

Pálfy, J. 2012. Viszlát triász, szia jura: Egy eseménydús időszakhatár rétegtana és földtörténete (Goodbye Triassic, hello Jurassic: Stratigraphy and Earth history across an eventful period boundary). EMT Bányász–Kohász–Földtani Konferenciája, Absztraktkötet, Arad, Románia, 12–18.

MTA–MTM–ELTE Paleo contribution number: 159.

Viszlát triász, szia jura: Egy eseménydús időszakhatár rétegtana és földtörténete

Goodbye Triassic, Hello Jurassic: Stratigraphy and Earth History Across an Eventful Period Boundary

PÁLFY József

ELTE Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C;
MTA-MTM-ELTE Paleontológiai Kutatócsoport, 1431 Budapest, Pf. 137; palfy@nhmus.hu

Abstract

*The boundary between the Triassic and Jurassic periods and systems has long been recognized to coincide with some of the most remarkable events in the Mesozoic. Here I briefly review the synchronous mass extinction in marine and terrestrial ecosystems, global greenhouse warming, and major perturbations in the carbon cycle recorded in carbon isotope excursions, as signals of linked changes in the Earth system. Extensive continental flood basalt volcanism of the Central Atlantic Magmatic Province is likely to have triggered all these events, starting a cascade of environmental and biotic crises. Recent studies by our research team in stratigraphic sections in Hungary and Austria have also contributed to the development of models of Triassic-Jurassic boundary events. The Global Stratotype Section and Point for the Triassic-Jurassic boundary has recently been defined in the Kuhjoch section (Tyrol, Austria) at the first appearance of the ammonite *Psiloceras spelae*. This level slightly postdates the main changes in this and other correlative sections.*

Kulcsszavak: triász-jura határ; kihalás; szénizotóp-anomália; Globális Sztratotípus Szelvény és Pont; Közép-Atlanti Magmás Provincia

1. Bevezetés

A mezozoikum határait a földtörténet elsőrendű fontosságú eseményei jelölik ki: az éra kezdete a perm végi kihalással, vége pedig a kréta végi kihalással esik egybe. E két eseményhez a fanerozoikum élővilágának legintenzívebben tanulmányozott válságai és egyidejű jelentős környezetváltozások kapcsolódnak. Nem kevésbé izgalmas, és az utóbbi években szintén a kutatások fókuszába került földtörténeti események jelzik a mezozoikumon belül a triász és jura időszakok határát. A triász végi kihalás szintén az „Öt Nagy” fanerozoikumi kihalás egyike [42]. A Föld alrendszerének működésében ekkor jelentkező, egymással összekapcsolódó változásokról mind több adatunk gyűlik össze [17]. A téma aktualitásához az is hozzájárul, hogy 2011-re került végleges kijelölésre az időszakok határát rögzítő rétegtani „aranyszög”, azaz a jura bázisának Globális Sztratotípus Szelvénye és Pontja (GSSP) [20]. Mivel a témában magyar nyelven 2006-ban megjelent kismonográfia [33] óta is igen gazdag szakirodalmi termés született, hasznos lehet röviden ismét összefoglalni a triász-jura határ eseményeivel kapcsolatos mai ismereteinket és a határ rétegtani státuszát a szélesebb szakmai közönség számára is. Bár a terjedelmi korlátok miatt eltekintek az illusztrációktól, viszont a kulcsfontosságú közelmúltbeli munkákra hivatkozva teret adok egy olyan részletességű irodalomjegyzéknek, amely kiindulópontot jelenthet a téma iránt mélyebben érdeklődő olvasó számára.

2. Triász–jura határeseemények

2.1. Tömeges kihalás

A fanerozoikum élővilágának diverzitástörténetét vizsgáló szinoptikus tanulmányok mindegyike tömeges kihalást jelez a triász végén [49, 1]. Jól ismert, és az időszakhatár megvonásában is elsődleges jelentőségű az ammoniteszek nagymérvű kihalása és kicserélődése a triász végén, amelyen csak a Phylloceratinae és Lytoceratinae leszármazási vonalak húzódnak keresztül. A triász rétegtan számára szintén kulcsfontosságú konodonták véglegesen áldozatul esnek a kihalásnak [32]. A sekélytengeri zátonyközösségek krízisét a korallok diverzitásának összeomlása, és a jura elejére jellemző zátonyhézag jelzi [22, 9]. Ellentmondásosabb a radiolaria faunaváltás, amely különösen a Pacifikum egyes helyi szelvényeiben jól korrelálható, nagy fajkicserélődésként jelentkezik [5], míg a globális adatbázisok vizsgálata alapján kevésbé tűnik markánsnak [21]. A szárazföldi növények körében többek között a régóta ismert grönlandi flórákban [26, 27] és a gazdag palinológiai leletanyag alapján ismert észak-amerikai Newark-medencebeli együttesekben [6] mutattak ki flóraváltást. A kontinentális faunákban a triászra jellemző hullókk kihalása után a jura elejétől jutnak uralomra a dinoszauruszok [4].

2.2. A szénkörforgás zavarai

A nagy kihalások közül a triász végi esemény volt az utolsó a sorban a kapcsolódó szénizotóp-anomáliák kimutatását illetően [39, 52, 15]. Az elmúlt évtizedben sorra váltak ismertté olyan szelvények, amelyekben egy kezdeti és egy fő negatív szénizotóp-anomália jelentkezik [18]. Ellentmondásosabb a jura elején fellépő pozitív anomália megléte [54, 2], és egyelőre kevés az adat a szénkörforgás esetleg már a triász végén fellépő, a későbbiek előfutáraként értelmezhető zavaraira [44]. A szénizotóp-anomáliák értelmezése fontos a rendszerszintű jelenségek megértéséhez, de rétegtani korrelációs szerepük is kiemelkedő.

2.3. Környezet- és éghajlatváltozás

A triász végének környezetváltozásai az óceánok kemizmusának változásában és globális felmelegedésben is jelentkeznek. Geokémiai és őslénytani proxik adatsorai egyaránt nagy mértékű változásokat jeleznek. Szuper-üvegház klímára utaló légköri széndioxid-koncentrációra engednek következtetni a *Ginkgo*-félék és más növények levelein megfigyelt sztómák (gázcsere nyílások) sűrűségének változásai [51]. A forró éghajlat a mállás intenzitásának növekedését is magával hozta, amely a tengervíz Sr és Os izotóp-összetételének változásaiban is tetten érhető [7]. A tengervíz karbonát-telítettsége viszont olyan mértékben csökkenhetett, ami a mészkiválasztó élőlények, elsősorban a vastag és nagy tömegű vázat építő hiperkalcifikáló szervezetek számára volt hátrányos. Ez közrejátszott a korallok kihalásában, és ez vezethetett pl. a megalodontid kagylók diverzitás- és méretcsökkenéséhez is [13]. A mészkiválasztási krízis üledékföldtani bizonyítéka lehet a világszerte számos szelvényben megfigyelt fáciesváltozás, a karbonátos képződmények törmelékes üledékekkel való helyettesítése, illetve hiátus fellépése [14]. A számos esetben megfigyelt üledékhézag egy másik valószínűsíthető oka a globális tengerszint csökkenése a határintervallumban [16].

2.4. A Közép-Atlanti Magmás Provincia vulkanizmusa

A triász-jura határ tájékán indult el a Föld arculatának hosszú távú megváltozásához vezető folyamat, a Pangea feldarabolódása. A szuperkontinens riftesedését feltehetően köpenyeredetű plume jellegű vulkanizmus idézte elő, amelynek képződményei alkotják a Közép-Atlanti Magmás Provinciát (KAMP) [12]. A hatalmas területi kiterjedésű és térfogatú kontinentális árbazalt képződése egyre több kutató vélekedése szerint közvetlen előidézője lehetett a triász-jura határhoz kötődő környezeti és élővilághbeli eseményeknek.

3. A triász-jura határ kormeghatározása

A földtörténeti időskála mind pontosabb kalibrációja folyamatosan napirenden lévő tudományos célkitűzés. A jura időskála kalibrációjáról a évezred elején közöltem tanulmányt [38], melyet később frissítettem [34]. A legtöbbit hivatkozott kalibrált időskála átfogó kézikönyvben jelent meg [30], melynek frissített kiadása 2012-ben várható.

3.1. Vulkáni tufaszintek tengeri szelvényekben

A földtörténeti időskála modern kalibrációban kulcsszerepet játszanak a biosztratigráfiailag jól tagolt tengeri rétegsorokba települő vulkáni tufákon mért pontos és megbízható U-Pb kormeghatározások. A kanadai Queen Charlotte-szigetek triász-jura határszelvényéből közölt $199,6 \pm 0,4$ Ma kor [37] mindaddig elfogadott volt [30], amíg a továbbfejlesztett módszerek segítségével Peruból [47] és Nevadából [48] hasonló rétegtani helyzetű tufákon kissé idősebb korokat mértek ($201,6 \pm 0,3$ Ma, $201,4 \pm 0,2$), amihez hasonló eredményt adott a kanadai minták újvizsgálata is [35]. Így mai legpontosabb ismereteink alapján az időszakhatár kora $201,4$ Ma-re tehető.

3.2. A Közép-Atlanti Magmás Provincia kormeghatározása

A földtörténet egyik legnagyobb kiterjedésű árbazalt-területének képződményein számos $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ kormeghatározást végeztek. Ezeket összegezve és szigorú minőségi követelmények alapján szűrve a KAMP képződésének időszaka ugyan 202 és 190 Ma tehető, de maximuma egy ennél egy nagyságrenddel szűkebb időintervallumban, 200 Ma körül következett be [29]. A legújabb kutatások egyrészt rámutattak az $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ és U-Pb koradatok közti szisztematikus különbségre, ami figyelembe veendő a két módszer eredményeinek összehasonlításakor, másrészt a KAMP vulkanitokon is sikerült $201,4 \pm 0,3$ Ma U-Pb kort mérni [48], ami erősítette a vulkanizmus és az időszakhatár korának valós egyezését. A legújabb $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ kormeghatározások tovább erősítik a KAMP kiterjedését és a triász-jura határeseemények egyidejűségét [25].

3.3. Asztrókronológia

Az egyre pontosabb radiometrikus kormeghatározások mellett a földtörténeti időskála finomításában mind nagyobb jelentőséget kapnak a ciklussztratigráfián alapuló asztrókronológiai módszerek. A Pangeán kialakult riftmedencék tavi rétegsorai, pl. az észak-amerikai Newark-medence ciklusos üledékei alkalmasak mágneses sztratigráfiával kombinált asztrókronológiai skála felépítésére a késő triászban és a legkorábbi jurában [31]. Hasonló módszerrel a marokkói Argana-medencében is sikerült néhány tízezer éves felbontással meghatározni a triász-jura határ és a KAMP egyes kiterjedési fázisainak kronológiáját [8]. A hettangi emelet hosszának meghatározásában is nagy jelentőségű az asztrókronológia, Milankovitch-ciklicitású dél-angliai rétegsorok vizsgálata alapján a jura első korszaka 2 millió évnél rövidebb lehetett [46].

4. A triász–jura határ sztratotípusa (GSSP)

A kronosztratigráfiai és geokronológiai egységek határainak kijelölését a Nemzetközi Rétegtani Bizottság (ICS), illetve annak albizottságai (jelen esetben az ISJS, Nemzetközi Jura Rétegtani Albizottság) és az azokon belüli munkacsoportok végzik. A jura és a hettangi emelet bázisáról hosszú éveken keresztül folyt heves tudományos vita, amelyhez kapcsolódó kutatások során új rétegtani adatok sokasága is született.

4.1. A határmegvonás javasolt kritériumai

Mivel a mezozoikum vezérvonalai hagyományosan az ammoniteszek, ezért a triász-jura határ klasszikus értelmezése is a triászra jellemző ammonitesz csoportok eltűnésén és a jurára jellemzőnek tekintett legősibb ammonitesz nemzetségen, a *Psiloceras* első megjelenésén alapult. Az ammoniteszek súlyos válsága miatt gyakoriságuk a kritikus intervallumban olyan alacsony, hogy alternatív biosztratigráfiai kritériumként a radiolariák markáns faunaváltása merült fel. Az egyre több helyről kimutatott negatív szénizotóp-anómália pedig azért is került a szóba jöhető kritériumok sorába, mert tengeri és szárazföldi szelvények korrelációjára is használható [28].

4.2. A javasolt határszelvények

A GSSP-jelölt szelvények közül először a klasszikus délnyugat-angliai St Audrey's Bay-re érkezett javaslat [53], de ennek a szelvénynek a hátránya a triász ammoniteszek teljes hiánya. A nevadai New York-kanyonban egymás fölött fordul elő a rhaeti *Choristoceras* és hettangi *Psiloceras*, és a szénizotóp-anómália is segíti a korrelációt [24]. A kanadai Queen Charlotte-szigetek faunája radiolariákban gazdagabb, mint ammoniteszekben, a Kunga-sziget szelvényére éppen az ott

megfigyelt éles radiolaria fajkicserélődés miatt érkezett javaslat [23]. A perui Utcubamba-völgyben is részletesen kidolgozott az ammonitesz biosztratigráfia, de ezt a javaslatot betervezője visszavonta, miután egy alkalmasabbnak tűnő szelvényre bukkant az Északi-Mészkőalpokban [20]. Ez a szelvény, a tiroli Kuhjoch csak az elmúlt években vált ismertté, de mindjárt igen intenzív kutatások helyszínévé lett. Érkezett még javaslat az írországi Waterloo-öbölre is [50].

4.3. A döntés: GSSP Kuhjoch-szelvényében

Több szavazási forduló után 2010-ben vált véglegessé és hivatalossá, hogy a triász-jura határ GSSP-jét Kuhjoch-szelvényében a *Psiloceras spelae* ammonitesz-faj első megjelenésénél találjuk [19]. Az „aranyoszög” ceremóniális beverésére 2011. nyarán került sor. Ezzel az ammonitesz biosztratigráfusok nézete kerekedett felül, a határ megvonása a hagyományosan legősibb jura nemzetség legkorábbi fajának első megjelenésén nyugszik. A határ alatt több mint 5 méterrel található a Kösseni Formáció és a Kendlbach Formáció határa, amely helyileg nem csak a fő kihalási eseménnyel esik egybe, de ott jelentkeznek a markáns kezdeti negatív szénizotóp-anomália [45], sőt a karbonátos fáciest is ott váltja fel a „Grenzmergel” agyagos, sziliciklasztos sorozata. Az új definíció szerint tehát a kronosztratigráfiai és geokronológiai határ valamivel későbbi, mint az időszakhatár intervallumát földtörténetileg jellemző legfontosabb események. A GSSP előnye viszont, hogy a szelvényből az elmúlt évek intenzív kutatásai nyomán gazdag mikropaleontológiai leletanyag ismert, elsősorban a palinológiai [3] és foraminifera adatok értékesek.

5. vizsgálatok egy másik ausztriai szelvényben

Ugyan Kuhjoch lett a sztratotípus szelvény, de az északi-mészkőalpokbeli Eiberg-medence legrégebb óta vizsgált, klasszikus triász-jura határszelvénye a Kendlbachgraben. Új kutatásaink ezen a lelőhelyen az éghajlat- és környezetváltozás jellemzésére, illetve a KAMP vulkanizmusával való korrelációra fókuszáltak. Az agyagásvány-összetétel alapján a „Grenzmergel”-ben kimutatható a kaolinit dominanciájával jellemzett, azaz a korábnál forróbb és nedvesebb éghajlatú periódus [55]. A Kösseni Formáció legtetjén pedig a nehéz ritkaföldfémek dúsulása, piroxén utáni goethit pszeudomorfózák és agyagásványosodott szferulák utalnak vulkáni eredetű, feltehetően a KAMP kitöréseiből származó, távolra eljutó szórt anyag jelenlétére [36].

6. Magyarországi kutatási eredmények

Magyarország területén három földtani egységben, különböző kifejlődési viszonyok között tanulmányozhatóak a triász-jura határt tartalmazó rétegsorok. Ezek vizsgálatában az elmúlt évtizedben fontos eredmények születtek, és további kutatások is folyamatban vannak [40].

6.1. Csővár

Nemzetközi jelentőségű a Duna-balparti rögökhöz tartozó csővári Vár-hegy határszelvénye, ahonnan a világon elsők között sikerült kimutatni negatív szénizotóp-anomáliát a triász-jura határon [39]. Az intraplatform-medence rétegsorának további vizsgálata integrált sztratigráfiai megközelítéssel igazolta a különböző ősmaradványcsoportok segítségével is meghúzható határ körüli változásokat [41]. Legjelentősebb a palinológiai vizsgálatok által feltárt spóracscsúcs, a prazinfita algák gyakorisági maximuma, és a $\delta^{13}\text{C}$ anomália egybeesése, ami a szárazföldi és a tengeri környezeti és ökológiai krízisek egyidejűségét igazolja [10]. A rétegsor ciklicitása Milankovitch sávba eső tengerszintváltozásokra enged következtetni [11].

6.2. Dunántúli-középhegység

A Bakony karbonátos platformjának legteljesebb, ám mégsem teljesen folyamatos rétegsora a Kőris-hegyen tanulmányozható. A *Triasina hantkeni* foraminifera és a nagy méretű megalodontid kagylók kimaradása, a *Dasycladacea* algák váltása egybeesik a Dachsteini Mészkő és Kardosréti Mészkő határával. Folyamatban lévő vizsgálataink célja annak értelmezése, hogy a karbonátos platform triász-végi változásai hogyan tükrözik a globális eseményeket.

6.3. Mecsek

Szárazföldi fáciesű rétegsorban hazánkban a Mecseki Kőszén Formációban mutatható ki a triász-jura határ. A rétegtani tagolás és az öskörnyezeti értékelés egyaránt palinológiai alapon nyugszik. Fúrási rétegsorok újvizsgálata a ciklikus kifejlődésű kőszéntelepességen belül a határintervallumban a folyóvízi, delta és mocsári környezetek rövidtávú ciklicitását mutatta ki, a csapadékosság jelentős megnövekedése mellett [43].

7. Összefoglalás

Régóta ismertek és a közelmúltban intenzíven kutattak a triász-jura határon bekövetkezett földtörténeti események. Ebben a tanulmányban tömör összefoglalását adtam az egyidejű tengeri és szárazföldi kihalási eseményeknek, a globális felmelegedésnek, és a szénizotóp-anomáliákban testet öltő szénkőforgásbeli zavaroknak, amelyek együttesen a Föld alrendszerének összekapcsolódó perturbációjára utalnak. A szakirodalmi áttekintés mellett a tanulmány röviden bemutatja kutatócsoportunk olyan magyarországi és ausztriai szelvényekben elért eredményeit is, melyek hozzájárulnak a triász-jura határesemények jobb megismeréséhez. A Közép-Atlanti Magmás Provincia hatalmas kontinentális árbazalt kiömlései tekinthetők az események elsőrendű kiváltó okának, mélyreható a környezeti és élővilágbeli változásokat indítva el. A triász-jura határ sztratotípusa (GSSP) a közelmúltban került kijelölésre az ausztriai Kuhjoch szelvényében, a *Psiloceras spelae* ammonitesz első megjelenésénél. Megállapítható azonban, hogy ebben és a többi párhuzamosítható szelvényben ez a rétegtani szint a legfontosabb események után jelentkezik.

A kutatást az OTKA K72633 projekt támogatta. A tanulmány az MTA-MTM-ELTE Paleontológiai Kutatócsoport 159. közleménye.

Irodalom

- ALROY, J. 2008: Dynamics of origination and extinction in the marine fossil record. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **105**. 11536–11542.
- BARTOLINI, A., GUEX, J., SPANGENBERG, J. E., SCHOENE, B., TAYLOR, D. G., SCHALTEGGER, U. ATUDOREI, V. 2012: Disentangling the Hettangian carbon isotope record: Implications for the aftermath of the end-Triassic mass extinction. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, **13**.
- BONIS, N. R., KURSCHNER, W. M., KRYSZYN, L. 2009: A detailed palynological study of the Triassic-Jurassic transition in key sections of the Eiberg Basin (Northern Calcareous Alps, Austria). *Review of Palaeobotany and Palynology*, **156**. 376–400.
- BRUSATTE, S. L., BENTON, M. J., LLOYD, G. T., RUTA, M., WANG, S. C. 2011: Macroevolutionary patterns in the evolutionary radiation of archosaurs (Tetrapoda: Diapsida). *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, **101**. 367–382.
- CARTER, E. S., HORI, R. S. 2005: Global correlation of the radiolarian faunal change across the Triassic-Jurassic boundary. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **42**. 777–790.
- CIRILLI, S. 2010: Upper Triassic-lowermost Jurassic palynology and palynostratigraphy: A review. In: S. G. LUCAS (szerk.), *The Triassic Timescale*. Geological Society, London, Special Publications. Geological Society, London, London, pp. 285–314.
- COHEN, A. S., COE, A. L. 2007: The impact of the Central Atlantic Magmatic Province on climate and on the Sr- and Os-isotope evolution of seawater. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **244**. 374–390.
- DEENEN, M. H. L., RUHL, M., BONIS, N. R., KRIJGSMAN, W., KUERSCHNER, W. M., REITSMA, M., VAN BERGEN, M. J. 2010: A new chronology for the end-Triassic mass extinction. *Earth and Planetary Science Letters*, **291**. 113–125.
- FLÜGEL, E., KIESSLING, W. 2002: Patterns of Phanerozoic reef crises. In: W. KIESSLING, E. FLÜGEL J. GOLONKA (szerk.), *Phanerozoic Reef Patterns*. SEPM (Society for Sedimentary Geology), Tulsa, Oklahoma, pp. 691–733.
- GÖTZ, A. E., RUCKWIED, K., PÁLFY, J., HAAS, J. 2009: Palynological evidence of synchronous changes within the terrestrial and marine realm at the Triassic/Jurassic boundary (Csovar section, Hungary). *Review of Palaeobotany and Palynology*, **156**. 401–409.

11. HAAS, J., GÖTZ, A. E. PÁLFY, J. 2010: Late Triassic to Early Jurassic palaeogeography and eustatic history in the NW Tethyan realm: New insights from sedimentary and organic facies of the Csővár Basin (Hungary). *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, **291**. 456–468.
12. HAMES, W. E., MCHONE, J. G., RENNE, P. R. & RUPPEL, C. (szerk.) 2003: *The Central Atlantic Magmatic Province: Insights from fragments of Pangea*. Geophysical Monograph Series, 136. American Geophysical Union, Washington, DC, 267 o.
13. HAUTMANN, M. 2006: Shell mineralogical trends in epifaunal Mesozoic bivalves and their relationship to seawater chemistry and atmospheric carbon dioxide concentration. *Facies*, **52**. 417–433.
14. HAUTMANN, M., BENTON, M. J. TOMASOVYCH, A. 2008: Catastrophic ocean acidification at the Triassic–Jurassic boundary. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, **249**. 119–127.
15. HESSELBO, S. P., ROBINSON, S. A., SURLYK, F. PIASECKI, S. 2002: Terrestrial and marine mass extinction at the Triassic–Jurassic boundary synchronized with major carbon-cycle perturbation: A link to initiation of massive volcanism? *Geology*, **30**. 251–254.
16. HESSELBO, S. P., ROBINSON, S. A. & SURLYK, F. 2004: Sea-level change and facies development across potential Triassic–Jurassic boundary horizons, SW Britain. *Journal of the Geological Society, London*, **161**. 365–379.
17. HESSELBO, S. P., MCROBERTS, C. A. PÁLFY, J. 2007: *Triassic–Jurassic boundary events: Problems, progress, possibilities (Special Issue)*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 244 (1–4). Elsevier, Amsterdam, 423 o.
18. HESSELBO, S. P., MCROBERTS, C. A. PÁLFY, J. 2007: Triassic–Jurassic boundary events: Problems, progress, possibilities. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **244**. 1–10.
19. HILLEBRANDT, A. V. KRYSZYN, L. 2009: On the oldest Jurassic ammonites of Europe (Northern Calcareous Alps, Austria) and their global significance. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, **253**. 163–195.
20. HILLEBRANDT, A. V., KRYSZYN, L. KUERSCHNER, W. M. 2007: A candidate GSSP for the base of the Jurassic in the Northern Calcareous Alps (Kuhjoch section, Karwendel Mountains, Tyrol, Austria). *International Subcommission on Jurassic Stratigraphy Newsletter*, **34**. 2–20.
21. KIESSLING, W. DANELIAN, T. 2011: Trajectories of Late Permian - Jurassic radiolarian extinction rates: no evidence for an end-Triassic mass extinction. *Fossil Record*, **14**. 95–101.
22. LATHUILIERE, B. MARCHAL, D. 2009: Extinction, survival and recovery of corals from the Triassic to Middle Jurassic time. *Terra Nova*, **21**. 57–66.
23. LONGRIDGE, L.M., CARTER, E.S., HAGGART, J.W., P.L. SMITH 2007: The Triassic-Jurassic transition at Kunga Island, Queen Charlotte Islands, British Columbia, Canada. *International Subcommission on Jurassic Stratigraphy Newsletter*, **34**. 21–33.
24. LUCAS, S.G., TAYLOR, D.G., GUEx, J., TANNER, L.H., KRAINER, K. 2007: Updated proposal for Global Stratotype Section and Point for the base of the Jurassic System in the New York Canyon area, Nevada, USA. *International Subcommission on Jurassic Stratigraphy Newsletter*, **34**. 34–42.
25. MARZOLI, A., JOURDAN, F., PUFFER, J. H., CUPPONE, T., TANNER, L. H., WEEMS, R. E., BERTRAND, H., CIRILLI, S., BELLINI, G. DE MIN, A. 2011: Timing and duration of the Central Atlantic magmatic province in the Newark and Culpeper basins, eastern U.S.A. *Lithos*, **122**. 175–188.
26. MCELWAIN, J. C. PUNYASENA, S. W. 2007: Mass extinction events and the plant fossil record. *Trends in Ecology Evolution*, **22**. 548–557.
27. MCELWAIN, J. C., POPA, M. E., HESSELBO, S. P., HAWORTH, M. SURLYK, F. 2007: Macroecological responses of terrestrial vegetation to climatic and atmospheric change across the Triassic/Jurassic boundary in East Greenland. *Paleobiology*, **33**. 547–573.
28. MORTON, N. 2008: The International Subcommission on Jurassic Stratigraphy. *Proceedings of the Geologists' Association*, **119**. 97–103.
29. NOMADE, S., KNIGHT, K. B., BEUTEL, E., RENNE, P. R., VERATI, C., FERAUD, G., MARZOLI, A., YOUNI, N. BERTRAND, H. 2007: Chronology of the Central Atlantic Magmatic Province: Implications for the Central Atlantic rifting processes and the Triassic-Jurassic biotic crisis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **244**. 326–344.
30. OGG, J. G. 2004: The Jurassic Period. In: F. M. Gradstein, J. G. Ogg A. B. Smith (szerk.), *A Geologic Time Scale 2004*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 307–343.
31. OLSEN, P. E., KENT, D. V., ET-TOUHAMI, M. & PUFFER, J. 2003: Cyclo-, magneto-, and bio-stratigraphic constraints on the duration of the CAMP event and its relationship to the Triassic-Jurassic boundary. In: W. E. Hames, J. G. McHone, P. R. Renne & C. Ruppel (szerk.), *The Central Atlantic Magmatic Province: Insights from fragments of Pangea*. Geophysical Monograph Series. American Geophysical Union, Washington, DC, pp. 7–32.
32. ORCHARD, M. J. 2010: Triassic conodonts and their role in stage boundary definition. *Geological Society, London, Special Publications*, **334**. 139–161.

33. PÁLFY, J. 2006: *A triász végi és a kora jura tömeges kihalás*. Általános Földtani Szemle Könyvtára 1. Hantken Press, Budapest, 76 o.
34. PÁLFY, J. 2008: The quest for refined calibration of the Jurassic time-scale. *Proceedings of the Geologists' Association*, **119**. 85–95.
35. PÁLFY, J. MUNDIL, R. 2006: The age of the Triassic/Jurassic boundary: new data and their implications for the extinction and recovery. *Volumina Jurassica*, **4**. 294.
36. PÁLFY, J. ZAJZON, N. (in revision) Environmental changes across the Triassic-Jurassic boundary and coeval volcanism inferred from elemental geochemistry and mineralogy in the Kendlbachgraben section (Northern Calcareous Alps, Austria). *Earth and Planetary Science Letters*.
37. PÁLFY, J., MORTENSEN, J. K., CARTER, E. S., SMITH, P. L., FRIEDMAN, R. M. TIPPER, H. W. 2000: Timing the end-Triassic mass extinction: First on land, then in the sea? *Geology*, **28**. 39–42.
38. PÁLFY, J., SMITH, P. L. MORTENSEN, J. K. 2000: A U-Pb and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ time scale for the Jurassic. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **37**. 923–944.
39. PÁLFY, J., DEMÉNY, A., HAAS, J., HETÉNYI, M., ORCHARD, M. VETŐ, I. 2001: Carbon isotope anomaly and other geochemical changes at the Triassic-Jurassic boundary from a marine section in Hungary. *Geology*, **29**. 1047–1050.
40. PÁLFY J. és 12 munkatársa 2006. The Triassic/Jurassic boundary in three contrasting facies in Hungary. *Volumina Jurassica*, **4**. 292–293.
41. PÁLFY, J., DEMÉNY, A., HAAS, J., CARTER, E. S., GÖRÖG, Á., HALÁSZ, D., ORAVECZ-SCHEFFER, A., HETÉNYI, M., MÁRTON, E., ORCHARD, M. J., OZSVÁRT, P., VETŐ, I. ZAJZON, N. 2007: Triassic-Jurassic boundary events inferred from integrated stratigraphy of the Csovar section, Hungary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **244**. 11–33.
42. RAUP, D. M. SEPKOSKI, J. J., JR. 1982: Mass extinctions in the marine fossil record. *Science*, **215**. 1501–1503.
43. RUCKWIED, K., GÖTZ, A. E., PÁLFY, J. TÖRÖK, Á. 2008: Palynology of a terrestrial coal-bearing series across the Triassic/Jurassic boundary (Mecsek Mts., Hungary). *Central European Geology*, **51**. 1–15.
44. RUHL, M. & KÜRSCHNER, W. M. 2011: Multiple phases of carbon cycle disturbance from large igneous province formation at the Triassic-Jurassic transition. *Geology*, **39**. 431–434.
45. RUHL, M., KUERSCHNER, W. M. KRYSZYN, L. 2009: Triassic-Jurassic organic carbon isotope stratigraphy of key sections in the western Tethys realm (Austria). *Earth and Planetary Science Letters*, **281**. 169–187.
46. RUHL, M., DEENEN, M. H. L., ABELS, H. A., BONIS, N. R., KRIJGSMAN, W. KURSCHNER, W. M. 2010: Astronomical constraints on the duration of the early Jurassic Hettangian stage and recovery rates following the end-Triassic mass extinction (St Audrie's Bay/East Quantoxhead, UK). *Earth and Planetary Science Letters*, **295**. 262–276.
47. SCHALTEGGER, U., GUEX, J., BARTOLINI, A., SCHOENE, B. OVTCHAROVA, M. 2008: Precise U-Pb age constraints for end-Triassic mass extinction, its correlation to volcanism and Hettangian post-extinction recovery. *Earth and Planetary Science Letters*, **267**. 266–275.
48. SCHOENE, B., GUEX, J., BARTOLINI, A., SCHALTEGGER, U. BLACKBURN, T. J. 2010: Correlating the end-Triassic mass extinction and flood basalt volcanism at the 100 ka level. *Geology*, **38**. 387–390.
49. SEPKOSKI, J. J., JR. 1996: Patterns of Phanerozoic extinction: a perspective from global data bases. In: O. H. Walliser (szerk.), *Global Events and Event Stratigraphy in the Phanerozoic*. Springer, Berlin, pp. 35–51.
50. SIMMS, M. J., JERAM A. J. 2007: Waterloo Bay, Larne, Northern Ireland: a candidate Global Stratotype Section and Point for the base of the Hettangian Stage and Jurassic System. *International Subcommission on Jurassic Stratigraphy Newsletter*, **34**. 50–68.
51. STEINTHORSDOTTIR, M., JERAM, A. J. MCELWAIN, J. C. 2011: Extremely elevated CO₂ concentrations at the Triassic/Jurassic boundary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **308**. 418–432.
52. WARD, P. D., HAGGART, J. W., CARTER, E. S., WILBUR, D., TIPPER, H. W. EVANS, T. 2001: Sudden productivity collapse associated with the Triassic-Jurassic boundary mass extinction. *Science*, **292**. 1148–1151.
53. WARRINGTON, G., COPE, J. C. W. & IVIMEY-COOK, H. C. 1994: St Audrie's Bay, Somerset, England: a candidate Global Stratotype Section and Point for the base of the Jurassic System. *Geological Magazine*, **131**. 191–200.
54. WILLIFORD, K. H., WARD, P. D., GARRISON, G. H. BUICK, R. 2007: An extended organic carbon-isotope record across the Triassic-Jurassic boundary in the Queen Charlotte Islands, British Columbia, Canada. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **244**. 290–296.
55. ZAJZON, N., KRISTÁLY, F., PÁLFY, J. NÉMETH, T. (in press) Detailed clay mineralogy of the Triassic-Jurassic boundary section at Kendlbachgraben (Northern Calcareous Alps, Austria). *Clay Minerals*.