazonos szerkezetüket. A szélterhelés iránya és hullámszerűen ismétlődő változása a hajót terhelő vízhullámokéhoz hasonló. Így a hajóknál bevált szerkezet jó például szolgált, függőlegesen tükrözve, épü-

Mérföldkövek

Milestone

letszerkezetnek is, melyben a mennyezetet úgy alakították mint a hajók alsó részét. Egy ilyen szerkezet földrengéssel szemben is kellően ellenállónak bizonyult, mivel a földrengés erői is vízszintesen és hullám



4. ábra. Vágó József épülete: Arkád bazár (1909) Budapesten, Fotó: Bostenaru Mária, 2006

Fig. 4: Turn-of-century building by József Vágó: Arkád Bazár (1909) in Budapest; Photo: M. Bostenaru, 2006

Következtetések. Eredmények

Az alaktan alkalmazása eredményesnek bizonyult az ún. helybeli földrengési kultúra szétszórt tényei közötti összefüggések feltárásához. A népmesék szerint a kőanyag nyújtja a legnagyobb biztonságot. Az 1755-i földrengés azonban, mely Liszabont sújtotta, az ellenkezőjét bizonyította. A Pombáli márkí által, a korbeli nagy mérnöki tudáson alapuló, kőfalakkal határolt épületszerkezetek tulajdonképpen megtartják ezt a tulajdonságot, de a kőfalak favázis szerkezettel vannak megerősítve. Építési kőanyagokat nemcsak vázszerkezetű épületek falaiba építették térhatárolóként, hanem a hajószerű madárkalitka szerkezetet átörökítő gótikus épületekbe is, mégpedig ezekben a kő egyaránt váz és térhatároló, szerkezet és díszítés, azaz az alaktan minden elemében valamilyen szerepet játszó anyag. És a látszólag elszigetelt elméletek, függetlenül attól, hogy alkalmazásuk a népi mondákban, a barokk törvényhozásban vagy az új, égnek emelkedő istenházak tervezésében fordulnak elő, összefüggnek.

Köszönetnyilvánítás

Szerző köszönetet mond Dr. Rui Pinho irányításáért, amelyet a CA'REDIVIVUS tudományos terv keretében készült cikkhez nyújtott, és az Európai Bizottságnak, amely ezt a tervet anyagilag támogatta a 6. keretprog-

szerűen hatnak. Különben a földrengéskor az épületet terhelő erők közel hasonlóak a jégbeszorult vízi járműre ható erőkhez is.



5. ábra. Giuseppe Terragni első lakóépülete: Novocomum (1927-28), Como, Olaszország. Fotó: Bostenaru Mária, 2005.

Fig. 5: Giuseppe Terragni's first housing building: Novocomum (1927-28), Como, Italy. Photo: Maria Bostenaru, 2005.

ram humán erőforrás és mobilitás (HRM) témakör részét képező Marie Curie Intra-European Fellowship akció keretében megkötött MEIF-CT-2005-009765 számú szerződéssel.

Hivatkozások

Bostenaru Dan M., Kauffmann M. (2002): *Führungs- und Herrschaftsbilder in Märchen*. Referat Blockseminar Mitarbeiterführung, Dozentin: Andrea Kronenthaler, Berufsorientierte Zusatzqualifikation Projektmanagement, Fakultät für Geistes- und Sozialwissenschaften, Universität Karlsruhe (TH), 1-28, kiadatlan.

Bostenaru Dan M. (2004): *Fachwerkhaus in Dreiländereck* (Half-timbered house in the "border triangle"). In: Brzev S., Greene M. (műszaki szerk.) *World Housing Encyclopaedia summary publication 2004*. EERI, Oakland, USA, Report #108.

Bostenaru Dan M. (2005a): *Reassessment of lessons learned from shells for spatial multi-storey structures*. In: Mihailescu M., Mircea C. (szerk.): *Proceedings of the International Symposium on shell and spatial structures*, Mediamira Könyvkiadó, Kolozsvár, Románia, II. kötet, 503-510.

Mérföldkövek

Milestone

Bostenaru Dan M. (2005b): (Un)Sincerity in the Exterior Expression: Spatial Structures in the Avantgarde Architecture. In: Mihailescu M., Mircea C. (szerk.): *Proceedings of the International Symposium on shell and spatial structures*, Mediamira Könyvkiadó, Kolozsvár, Románia, II. kötet, 753-760.

Cardoso R., Lopes M., Bento R. (2004): Earthquake resistant structures of Portuguese old 'pombalino' buildings. In: *Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering*, IAEE, Vancouver B.C., Kanada, Paper #918.

Cardoso R., Lopes M., Bento R., D'Ayala D. (2004): Historic, braced frame timber buildings with masonry infill ('Pombalino' buildings). In: Brzev S., Greene M. (műszaki szerk.) *World Housing Encyclopaedia summary publication 2004*. EERI, Oakland, USA, Report #92.

Ende M. (1980): *Die unendliche Geschichte*. Thiene-Verlag, Stuttgart, Németország (27. kiadás 1997).

Gülkan P., Langenbach R. (2004): The earthquake resistance of traditional timber and masonry dwellings in Turkey. In: *Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering*, IAEE, Vancouver B.C., Kanada, Paper #2297.

Lachner C. (1887): *Geschichte der Holzbaukunst in Deutschland*. E. A. Seemann, Leipzig, Németország. (új nyomtatás a "libri rari"-ban, Hannover, Németország, 1983), 1-132 és 1-130 (első és második rész).

Lenz F. (1997): *Bildsprache der Märchen*. Urachhaus, Stuttgart, Németország, (nyolcadik kiadás), 34. - 36. Tsd.

Piacentini M. (1921): Il momento architettonico all'estero, in *Architettura e Arti Decorative* 1 (May-June 1921), p. 32-76.

Stade F. (1989): *Die Holzkonstruktionen*. Werner-Verlag, Düsseldorf, Németország. 1904-iki kiadás új nyomtatása.

Xie Y. M., Steven G. P. (1997): *Evolutionary Structural Optimization*, Springer, London, 1-188.