

Ősmaradványok nyomában
Ipolytarnóc földtani megismerése I.

A kötetet kiadja: Bükki Nemzeti Park Igazgatóság
Felelős kiadó: Rónai Kálmánné igazgató
A kötetet szerkesztette: Guba Szilvia, Szarvas Imre
Technikai szerkesztés és grafikai-nyomdai előkészítés:
Guba Szilvia, Nicklas Larsson

Megjelent 600 példányban
Nyomdai munka: Polár Stúdió

ISBN 978-963-9817-66-1

© 2016 A kiadványban szereplő szöveg és képek szerzői jogvédelem alatt állnak. A mű a kiadó hozzájárulása nélkül nem reprodukálható, engedély nélküli felhasználása és publikálása nem megengedett.

Újabb eredmények az ipolytarnóci cápafo- gas rétegről, illetve annak faunájáról

Kocsis László

Bevezetés

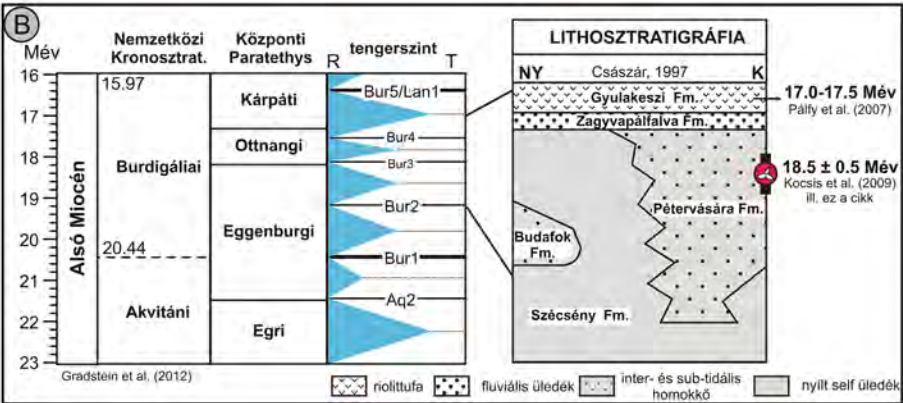
Ipolytarnóc világhírű leleteinek kutatása több mint másfél évszázados múltra tekint vissza. Ezen időszak alatt sokan foglalkoztak a híres kovásodott fatörzssel, a lábnyomos homokkövel, ill. a gazdag fosszilis flórával (BARTKÓ, 1985; HABLY, 1985; KORDOS, 1985). A területen a szárazföldi rétegek fekéjében, egyes tengeri homokkő rétegekből gazdag porcoshal (cápa, rája) fauna került elő (KOCH, 1903). Ennek revíziója újabb leletek begyűjtésével egy szakdolgozat formájában (KOC SIS, 2003), illetve további újraértékelése során egy összefoglaló cikkben jelent meg (KOC SIS, 2007). Az elmúlt években néhány ipolytarnóci cápafo-
g különböző geokémia módszerekkel is meg lett vizsgálva egy Közép-Európára kiterjedő, miocén Paratethys-i cápafo-
gas lelőhelyeket kutató munkában több más magyar lelőhellyel egyetemben (KOC SIS et al., 2009). Itt ezen őslénytani, illetve geokémiai témájú cápafo-
g-kutatásokat foglaljuk össze néhány új adat tükrében Ipolytarnóc kutatásának 175 éves évfordulójának alkalmából.

Földtani háttér

Ipolytarnóc környékének tengeri rétegei az ún. Észak-magyarországi paleogén medence üledékes rétegsorába illeszkednek. Ezen medence üledékes képződményei a késő-eocéntól kora-miocénig rakódtak le a Buda- és a Darnó-vonal között (BÁLDI, 1983; SZTANÓ, 1994).

Az egri-eggenburgi korú Szécsényi Slír Formáció már Ipolytarnóc közvetlen környezetében, mind fúrásban (Ipolytarnóc-9), mind pedig a felszínen megtalálható. A formáció vastagsága a medence központi részén az 1000 métert is elérheti. Ipolytarnócon az oligocén vastagságát 300–400 méterre becsülik, de csak a felső, kb. 150–200 méter vastag alsó-miocénből vannak közvetlen adataink (BARTKÓ, 1985). Ipolytarnóc közelében legjobban a Botos- és a Borókás-árok tárja fel. Az innen származó foraminifera és molluszka fauna partközeli, nyílttengeri fáciesű, a helyi képződmények kora eggenburgi (NYÍRÓ, 1967; CSEPREGHY-NÉ, 1967; BARTKÓ, 1985). A Szécsényi Slírt fedő, ill. egyes területeken ezzel laterálisan összefogazódó formációk: keleten a sekélytengeri Pétervásárai Homokkő Formáció – átlagos vastagsága 200–400 méter –, nyugaton a litorális kifejlődésű Budafoki Formáció – átlagos vastagsága 80–100 méter (STEININGER & SENEŠ, 1971; BÁLDI, 1983; SZTANÓ, 1994; CSÁSZÁR, 1997) (1. ábra).

Az ide sorolható ipolytarnóci tengeri képződmények – melyekben az ún. „cápafo-
gas homokkő” is található – korára vonatkozó korábbi megállapításo-



1. ábra (A) Ipolytarnóc és környékének térképe. Pirossal a szomszédos, hasonló korú cápafogas lelőhelyek vannak jelölve (HANO & SENEŠ, 1952; HOLEC et al., 1995). Továbbá a szövegben, illetve az ábrákon szereplő környékbeli, fiatalabb lelőhelyek kékel (KOCH, 1904; KORDOS & SOLT, 1984; SOLT, 1987, 1992), illetve a Mecsek környéki áthalmazott, valószínűleg középső-miocén eredetű faunák (KOC SIS, 2002) lelőhelyei zölddel szerepelnek. (B) Az Ipolytarnóc régiójában található rétegek lito- és kronosztratigráfiája a legújabb geológiai korszaklát követve (GRADSTEIN et al., 2012).

kat Csepregyhyné 1967-es cikkében foglalta össze és ezek alapján a rétegeket a burdigáliaiba sorolta. STEININGER & SENEŠ (1971) Ipolytarnóchoz közel a határ mentén három eggenburgi faciosztratotípust is elkülönített a szlovákiai területen. Mindhárom lelőhelyre jellemzőek a tengeri gerinces-maradványok, melyek főleg cápafogak. A 16-os sztratotípus (Lipovany 239-240) elterjedési területébe

belevették az Ipolytarnóc környéki tengeri képződményeket is. Ezen határmenti alsó-miocén rétegeket VASS (1992) a Filakovo Homokkő Formációban foglalta össze.

BÁLDI (1983) mind a Pétervásárai Homokkő Formációt, mind pedig a Budafoki Formációt eggenburgi korúnak írta le, míg HÁMOR (1985) az előbbit késő-oligocén (egri), míg utóbbit az eggenburgi emeletbe tartozónak tekinti.

BARTKÓ (1985) Ipolytarnócon a slír és a szárazföldi rétegek közötti 50–60 méter vastagságban kifejlődött, homokos, aprókavicsos, alárendelten agyagos, gyakran glaukonitos rétegeket eggenburginak gondolta és a feljebb említett két formáció alatt tárgyalta.

SZTANÓ (1994) a szlovákiai Filakovo Formációt a Pétervásárai Homokkő Formációval azonosította. Ezek a főleg közép- és durvaszemcsés, keresztretegzett homokkövek árapály uralta környezetben rakódtak le. A parttal közel párhuzamos áramlások mozgatta dűnesorok alkotják, melyek a medence mélyebb részei felé fokozatosan kisebb dűnékbe, hullámfodrokba mennek át. Végül a legtávolabbi területeken a slírképződményekkel fogazódnak össze ÉNy felé, ahol az ipolytarnóci tengeri képződmények is találhatóak (SZTANÓ, 1994).

Az ipolytarnóci terület ezen tengeri rétegeinek foraminifera faunájával MAJZON (1950) és NYÍRÓ (1967), molluszka faunájával KOCH (1903); SZALAI (1924) és CSEPREGHYÉ (1967), míg gerinces-maradványaival KOCH (1903) foglalkozott.

A tengeri képződményeket a Zagyvapálfalvi Formáció kontinentális képződményei fedik le. Ipolytarnóc területén a formáció alsó részét kavics- és konglomerátumrétegek alkotják, ebből kerültek elő a kovásodott fenyőfa híres maradványai. A formáció felső részét az ún. „ipolytarnóci rétegek”, vagyis a lábnyomos homokkő rétegei alkotják. Ezen szárazföldi rétegek vastagsága 30–60 méter. Erre az „alsó riolittufa”, Gyulakeszi Riolittufa Formáció, rétegei rakódtak, melynek átlagos vastagsága 30–100 méter. A tufa K/Ar mérések alapján 19.6 ± 1.4 millió évesre volt korolva (BARTKÓ, 1985; HÁMOR, 2001), de újabban cirkon kristályokon mért U/Pb korok alapján ezen rétegek mindössze ~17–17.5 millió évesek (PÁLFY et al., 2007).

Rétegtani megfigyelések és vizsgálatok

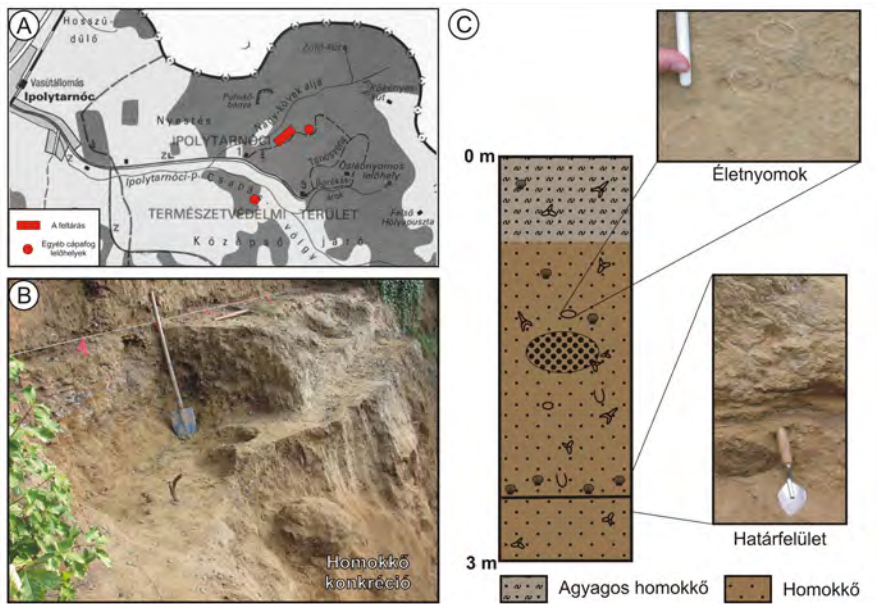
A cápafogakat tartalmazó homokkővet és annak faunáját Koch Antal (1903) tanulmányozta először. Az ősmaradványokban gazdag rétegeket így jellemezte: „E homokkő piszkos rozsdásbarna-sárga, meglehetősen durvaszemű, itt-ott aprókavicsos. Zárványai szürkétől kezdve feketéig színezett quarcznak szögletes még, de jól koptatott szemcséi, elég gyakori fehér csillámpikkelykék és egyes nagyobb quarczkavicskák is. Kötőszere vasrozsdás mészmárga. Előfordulnak benne szézyes alakú fehér márgagumók és limonitkonkréciók is, de gyéren elszórva.”

CSEPREGHYÉ (1967) a cápafogas réteget és közvetlen fedőjét világossárga, néhol vöröses színezetű, márgás, helyenként aprókavicsos és kissé glaukonitos

homokkőként jellemezte. A fedőben lazább és keményebb, kevésbé glaukonitos homokkő váltakozását írta le.

A 2002-ben az általunk folytatott ásátások során a természetvédelmi területen egy ÉK–DNy-i csapású, 8 méter hosszú, 3 méter magas feltárás lett létesítve. Ez felül szürkés, márgásabb, kötöttebb, míg lejjebb sárgás rozsdabarna, porhanyós finom- és közpszemű, helyenként csillámos homokkővet tár fel (2. ábra). Itt a homokkő nem glaukonitos, bár glaukonitra emlékeztető szemcsék ritkábban előfordulnak benne. A feltárást tekintve a homokkő egyveretű, homogén. Alsó harmadában figyelhető csak meg egy élesebb határfelület, mely felett néhol feldúsulnak a molluszkahéjak, alatta tovább folytatódik a finomszemű porhanyós homokkő. A rétegsor középső részén a homogenitást egy nagy (50×45×30 cm) kemény, meszes kötésű, homokkő konkréció töri meg. Ennek környezetében egyes ősmaradványok (fogak, csigolyák, korallok) kisebb fajta feldúsulása volt megfigyelhető. Az ásátás során előkerült cápa fogak töredékesek, az ép példányok nagyon ritkák. A fogzómarc felülete sok maradványon meglehetősen kopott vagy teljesen hiányzik.

A homokkőben helyenként életrnyomok, járatok figyelhetők meg, melyek főleg táplálkozás (Fodinichnia), illetve lakóhely (Domichnia) kategóriákba sorol-



2. ábra (A) Az Ipolytarnóci Ősmaradványok természetvédelmi területen található fontosabb cápa fogas kibukkanások, illetve a 2002-ben létesített ásátási szelvény helyei, (B) fotója, illetve (C) rétegsora.

hatók és *Skolithos* (esetleg *Cruziana*) ichnofáciest jeleznek (Babinszki E. szóbeli közlés). Ezen ichnofáciések közepes-erős energiaszintű üledékkepződési környezetre utalnak (FREY & PEMBERTON, 1984; PEMBERTON et al., 1992).

A folyamatosan vett iszapolási mintákban nagy mennyiségben fordultak elő nagy méretű, vastag falú bentoszforaminiférák. *Lenticulina limbosa*; *Lenticulina* cf. *arcuatostriata*; *Lenticulina cultrata* fajok és a *Planularia* valamint a *Nodosaria* nemek példányait lehetett elkülöníteni, mely taxonok normál sótartalmú sekély-tengerekben éltek (Horváth M. szóbeli közlés).

A feltárásból vett nannoplankton-mintákban áthalmazott felső-kréta, eocén, oligocén és alsó-miocénben elterjedt alakok fordulnak elő. A flóra összetétele alapján egy ottngangi, esetleges legfelső eggenburgi kor feltételezhető (Nagy-marosy A. szóbeli közlés).

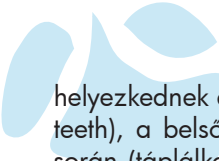
A cápafogak rossz megtartási állapota, töredezettsége, kopottsága azt sugalja, hogy ezek lerakódásuk után akár többszörösen is áthalmazódhattak, ill. erős áramlások által szállíthatódtak, koptathatódtak. A rétegszerkezet ugyan nem támasztja alá az erős áramlás viszonyokat, azaz nincsenek hullámfodrokra, dűnékre utaló nyomok, ezeket a sok, helyben élt élőlény bioturbációs tevékenysége (Izd. életnyomok, járatok) eltüntethette. Szintén az erős vízmozgásra utalhat a bentoszforaminiférák nagy mérete és vastag váza. A nagy homokkő konkréción – mint egy esetleges korábban konszolidálódott üledék maradványa – áramlásárványékos oldalán kisebb mértékben feldúsult ősmaradványok is ezt bizonyíthatják.

Ezen rétegtani megfigyelések beleilleszthetők a kora-miocén eleji eggenburgi képbe. Ekkor az Észak-magyarországi paleogén medence keleti szegélyén árapályáramlás uralta kőzetek képződtek (Pétervásárai Homokkő). A parttal közel párhuzamos áramlások mozgatta dűnesorok, durvább üledékes kőzetek ÉNy felé fokozatosan finomodva mennek át a medence központi részén lerakódott slírképződményekbe (SZTANÓ, 1994).

Elképzeltető, hogy lokálisan dúsulhattak a cápafogak ezen árapály uralta homokkőben, erre jó példa a mučín-i lelőhely Szlovákiában, ahol egy réteg mentén, ún. „zsebekben” fordulnak elő a maradványok (Hornaček, M. szóbeli közlés, 2003). Ilyen lokális dúsulások Ipolytarnócon is lehettek, ugyanis KOCH (1903) leírása szerint egy órán belül kb. 100 cápafogat gyűjtöttek. Ezek meglétére, a fenti eredmények további alátámasztására, ill. cáfolására újabb terepi vizsgálatok szükségesek.

Cápa fogakról általánosan

A cápák és ráják a porcoshalak (Chondrichthyes) osztályába tartoznak, így vázuk csak esetenként fosszilizálódik, ebből adódóan a teljes cápaleletek ritka ősmaradványnak számítanak. Ezzel szemben fogaik igen ellenállóak és a leggyakoribb gerinces-maradványok közé tartoznak. A cápák fogai több sorban



helyezkednek el. A legkülső sor az, ami általában használatban van (functional teeth), a belsőbb sorok fejlődés alatt vannak (developing teeth). A használat során (táplálkozás; védekezés; párosodás) kihulló fog helyére a mögötte lévő sorból egy újabb lép. Fogaik az egész egyedfejlődés során pótlódnak, azaz a porcoshalak polyphyodontak. Így egy cápa az élete során akár több ezer fogat is elhullajthat, ebből adódik a fogak nagy száma egyes üledékes kőzetekben.

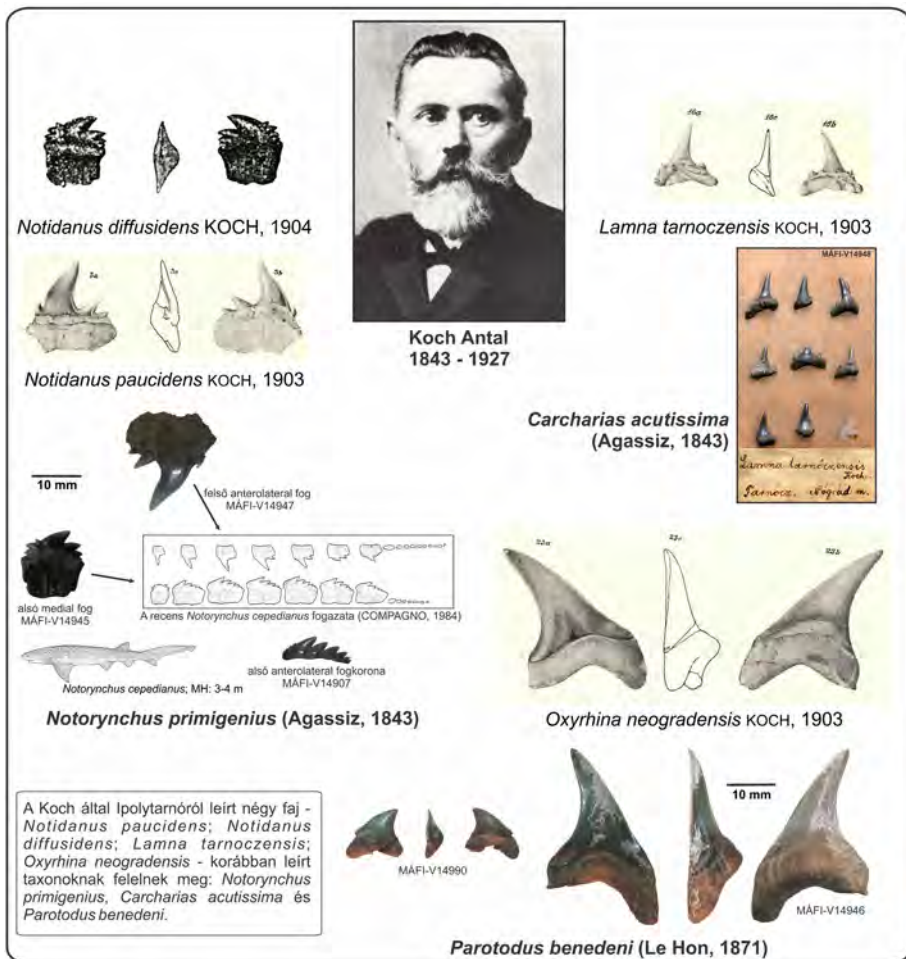
A cápafogak morfológiája igen különbözhet az állkapocsban elfoglalt helyük szerint (*heterodontia*). Ezzel magyarázható a fosszilis fajok korábban leírt igen nagy száma, mely fajok nagy része gyakran csak ezen pozícióbeli tévedésből jöttek létre. Ezt tovább bonyolítja, hogy a fogak morfológiája változhat az egyedfejlődés során, ill. az egyes fajoknál a hím és nőstény egyedek fogai is különbözhetnek egymástól (szexuális dimorfizmus). Ezek figyelembevételéhez igen fontos a recens fajok ismerete, ill. fogazatuk vizsgálata. Minél több recens összehasonlító anyag, tanulmány áll a palaeontológus rendelkezésére, annál biztosabban tudja a fosszilis anyagot feldolgozni. Az utóbbi időben több ilyen tanulmány készült egyes recens fajokra (SADOWSKY, 1970; TANIUCHI, 1970; COMPAGNO, 1984, 2002; PURDY, 1990) és fosszilis faunákra (CAPPETTA, 1987, 2012; PURDY et al., 2001; BOURDON, 2002). Ezen cikkek, tanulmányok segítségével, illetve recens állkapcsok tanulmányozásával lettek az ipolytarnóci cápa- és rájamaradványok újra vizsgálva (KOC SIS, 2003, 2007).

Az ipolytarnóci cápafauna kutatástörténete

Az ipolytarnóci cápafogokról először Koch Antal számolt be 1903-as úttörő munkájában. 8 nem 23 fajt írt le, melyek közül egy fajon belül további 3 fogalakot különített el (*Oxyrhina xiphodon* → *O. desori*, *O. hastalis* és *O. quadrans*). Három teljesen új fajt is bemutatott: *Notidanus paucidens*, *Lamna tar-noczensis* és *Oxyrhina neogradensis* (3. ábra). A cápafogakon túl cápacsigolyákról, halfogokról, krokodil-, ill. delfinmaradványokról is beszámolt.

Koch 1904-ben ismertette az Ipolytarnóctól 22 km-re nyugatra elhelyezkedő Felsőesztergály cápafaunáját. Ezen lelőhelyről az első adatokat Pethő (1883), ill. Schafarzik (1883) szolgáltatták. Koch 19 fajt közölt, melyek közül 11 Ipolytarnócon is megtalálható. Megállapította, hogy ezen lelőhelyen a „*Carcharodon*”¹ -félék, míg Ipolytarnócon a *Lamna*-félék az uralkodók. Továbbá csontoshal-, delfin-, cápafogú delfin- (*Squalodon*), szirén-, ill. szárazföldi emlősmaradványokat is megemlített. A két lelőhelyet azonos korúnak,

¹ A *Carcharodon* név idézőjelben szerepel mindenhol, ahol így hivatkoztak a fosszilis óriás cápára a „*Carcharodon*” *megalodon*-ra. Ezen név alatt a recens fehér cápa (*Carcharodon carcharias*) volt leírva elsőként, továbbá a „*megalodon*” sokkal távolabbi rokon minthogy egy nem alá tartoznának a recens fajjal. Legújabbán *Otodus* (*Carcharocles*), illetve *Otodus* (*Megaselachus*) nevek alatt szerepelnek ezen nagyméretű fogak (Ist. CAPPETTA, 2012).



3. ábra KOCH Antal, az ipolytarnóci cápa fogak úttörő kutatója és az általa leírt fajok Ipolytarnórról. Az eredeti ábrázolások (KOCH, 1903, 1904b) kiegészítve a gyűjteményekben fellelt eredeti fogak fotóival, illetve ezen fajok ma elfogadott nevezéktaival. Néhány további fog, melyeket KOCH írt le az 1903-as munkájában és ugyanezen fajokhoz lettek besorolva, szintén ábrázolva vannak: MÁFI-V14907 - *Notidanus* cf. *serratissimus*, AG. - KOCH, 1903 → p. 27, pl. I, fig. 2; MÁFI-V14990 - *Oxyrhina xiphodon*, NÖTLING non AG. - KOCH, 1903 → p. 35-36, pl. II, figs 21-24 (*O. quadrans* Ag).

alsó-miocénnek tekintette (KOCH, 1904a). Koch 1904-ben egy újabb faj leírásával – *Notidanus diffusidens* – gazdagította az ipolytarnóci faunalistát. Így már 4 új faj származott Ipolytarnórról (KOCH, 1904b).

LERICHE (1910) Belgium oligocén cápafojainak ismertetésekor a fajlistákba felvett egyes, Koch által közölt ipolytarnóci fogakat is, mely szerint három ipolytarnócról leírt fajt – *L. tarnoczensis*, *N. paucidens*, *O. neogradensis* – nomina dubiának tekintett és más taxonoknak feleltette meg őket.

VITÁLIS (1915) a Földtani Intézetben *Halfogtanulmányok* című szabad előadásában recens cápafojazatokon bemutatta, hogy az „ahány fog, annyi faj” felfogás nem állja meg a helyét, azaz egyazon cápának igen különböző típusú fogai lehetnek az állkapocsban elfoglalt pozíció szerint. Különböző fogtípusokat különített el: varrat (symphysis)-, mellső (anterior)-, hézag (intermediate)-, oldal-só (lateralis)-, ill. hátsó (posterior) vagy szájúg fogakat. A recens tanulmányok alapján két fosszilis cápafajt rekonstruált: a *Lamna reticulata*-t és a *Notidanus primigenius*-t. Így a *Lamna reticulata* felső állkapocs hézagfogainak gondolta az Ipolytarnócról említett *Lamna* cfr. *duplex*-et, lateralis fogainak a *L. tarnoczensis*-t és a *L. compressa*-t. A *Notidanus primigenius* felső állkapocsbeli lateralis fogainak az ipolytarnóci *Notidanus paucidens*-t és a *N. primigenius*-t gondolta, továbbá alsó állkapocsbeli legvégső lateralis fogának a *N. cfr. serratissimus*-t és kissé torzult alsó állkapocsbeli varratfogának a *N. diffusidens*-t vélte.

NOSZKY (1923) 1917 és 1919 között térképezte a Cserháttól északra eső területet. Felvételi térképén az ipolytarnócihoz hasonló kifejlődésű rétegeket jelöl a mai Dél-Szlovákiában, továbbá cápafoj-előfordulásokat említ Mučín településtől délre, egy kibúvásban. Magát a cápafojas homokkővet eleinte aquitáni, majd későbbi cikkeiben chatti emeletbe sorolta át (CSEPREGHY, 1967).

BARTKÓ (1938) rövid cikkben emlékezett meg az ipolytarnóci, ill. más magyarországi cápafojas lelőhelyekről. Megemlíti, hogy az itt leírt cápafajok csak meleg tengerben éltek.

VITÁLIS (1942) a *Notidanus primigenius* részletesebb leírását közölte a *Geologica Hungarica*-ban felhasználva az ipolytarnóci fogak mellett Mátraszőlősről és Felsősztergályról előkerült *Notidanus* fogakat is.

HANO & SENES (1952) gazdag cápafaunát írt le Rapovce-ről, mely Szlovákiában a határ mentén, Ipolytarnóctól kb. 7–8 km-re ÉÉK-re található. A cápafojak egy 8 m vastag molluszkás, lumasellás, kavicsos-homokos rétegből kerültek elő. Ezen réteget az aquitáni emeletbe sorolták. Fajlistájukba ők is felvettek egyes ipolytarnóci fogakat. BRZOBHATÝ & SCHULTZ (1971) ezen lelőhelyet a Központi-Paratethysre kidolgozott miocén kronosztratigráfiai egységek szerint eggenburgiba sorolta, és mint külön faciosztratotípushelyet említi.

SCHULTZ (1969) a Linz környékén előforduló alsó-miocén foszforithomokból közölt gazdag tengeri gerinces faunát és szintén felvett néhány ipolytarnóci leletet a fajlistájába.

KORDOS & SOLT (1984) az ipolytarnóci cápafojas homokkővet az alsó-miocén (eggenburgi) első üledékciklusának tengeri képződményei közé sorolta. Szerintük a cápafojak felhalmozódása enyhe emelkedésű tengerpartra transzgradáló

tenger partszegélyén lehetett. Továbbá elvégezték a régi irodalmakban szereplő nem és fajnevek revízióját. Így 9 cápa nem 12 fajtát említik. Végül megállapítják, hogy az kora-miocént az *Isurus-Lamna-Hemipristis* nemek, míg a késő-miocént (felső-badeni) a „*Carcharodon*”-*Myliobatis* dominanciája jellemzi.

Bartkó 1985-ben térképen jelölte az egyes cápafog előfordulásokat Ipolytarnóc környékén, továbbá utalt a cápafauna időszerű revíziójára. A cápafogak tömeges előfordulását és az apró kavicsos homokkővet közvetlen partszegély, csekély lejtésű part (strandfácies) bizonyítékának tekintette. Litosztratigráfiai egységként a Pétervásárai Homokkővet is említette, mely a tágabb környékén, sok helyen tartalmaz cápafogakat (SZTANÓ, 1994), bár gyakoriságuk igen változatos. Így BÁLDI (1983) említ Salgótarjától É-ra, a Sebaj-teleptől D-re lévő kőfejtőből cápafogakat, ill. FÖZY & LEÉL-ŐSSY (1985) Parád mellől, az Ilona-völgyből írt le egyetlen „*Carcharodon*” megalodon fogtöredéket.

HOLEC et al. (1995) az Ipolytarnóhoz közeli szlovákiai Mučínból írt le igen gazdag cápafaunát az eggenburgi korú Filakovo Formációból. 12 cápanem 15 fajtát határoztak meg, továbbá rája és cápafogú delfinmaradványokat (*Squalodon*) is közöltek.

KOCSIS (2003) az ipolytarnóci cápafogas rétegek faunájának újraértékelésével foglalkozott szakdolgozatában az ELTE TTK Őslénytani Tanszékén, szoros együttműködésben Dr. Kordos Lászlóval (az egykori Magyar Állami Földtani Intézet vezetője), illetve Szarvas Imrével az ipolytarnóci természetvédelmi terület vezetőjével. A klasszikus „kochi” cápafogas lelőhely sokáig „eltűnt” volt, kimerültnek hitték. A 80-as évek végén fedezte fel újra a Nemzeti Park egyik dolgozója – Juhász Tamás – egy útbevigás létesítése közben. Azóta a területről további, közel 500 db fogat gyűjtöttek be, melyek Ipolytarnócon, a kutatóházban, ill. a kiállítóteremben találhatóak. Ezen gyűjteményekben, illetve különböző közgyűjteményekben található, Ipolytarnócról előkerült cápafogak lettek számbavéve és újrahatózva. A Koch által egykor gyűjtött példányok nagy része a Magyar Állami Földtani Intézetben (MÁFI) található, összesen 217 db. A Magyar Természettudományi Múzeum (MTM) Őslénytárában 199 db cápafog-maradvány található, melyek főleg Noszky J. gyűjtéséből, ill. Streda R. hagyatékából származnak.

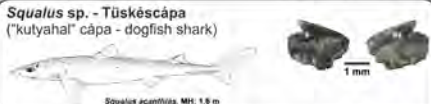
A 2002 nyarán szervezett ásatások, illetve szisztematikus gyűjtések és rendszeres iszapolási mintavételezések eredményeként a területre nézve teljesen új, kisebb termetű cápák (pl. *Squalus*, *Isistius*, *Scyliorhinus*), illetve ráják (*Aetobatus* – sasrája, *Dasyatis* – tuskésrája) fogai kerültek elő. Az ásatások során így további 815 db fogmaradványt sikerült regisztrálni.

A következő években több konzultáció történt a fosszilis cápák nemzetközileg elismert tudásával, Dr. Henri Cappetta-val (Montpellier Egyetem, Franciaország), melyek során a szakdolgozati faunalista néhány pontban tovább lett pontosítva (KOCSIS, 2007). Jelen állás szerint 19 cápa nem 16 fajta lett leírva

Ipolytarnócról, melyek közül 5 nem teljesen új Koch kora-múlt századi munkáihoz képest (*Squalus*, *Centrophorus*, *Isistius*, *Mitsukurina*, *Scyliorhinus*) (4. ábra). A Koch által leírt ipolytarnóci négy faj – *Notidanus paucidens*; *Notidanus diffusidens*; *Lamna tarnoczensis*; *Oxyrhina neogradensis* – ugyan már korábban meg voltak kérdőjelezve (LERICHE, 1910; VITALIS, 1915, 1942), itt tovább lettek értékelve és a következő, korábban leírt taxonoknak felelnek meg: *Notorynchus primigenius* (Agassiz, 1843), *Carcharias acutissima* (Agassiz, 1843) és *Parotodus benedeni* (Le Hon, 1871). Így sajnálatos módon a helyi, Ipolytarnócról leírt fajok "csak" tudománytörténeti jelentőséggel bírnak.

Squaliformes - Tuskéscápa-alakúak

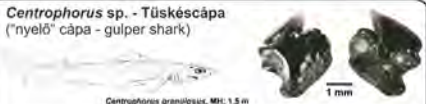
***Squalus* sp. - Tuskéscápa**
(*"kutyahal"* cápa - dogfish shark)



Squalus acanthias, MH: 1.8 m

Két fog került elő Ipolytarnócról. A nem a felső-krétától maig ismert, sok recens fajjal (~13). A *Squalus acanthias* a legjobban elterjedt, az borezális és meleg vizekben él. Az intertidális zónától főleg 600 méteres mélységig fordul elő. Főleg csonttalakkal táplálkozik (Compagno et al., 2005)

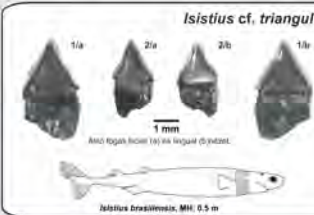
***Centrophorus* sp. - Tuskéscápa**
(*"nyelő"* cápa - gulper shark)



Centrophorus granulosus, MH: 1.5 m

Egyetlen fogat ismerünk Ipolytarnócról. A nem a felső-krétától ismert. A recens fajok mélytengeriek (1000-1500 m). Az Európa környéki *C. granulosus*, főleg 200-600 m között fordul elő, de néha sekélyebb vizekben is megjelenik (Compagno et al., 2005).


***Isistius* cf. *triangulus* (Probst, 1879) - Világítócsápa**



Több mint 20 fog került elő a lelőhelyről. A nem a felső-paleocéntől ismert, 3 recens faja van. A legjobban ismert *I. brasiliensis*, mely trópusi óceánok epipelágikus, bathypelágikus régióiban él 85-3500 méter között. A fiatal egyedek sekélyebb vizekben, parthoz közelebb is előfordulnak. Magyar neve a cápa erős zöld lumineszcálására utal, melyet a hasi oldalán a bőrébe ágyazódott fotoforok bocsátanak ki. Főként tintahalakkal és rákokkal táplálkozik. Sajátos fogalkozási szokása, hogy felső állkapocsbeli fogával nagyobb halakra, cápákra, tengeri emlősökre kapaszkodik, majd borzolásos alsó állkapocsbeli fogait áldozata húsaiba mélyesztve megpördülve kúpalkai húsdarabot harap (Compagno et al., 2005). Innen ered az angol neve "Cookiecutter shark", mely "süfivágo" vagy "sütforma" cápa lenne, utalva a kiharapott húsdarab alakjára.

Lamniformes - Heringcápa-alakúak

***Mitsukurina lineata* (Probst, 1879) - Koboldcápa**

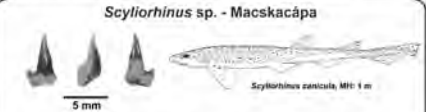


Nyolc fogat ismerünk Ipolytarnócról. A nemnek ez az egyetlen ismert faj a fosszilis képviselője. A recens faj, a külső kontinentális shelf és a kontinentális legő felső részének fenéklakó cápa. Alak 1300 méter mélységig is lemegy, de ritkán sekélyebb vizekben is előfordul. Halakkal, rákokkal, tintahalakkal táplálkozik (Compagno et al., 2005).

Mitsukurina owstoni, MH: 3.3 m

Carcharhiniformes - Kékcápa-alakúak


***Scyliorhinus* sp. - Macskacápa**



Ezen egyetlen töredékes fog nagy valószínűséggel a macskacápaikat képviseli. A nem az alsó-krétától van jelen, azóta rengeteg fajt jelent meg (Cappetta, 1987), ma 15 recens faja él. Az *S. canicula* Európa környéki tengeriekben nagy számban fordul elő. Férdeklő, néhány méteres vízmélységtől 110 méterig általánosan megtalálható. Főleg puhatestűekkel és rákokkal táplálkozik (Compagno et al., 2005).

Myliobatiformes - Sasrája-alakúak

***Dasyatis* sp. - Tuskés rája**



23 nőstény és 2 him fog reprezentálja a tuskés rájakat Ipolytarnócon. A nem maradványait a felső-kréta óta ismerjük (Cappetta, 1987). Magyarországon nagy mennyiségben fordulnak elő egyes eocén és miocén üledékekben. A mai tuskésrájak méreteiket, meleg tengerek szíjaitán élnek. Rákokkal, apró halakkal táplálkoznak. Általában 30-40 cm hosszúra nőnek (Bourdon, 2002).

4. ábra A 2002-es ásatások során előkerült új taxonok Ipolytarnócról, melyek közül néhány magyarországi tekintetben is újnak mondható (*Isistius*, *Centrophorus*, *Mitsukurina*).

62

A fauna értékelése


A nagyszámú előkerült cápafog megtartási állapota gyakran elég rossz, a fogak nagy része töredékes. Így csak kis hányadukat lehetett alacsonyabb rendszertani egységekbe pontosabban besorolni, ám a fauna összetétele már ezen fogak alapján is igen változatosnak mondható. A fogak zömét (63%) a *Carcharhinidae* (kékcápa-félék) és az *Odontaspidae* (homoki tigriscápa-félék) család adja (5. ábra). Mindkét családra jellemző a meleg mérsékelt és trópusi elterjedés, mely a teljes fauna nagy részére is igaz. Vannak kifejezetten trópusi alakok (pl. *Hemipristis* – egy simacápa-féle), de ritkán előfordulnak inkább boreális vizekben élők is (pl. *Squalus* – tuskécápa).

Az élőhely tekintetében is igen változatos a fauna. A két leggyakoribb család fajai főleg partközeli, sekélyebb vizekben fordulnak elő. A faunában ta-

Lamniformes - Heringcápa-alakúak

Család: *Odontaspidae* – tigriscápa-félék
Nem: *Carcharias* – homoki tigriscápa

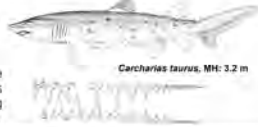
***Carcharias acutissima* (Agassiz, 1843)**



Felső látszat (1, 5-8), aljáról (2-4) és elülsőnézetből (4) fogak.
Alsó látszat (7) és elülső (8) fogak.


A *C. acutissima*-t az oligocén-től ismerjük. A miocénben szinte minden cápa fog lelőhelyéről előkerülnek maradványai. Egyes pliocén lelőhelyeken is előfordul, mely fogak már alig különböztethetők meg a recens *C. taurus*-tól (Cappetta, 1987).

A nemet az alsó-kréta óta ismerjük. A miocénben az Ipolytamócól is leirt két faj volt elterjedt (Cappetta, 1987). Ma egy recens fajja ismert a *Carcharias taurus*, mely általánosan elterjedt a mérsékelt és trópusi tengerek litorális övében. Főleg partok mentén, sekélyebb öbölkben, zátonyok mentén él. Maximum 190 méteres mélységig fordul elő a külső sell környékén. Főleg csontshalakkal táplálkozik, de a kisebb cápákat és rájakat sem veti meg, továbbá kagylót, rákot és tintahalat is fogyaszt (Compagno, 2005).



Carcharias taurus, MH: 3,2 m

***C. cuspidatus* * (Agassiz, 1843)**




A *C. cuspidatus* fogai robusztusabbak. A faj az oligocénben és a miocénben volt elterjedt, maradványai főleg Európából és Észak-Amerikából kerültek elő (Cappetta, 1987).

* A *C. cuspidatus* nemzetenkénti besorolása megváltozott, és Cappetta (2012) szerint az a faj ma az *Alopiasichthys* nembe tartozik az *Chelonia* jelöléssel csatlakoztatva.

Carcharhiniformes - Kékcápa-alakúak


Család: *Carcharhinidae* – kékcápa-félék
Nem: *Carcharhinus* – szirticápa

Faj: *Carcharhinus priscus* (Agassiz, 1843)



1-5, felső fogak, 6-8, első fogak.

Ipolytamócban a *Carcharhinidae* család fogai kerültek elő legnagyobb számban. A leggyakoribb maga a *Carcharhinus* nem, melyet a középső-eocéntől ismerünk. A nemzetség ma éli virágkorát több mint 30 fajjal (Compagno, 2005). Az Ipolytamóctól leirt *Carcharhinus priscus* az oligocénben jelent meg és a miocénben világszerte elterjedt volt (Cappetta, 1987).



Carcharhinus brachyurus, MH: 2,8 m

A recens fajok közül három, a *Carcharhinus brachyurus* (ld. ábra), a *C. perezi* és a *C. melanopterus* fogaira hasonlítanak leginkább az Ipolytamóci maradványok. A legtöbb szerző az első fajjal hozza összefüggésbe a fosszilis fajt (Purdy et al., 2001; Bourdon, 2002). Ez meleg-mérsékelt vizek igen elterjedt cápája. A parthoz közel és attól távolabb is előfordul, a felszíntől 100 méteres mélységig. Csontshalakkal, kisebb cápákkal, rájakkal táplálkozik (Compagno, 1984).

5. ábra Ipolytamóc két leggyakoribb cápacsoportja, a homoki tigriscápa (*Carcharias*), illetve a szirticápa (*Carcharhinus*).

lálhatók nyíltvízi alakok (pl. *Isurus* – makócápa, *Alopias* – rókacápa), közvetlen a part mentén élő nemek (pl. *Scyliorhinus* – macskacápa, *Hemipristis*), a kontinentális lejtő környéki, mélyebb vízi alakok (pl. *Mitsukurina* – koboldcápa, *Odontaspis*), illetve kifejezetten mélyvíziek (pl. *Isistius*, *Centrophorus*). Továbbá vannak olyan nemek, melyek a fenéken élnek (pl. *Squatina* – angyalcápa).

A fajok időbeli elterjedését tekintve többségük már megjelenik az oligocénben és jellegzetes alakjai a miocén faunáknak. A *Parotodus*, *Otodus* (*Carcharocles* és/vagy *Megaselachus*, → „*Carcharodon*” megalodon újabb rendszertani besorolását lsd. CAPPETTA, 2012), illetve a *Carcharoides* nemek kivételével mind-egyiknek vannak recens képviselői, és sokuk már nagyon hasonlít a ma élőkre.

Az egykori alsó-miocén tenger, a Paratethys, a cápafauna alapján tehát meleg mérsékelt, szubtrópusi lehetett, közvetlen trópusi kapcsolattal. Ezt a ma is az Indo-Pacifikus régióban élő *Hemipristis*-ek jelzik. Ebben az időben még lehetnek nagy, nyíltvízi felületek, mélyebb tengermedencék, melyet az *Isistius* és *Mitsukurina* nemek megléte és viszonylagos gyakorisága bizonyít. Ezen nemek maradványai fiatalabb miocén üledékekből még nem kerültek elő Magyarországról. A két leggyakoribb családból a *Carcharhinus* (szirticápák) és *Carcharias* (homoki tigriscápák) nemek azonban továbbra is meghatározó elemei maradtak a hazai miocén tengeri faunáknak.

Az ipolytarnócihoz hasonló összetételű faunát írtak le a Paratethys egyéb hasonló korú üledékeiből: a svájci (LERICHE, 1927a,b) és a bajor (PROBST, 1878, 1879; BARTHELT et al., 1991) molasszból, illetve Mučínból Szlovákiában (HOLEC et al., 1995).

A fauna vegyes összetétele, miszerint vannak igen mélyvízi és kifejezetten sekélytengeri alakok is, az egykori üledékképződési környezettel, tengerszintváltozásokkal is magyarázható. A rétegtani vizsgálatok alapján a maradványok nagy energiájú közegben rakódtak le, többször át is halmozódhattak. Egyes elemek korábban lerakódott üledékek újrafeldolgozásából is származhatnak. Az alsó-miocénben regisztrált tengerszint csökkenések során a mélyebb régióban lerakott üledékek újra feldolgozódtak, majd keveredtek a lerakódó sekélytengeri üledékekkel és maradványokkal.

Egy kis cápafog-geokémia

A fogak két részből állnak: koronából és gyökérből. A fog képződése során a pulpaüreget először orthodontin veszi körül, majd a fog növekedése folyamán ezt kemény, fényes zománcréteg fedi be amit enameloid-nak is hívnak. A gyökér ezzel szemben szivacsos szerkezetű osteodontin. A cápafogak anyaga kalcium-fluorapatit [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$], bár a bioapatit szerkezetben kisebb-nagyobb mennyiségben karbonát-, illetve hidroxilion is beépülhet [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{OH}, \text{CO}_3)$] (ELLIOTT, 2002; SKINNER & JAHREN, 2007). Ezen utóbbiak főleg emlősfogakra jellemző. Cápafogak esetén karbonát a zománcban csak nagyon alacsony,

maximum 1–2 tömegszázaléknyi mennyiségben fordul elő, míg a dentinben ez sokkal magasabb lehet (pl. VENNEMANN et al., 2002; KOCSIS et al., 2014). A zománc nagyobb kristályokból épül fel, kisebb a porozitása és alacsonyabb a szervesanyag-tartalma, mint a dentin-nek. Emiatt a fosszilizálódás során a zománc kevésbé reaktív és sokkal jobban ellenáll a diagenetikus folyamatoknak. Ezért gyakran használják geokémiai vizsgálatokban ökoszervezeti, illetve paleo-ökológiai rekonstrukciók céljából.

Az elmúlt években néhány ipolytarnóci fog is meg lett vizsgálva geokémiai-
lag egy Közép-Európára kiterjedő, miocén Paratethys-i lelőhelyeket kutató munkában, melyben néhány más magyar cápa fogas lelőhely is szerepelt (pl. Kazár, Danitz-pusztta, Mátraszőlős) (KOCSIS et al., 2009). Itt az adatokat újrafeldolgozva, a magyarországi területre jobban fókuszálva tárgyaljuk.

Oxigén izotóp mérések: Cápa fogak stabil oxigénizotópos összetételét a foszfátban ($\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$) igen gyakran használják egykori tengervíz hőmérséklet becslésére, illetve ökológiai vizsgálatokra (pl. tengeri-brakk-édesvízi környezet) (LONGINELLI & NUTI, 1973; KOLODNY et al., 1983; LÉCUYER et al., 1996; VENNEMANN et al., 2001; KOCSIS et al., 2007, 2009, 2014, 2015; ZACKE et al., 2009; FISHER et al., 2011, 2012). Ez annak köszönhető, hogy a cápa fog a növekedés során izotópos egyensúlyban van a környezeti vízzel, melyen egyensúlyi hőmérsékletfüggő:

$$T (^{\circ}\text{C}) = 117.4 - 4.5 \times (\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4} - \delta^{18}\text{O}_{\text{vöz}}) - \text{LÉCUYER et al. (2013)}$$

Ezen egyenlet három ismeretlent tartalmaz, a fog izotópos összetételét (ez az, amit mérünk), illetve a környezeti víz izotóparányát és hőmérsékletét. Ezen utóbbiakból ha tudjuk az egyiket, akkor értelemszerűen a másik könnyen kiszámítható. A tengervíz átlagos izotópos összetétele ma 0 ‰ (ezrelék). Ez a geológiai múltban a kainozoikum során körülbelül -1 és +0.5 ‰ között változhatott (LEAR et al., 2000) főleg attól függően, hogy mennyi jég halmozódott fel a sarki régiókban az adott időszakban. A jég, illetve általánosan a csapadékvíz kevesebb néhez oxigént (O-18) tartalmaz, mint a tengervíz. Így például jégkorszakok idején relatíve több O-18 izotóp maradt a tengerekben, ami pozitív irányba mozdítja a $\delta^{18}\text{O}_{\text{vöz}}$ értéket. Melegebb időszakokban az elolvadó jég csökkenti ezen átlagos értéket. Mivel a cápa fogak főleg tengervíziek ezért, ha meg tudjuk becsülni az adott időszakra az átlagos $\delta^{18}\text{O}_{\text{tengervíz}}$ értéket, akkor a tengervíz hőmérséklete kiszámítható. Az alsó-miocén során egy átlagos -0.5 ‰ $\delta^{18}\text{O}_{\text{tengervíz}}$ érték adható (LEAR et al., 2000), melyen érték mentén lettek ábrázolva az ipolytarnóci fogak $\delta^{18}\text{O}_{\text{PO}_4}$ adatai is (6. ábra).

A 12 mérés közül egyetlen kiugróan magas adatot kaptunk, ami valószínűleg mélyebb, hidegvízi környezetre utaló életmódot jelez. A maradék fogak átlagos oxigénizotóp értéke $20.8 \pm 0.7\text{‰}$, amiből egy $21.5 \pm 3^{\circ}\text{C}$ tengervíz hőmérséklet számolható a fent említett átlagos tengervízizotóp-összetétel mellett. Ez az érték összhangban van a fauna döntően meleg, mérsékelt, szubtrópusi összetételével.

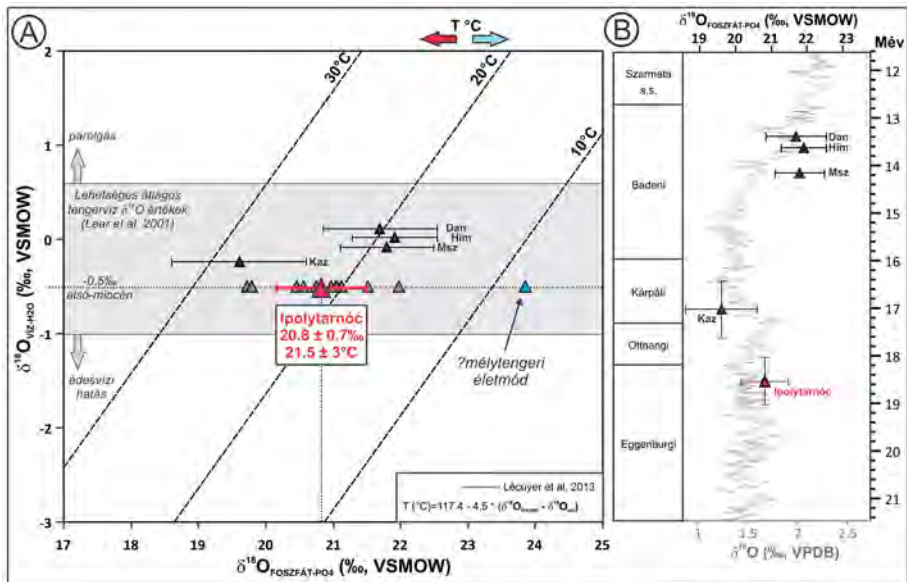
Stronciumizotópos mérések ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$): Sr-izotóp sztratigráfia egy nagyon fontos és elterjedt módszer tengeri üledékek korolására. Ez az úgynevezett globális tengeri Sr-evolúciós görbe alapján lehetséges, mely az egész fanerozoikumra ki lett dolgozva (McARTHUR et al., 2001). A módszer alapja a Sr nagyon hosszú, több millió éves (Mév), tengeri tartózkodásiideje (residence time), az óceánok 1500–2000 éves keveredési idejével szemben (pl. FRANK, 2002). Ez azt jelenti hogy a nyílt tenger (óceán) Sr-izotópos összetétele egy adott időpillanatban a világ minden részén ugyanaz. Ezen izotóparány frakcionáció nélkül épülhet be tengeri organizmusok vázába (pl. karbonát, foszfát). Geológiai mértékkel nézve hosszabb idő alatt azonban a globális $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ arány változott a óceánokban a két számottevő Sr-forrás egymáshoz viszonyított aktuális arányát tekintve: (1) döntően kontinentális kéreg eredetű, folyóvízi behordás magas (~0.7119), illetve (2) hidrotermás köpeny-eredetű Sr az óceán közepi hátságok területéről alacsony (~0.7035) Sr-izotóp értékeket szolgáltat. Annak függvényében, hogy

Az oxigén stabil izotópjai: Az oxigénatomnak három stabil izotópjá van, melyek a 8 proton mellett 8, 9 és 10 neutron tartalmaznak az atommagban. Ebből következően különböztünk meg O-16, O-17 és O-18-as izotópokat. Messze az O-16-os izotóp a legelterjedtebb (99.757%), melyet az O-18 (0.205%), majd az O-17 (0.038%) követ (HOEFS, 2004). Az olyan molekulák, melyek különböző izotópokat tartalmaznak, a különböző tömegből adódóan bizonyos fizikokémiai folyamatok során elkülönülhetnek, melyet izotóp frakcionációnak nevezünk. Klasszikus példa erre, hogy párolgás során a könnyebb vízmolekulák (pl. H_2^{16}O) nagyobb arányban lesznek a vízgőzben, mint a visszamaradt vízben (vagyis a könnyebb molekula gyorsabban mozog → kinetikus frakcionáció). Kondenzáció során a nehezebb vízmolekula dúsul a csapadékban, így a visszamaradt vízgőz még jobban O-18 szegény lesz (ld. Rayleigh frakcionáció).

Az oxigénizotóp-arányokat a különböző fázisokban ezrelékben (‰), az úgynevezett δ (delta) értéként fejezzük ki, egy meghatározott sztenderdhez viszonyítva. Ez oxigén esetén gyakran a mai átlagos tengervíz izotóparánya (VSMOW - Vienna Standard Mean Ocean Water):

$$\delta^{18}\text{O} = \left(\frac{(^{18}\text{O} / ^{16}\text{O})_{\text{mértadat}}}{(^{18}\text{O} / ^{16}\text{O})_{\text{VSMOW}}} - 1 \right) \times 1000 \rightarrow \delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}} = 0 \text{ ‰}$$

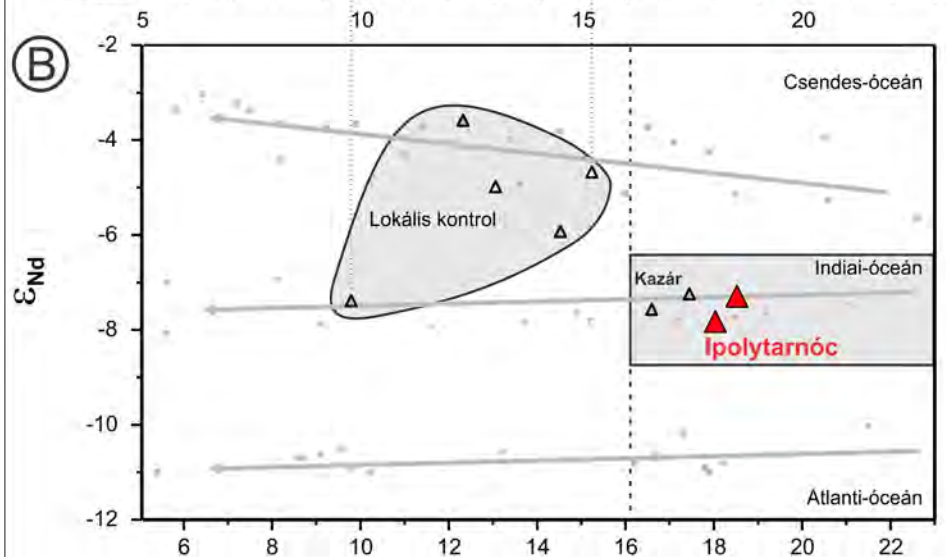
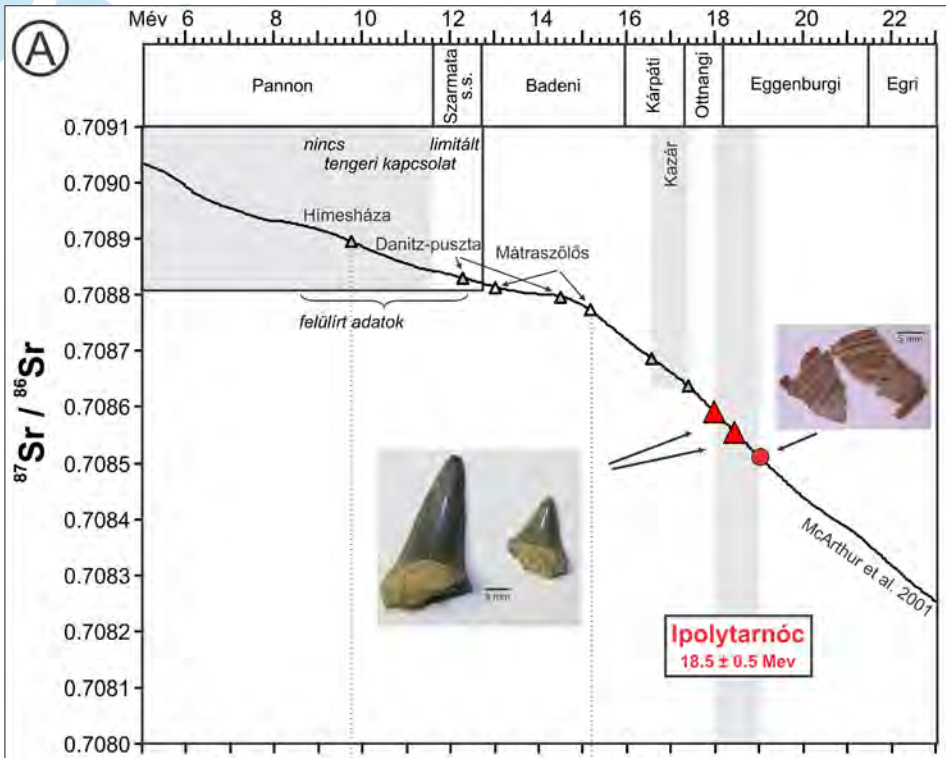
A fent említett frakcionációs példát követve a csapadék és felszíni vizek nagy általánosságban negatív δ -értékeket adnak a SMOW-hoz viszonyítva. Meg kell jegyezni, hogy az említett átlagos tengervízizotóp-összetétel a felszíni tengervizekre tekintve, földrajzi területtől függően nagy változatosságot mutathat. Száraz, arid klímán az erős párolgás pozitív irányba tolja a $\delta^{18}\text{O}_{\text{tengervíz}}$ értékeket, míg ahol nagyfokú folyóvízi hatás van, ott negatívabb értékek várhatóak.



6. ábra Oxigénizotópos mérések adatai Ipolytarnócról ($n=12$), továbbá néhány más magyarországi cápfogas lelőhely átlagos $\delta^{18}\text{O}_{\text{foszfát}}$ értékei (Kaz: Kazár, $n=8$; Msz: Mátaszőlös $n=8$; Hím: Hímesháza, $n=7$; Dan: Danitz-puszta, $n=7$) (Kocsis et al., 2009). (A) Az adatok megjelenítése foszfát versus környezeti-víz oxigénizotóp-összetétel grafikonon, feltüntetve a LÉCUYER et al. (2013) alapján számolt izotermákat. Az összes mért $\delta^{18}\text{O}_{\text{foszfát}}$ adat függőleges irányba szabadon mozgatható annak megfelelően, hogy milyen $\delta^{18}\text{O}_{\text{viz}}$ -et lehet becsülni az adott időszakra, illetve milyen hőmérséklet viszonyok azok, amik még elfogadhatók az adott taxonra. Ipolytarnóc esetén $\delta^{18}\text{O}_{\text{tengeri víz}} = -0.5\text{‰}$ -t használtunk (LEAR et al., 2000), melyből egy átlagos $21.5 \pm 3^\circ\text{C}$ számolható, ami jó összhangban van a fauna döntően szubtrópusi összetételével. Egy fog (kék), ami jelentősebben alacsonyabb értéket adott, valószínű mély, hidegvízi életmódra utal. (B) Az átlagos $\delta^{18}\text{O}_{\text{foszfát}}$ értékek időbeli eloszlása a különböző lelőhelyeket tekintve. Háttérben a globális bentoszforaminifera $\delta^{18}\text{O}$ rekord látható (ZACHOS et al., 2001). Ipolytarnóc késő-eggenburgi és Kazár, kárpáti (SOLT, 1992) kora Sr-izotópos mérések alapján is alá lettek támasztva (ld. 7A ábra). Mátaszőlösön a fogak a Lajta Mészke Formációból származnak és egy alsó-középső badeni kor adható (pl. MÜLLER, 1984). A Mecseki cápfogak áthalmazottan, pannon üledékekben találhatóak (Hímesháza, Danitz-puszta), a fauna összetételét illetően egy badeni kor valószínűsíthető (Kocsis, 2002).

melyik dominált az adott korban az elmúlt 500 millió évben a globális tengeri $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotóp arány 0.7092 és 0.7068 érték között ingadozott (MCARTHUR et al., 2001). A miocén tekintve a Sr-izotóp arány graduálisan növekedett 0.708252 (23.03 Mév) értéktől 0.709025 (5.33 Mév) értékig.

Sr a kalciumot helyettesítheti az apatit szerkezetében, és döntően a cápak élete során épül be a fogzománcba, így a $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotóparány az egykori



← 7. ábra (A) Stronciumizotóp-arányok magyarországi cápa fogakban és ezek összehasonlítása a globális Sr-evolúciós görbével a miocén során (McARTHUR et al., 2001). A $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ arányok Ipolytarnócról (18.5 ± 0.5 Mév) és Kazárról (kárpáti: 17.0 ± 0.6 Mév) visszaigazolják a biosztratigráfiai megfigyeléseket a területről és egyben átlagos abszolút korokat szolgáltatnak (Izd. szöveg). A mátraszőlősi fogak ugyan badeni kort adnak, de ezek nagy szórása (14.1 ± 1.5 Mév) kevert faunát és/vagy erőteljesebb diagenetikus folyamatokat jelez. A pannon üledékekbe áthalmazott mecseki minták közül egy cápa fog badeni kort adott (14.5 Mév), míg további kettő túl fiatal, ami a Sr-izotóp arányok utólagos diagenetikus felülírását jelzi.

(B) Neodímiumizotóp-mérések adatai, összehasonlítva a három nagy óceán vizének miocén kori értékeivel (Csendes-óceán: ■ - LING et al., 1997; Indiai-óceán: ▼ - O'NIONS et al., 1998; és Atlanti-óceán: ● - BURTON et al., 1999). Az alsó-miocén végéig egy erőteljesebb Indiai-óceáni kapcsolat feltételezhető, míg a középső-miocéntól a tengervíz neodímiumösszetételét sokkal inkább lokális hatások alakíthatták a Központi Paratethysben. A döntően magas értékek leginkább helyi vulkanizmushoz köthetők (SZABÓ et al., 1992; HARANGI, 2001), mely közvetlenül (tengervíz – korai fosszilizálódás során), vagy közvetve (késő-diagenetikus pórus vizek) hathattak a fogakra.

tengervíz összetételét tükrözheti. Ipolytarnócról két fog lett mérve, és az adatok a globális Sr-izotóp görbével való összehasonlítás során 18 ± 0.1 és 18.5 ± 0.1 millió éves kort adnak (7A ábra). Míg egy kagylótöredék (CaCO_3) a feltárás aljából 19.0 ± 0.1 millió éves kort adott. Az adatok nagyobb szórása leginkább kétféleképpen értelmezhető:

(1) *áthalmazódás* – melyet részben alátámasztanak a töredékes fogak (ill. kagylótöredékek) nagy aránya, a fauna kevertsége (pl. sekély-mélyvízi taxonok), illetve a szedimentológiai megfigyelések. Ez esetben a legfiatalabb Sr-izotópos kor lenne a leginkább elfogadható az üledékek korát tekintve;

(2) *kora diagenetikus hatások* – általában csontok és fogak (pl. bioapatit) a korai betemetődés során gyakran építenek be nyomelemeket a szerkezetükbe a környező pórusvizekből. Ezt legjobban a gyakran magas ritkaföldfém-, illetve urániumkoncentráció bizonyítja ezekben az ősmaradványokban (TRUEMAN & TUROSS, 2002). Ezen folyamat során nem kizárt, hogy kisebb mennyiségű Sr is beépül a fogakba, illetve csontokba. Ipolytarnóc esetén, amennyiben a kora diagenetikus pórusvíz fiatalabb miocén tengervíz volt, ez magasabb $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotóp-arányok (azaz fiatalabb kor) felé írta felül a fogakat. Ez esetben a legidősebb, a kagylótöredéken mért adat lenne közelebb a rétegek korához (7A ábra).

Mindezeket figyelembe véve talán az átlagos 18.5 ± 0.5 millió év fejezheti ki leginkább ezen rétegek abszolút korát a rendelkezésünkre álló adatok alapján. Ez késő-eggenburgi – kora-ottngangi kornak felelne meg, ami nem mond ellent a korábbi biosztratigráfiai adatoknak (Izd. földtani fejezet). Továbbá a Sr-izotópos koradatok jól illeszkednek a fedő rétegsorban található riolittufa legújabb koradataival is (17–17.5 millió év, PÁLFY et al., 2007).

Neodímiumizotópos mérések ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} - \epsilon_{\text{Nd}}$): A neodímium a korábban említett kora diagenetikus ritkaföldfémek egyike a cápafogakban, melynek 143/144-es izotóparányát vagy CHUR-hoz viszonyított ϵ_{Nd} értékét² gyakran használják paleo-óceánográfiai rekonstrukciókra (pl. ELDERFIELD & PAGET, 1986; VENNEMANN & HEGNER, 1998; THOMAS et al., 2003; LÉCUYER et al., 2004; SCHER & MARTIN, 2006; PUCÉAT et al., 2005; KOCSIS et al., 2009). Ezen tanulmányok mind azt feltételezik, hogy a ritkaföldfémek nagyon gyorsan épülnek be az apatit szerkezetébe a korai fosszilizálódás során (< 1 millió év, TRUEMANN & TUROSS, 2002) és ezt követően a késő diagenetikus folyamatoknak ellenállnak. Ezen utóbbi feltevél ugyan megkérdőjeleződött Lu-Hf izotópos vizsgálatok alapján (KOCSIS et al., 2010, HERWARTZ et al., 2011), de hogy ez mennyiben befolyásolja a Nd-izotóp rendszert, az továbbra is nyitott kérdés.

A Sr-al ellentétben, a Nd tengervízbeni tartózkodási ideje rövidebb az óceánok keveredési idejénél, így különböző víztömegek, óceáni medencék a lokális Nd-forrástól függően más-más értékeket adhatnak. Így például az Atlanti-óceán alacsony ϵ_{Nd} értékei idősebb földkéreg-eredetű, Nd-ra utalnak, míg a Csendes-óceán magas ϵ_{Nd} értékei, a Nd vulkanikus eredetét jelzik (pl. FRANK, 2002). Ezen különbségek lehetővé teszik, hogy különböző víztömegeket, áramlásokat kövessünk mind a jelenben, illetve a múltban. Így például a két óceánból származó víztömegek fő keveredési zónája az Indiai-óceán, melynek köztes ϵ_{Nd} értékei jól mutatják ezen keveredést már a miocén során is (7B. ábra).

Az Ipolytarnócról mért két fog -7.6 ± 0.4 átlagos ϵ_{Nd} értéket adott, mely nagyon hasonló az egykori Indiai-óceán miocén összetételéhez (7B. ábra). Ipolytarnócon a fogakat bezáró üledék ϵ_{Nd} értéke jelentősen alacsonyabb (-9.4), mely részben támogatja azt, hogy a fogak Nd-tartalmára a helyi litológia a betemetődés után nem volt jelentős hatással. Amennyiben elfogadjuk azt, hogy a fogak Nd-tartalma a korai fosszilizálódás során még tengervíz által dominált pórúsvízekből származik, akkor az ϵ_{Nd} értékeket óceánográfiailag is értékelhetjük. Ezek szerint a nagyon hasonló ϵ_{Nd} értékek a Paratethys és az Indiai-óceán között a két régió kapcsolatának fennállását bizonyíthatja az alsó-miocén során. Ez jól összhangban van a korábban felállított faunisztikai megfigyelésekkel és ősföldrajzi rekonstrukciókkal (pl. RÖGL & STEININGER, 1983; RÖGL, 1998; SZTANÓ, 1994).

$$^2 \epsilon_{\text{Nd}}(0) = \left[\frac{\left(\frac{^{143}\text{Nd}}{^{144}\text{Nd}} \right)_{\text{mért}}}{\left(\frac{^{143}\text{Nd}}{^{144}\text{Nd}} \right)_{\text{CHUR}}^0} - 1 \right] \times 10^4, \text{ ahol a mai CHUR (Chondritic Uniform Reservoir) érték } 0.512638.$$


Stroncium- és neodimiumizotóp-rendszerek: A stroncium négy, míg a neodimium hét stabil izotóppal rendelkezik melyek közül a Sr-87, ill. Nd-143 egyben radiogén is, ami azt jelenti, hogy ezen izotópok stabil végtermékei radioaktív elemeknek. A Sr-87 rubídium-87-ből keletkezik β -bomlással (felezési idő: 4.8×10^{10} év), míg a Nd-143 samárium-147 α -bomlásból származik (felezési idő: 1.06×10^{11} év). A rubídium főleg késő magmás kőzetekben (pl. gránitokban), így a kéregben dúsul, míg a samárium relatíve gazdagabb köpeny-eredetű, inkább bazaltos összetételű kőzetekben. Ennek megfelelően, a használt izotóparányok értéke negatívan korrelál (vagyis a kéreg magas $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, alacsony $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ arányai). A háttérgeológiától függően a környezeti víz örökölheti ezen arányokat, melyek közvetlenül beépülhetnek különböző szervezetek vázába, és például alapját szolgáltathatják az itt tárgyalt Sr-izotóp sztratigráfiának vagy Nd-izotóp óceanográfiának. Felmerülhet a kérdés, hogy idővel a radioaktív bomlásból további Sr vagy Nd keletkezhet és esetleg a mért arányok nem az eredeti tengervíz összetételét mutatják. Ezen rendszerek hosszú felezési ideje és az általában alacsony Rb- és Sm-koncentráció a tengervízben és az ősmaradványokban ennek ellentmond. Fontos kivételek a bioapatit-maradványok, ahol a Sm jobban feldúsulhat kora-dia-genetikus folyamatok során, így koncentrációtól függően, idősebb fossziliák esetén korrigálni kell (~ >100-200 millió év).

Összefoglalás

Jelen állás szerint 19 nem 16 fajta ismert Ipolytarnócról (Kocsis, 2007), melyek közül 5 nem teljesen új Koch kora-múlt századi munkáihoz képest (*Squalus*, *Centrophorus*, *Isistius*, *Mitsukurina*, *Scyliorhinus*). A Koch által leírt ipolytarnóci négy faj – *Notidanus paucidens*; *Notidanus diffusidens*; *Lamna tarnoczensis*; *Oxyrhina neogradensis* – már korábban leírt taxonoknak felelnek meg: *Notorynchus primigenius* Agassiz (1843), *Carcharias acutissima* Agassiz (1843) és *Parotodus benedeni* Le Hon (1871). Így sajnálatos módon a helyi fajok “csak” tudománytörténeti jelentőséggel bírnak.

A cápafauna igen változatos, melyben a *Carcharias* és *Carcharhinus* nemek dominálnak. Ezekre jellemző a meleg mérsékelt és trópusi elterjedés, illetve a főleg partközeli, sekélyebb élőkönyezet. Ezenkívül a fauna tartalmaz kifejezetten trópusi (*Hemipristis*), illetve kevés boreális (*Squalus*) alakokat is, továbbá élőkönyezet tekintetében nyílt (*Isurus*, *Alopias*) és mélyebb (*Mitsukurina*, *Odontaspis*, *Isistius*, *Centrophorus*) vízi taxonokat.

Az ipolytarnóci fogakon mért oxigénizotópos adatok összhangban vannak a fauna általánosan meleg, mérsékelt, szubtrópusi összetételével, és egy átlagos $21.5 \pm 3^\circ\text{C}$ tengervíz-hőmérséklet számolható. Egyetlen mélyebb, hidegvízi környezetre utaló, magas $\delta^{18}\text{O}$ értéket is kaptunk ami a kevert faunával és mélyvízi kapcsolatokkal összeegyeztethető. Stronciumizotópos adatok összehasonlítása a globális tengeri stroncium evolúciós görbével 18.5 ± 0.5 millió éves kort ad,



ami jól illeszkedik a fedő Gyulakeszi Riolittufa Formáció legújabb ~17.5 millió éves koradataihoz (PÁLFY et al., 2007). Neodímiumizotópos mérések az egykori Indiai-óceánhoz hasonló értéket adtak jelezve a Paratethys ezen tengeri kapcsolatának fennállását az alsó-miocén során.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom Szarvas Imrének az Ipolytarnóci Természetvédelmi Terület vezetőjének, hogy ezen összefoglaló tanulmány az ipolytarnóci cápafofogkutatásokról megjelenhetett, továbbá minden korábbi és jelenlegi támogatásáért. Továbbá köszönöm Szabó Mártonnak a kritikus szakmai és szerkezeti észrevételeket, illetve Guba Szilvia szerkesztőnek a szöveg többszöri formázását.

Felhasznált irodalom

- BÁLDI, T. (1983): Magyarországi oligocén és alsómiocén formációk. - Akadémiai Kiadó, Budapest pp. 293.
- BARTHELT, D., FEJFAR, O., PFEIL, H. F. & UNGER, E. (1991): Notizen zu einem Profil der Selachier-Fundstelle Walbertsweiler im Bereich der miozänen Oberen Meeresmolasse Süddeutschlands. Münchener Geowiss. Abh. (A) - München, 19, 195–208.
- BARTKÓ, L. (1938): Cápafofogak Ipolytarnóc vidékéről. – Földtani Értesítő. 3 (1): 14–17.
- BARTKÓ, L. (1985): Ipolytarnóc földtani vázlata. – Geol. Hung. Ser. Pal. 44: 1–71.
- BOURDON, J. (2002): <http://www.elasmo.com>
- BRZOBODATÝ, R. & SCHULTZ, O. (1971): Die Fischfauna der Eggenburger Schichtengruppe. In: STEININGER, F.; SENEŠ J. et al.: Chronostratigraphie und Neostatotypen Miozän der zentralen Paratethys. Bd. II., M1 Eggenburgien, – Vyd. Slov. Akad. Vied., Bratislava, 719–759.
- BURTON, K.W., LING, H.-F. & O'NIONS, R.K. (1997): Closure of the Central American Isthmus and its effect on deep-water formation in the North Atlantic. – Nature 386, 382–385.
- CAPPETTA, H. (1987): Chondrichthyes II. (Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii) Handbook of Paleichthyology vol. 3B. Gustav Fischer Verlag - Stuttgart - New York, pp. 193.
- CAPPETTA, H. (2012): Chondrichthyes (Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii: teeth). In: Schultze, H.-P. (Ed.), Handbook of Paleichthyology, Chondrichthyes, 3E. München, Verlag F. Pfeil. pp. 512.
- COMPAGNO, L. J. V. (1984): FAO Species Catalogue, Volume 4: Sharks of the World. - United Nations Development Programme - Rome, pp. 655.
- COMPAGNO, L. J. V. (2002): Sharks of the World. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Vol. II. Bullhead, mackerel and carpet sharks. - FAO Species Catalogue for Fishery Purposes - Rome, pp. 269.
- COMPAGNO, L. J. V., DANDO M. & FOWLER S. (2005): Sharks of the World, Collins Field Guide. Harper Collins Publishers, London, 1–368.
- CSÁSZÁR, G. (szerk.) (1997): Magyarország litosztratógráfiai alapegységei. - MÁFI, Budapest pp. 114.
- CSEPREGHY, M. I. (1967): Az ipolytarnóci burdigáliei fauna. – Földt. Közl. 97: 177–185.
- ELDERFIELD, H. & PAGETT, R. (1986): Rare earth elements in ichthyoliths: variations with redox conditions and depositional environment. – Sci. Total Environ. 49, 175–197.
- ELLIOTT, J. (2002): Calcium phosphate biominerals. In: Kohn JM, Rakovan J, Hughes JM (eds) Review in Mineralogy and Geochemistry, vol. 48, pp. 427–454.
- FISCHER, J., VOIGT, S., SCHNEIDER, J.W., BUCHWITZ, M. & VOIGT, S. (2011): A selachian freshwater fauna from the Triassic of Kyrgyzstan and its implication for Mesozoic shark nurseries. – J. Vertebr. Paleontol. 31:937–953.

- FISCHER, J., VOIGT, S., FRANZ, M., SCHNEIDER, J.W., JOACHIMSKI, M.M., TICHOMIROVA, M., GÖTZE, J., FURRER, H. (2012): Palaeoenvironments of the late Triassic Rhaetian Sea: implications from oxygen and strontium isotopes of hybodont shark teeth. – *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 353–355:60–72
- FRANK, M. (2002): Radiogenic isotopes. Tracers of past ocean circulation and erosional input. – *Rev Geophys* 40, 1–38.
- FREY, R.W. & PEMBERTON, S. G. (1984): Trace Fossil Facies Models. In: Walker, R. G. (ed.): *Facies Models (Second Edition)*. Geoscience Canada.
- FŐZY, I. & LEÉL-ÓSSY, SZ. (1985): Két kelet-mátrai alsómiocén konglomerátum molluszká faunájának összehasonlító vizsgálata. – *Földt. Közl.* 115: 181–192.
- GRADSTEIN, F.M., OGG, J.G., SCHMITZ, M. & OGG, G. (2012): *The Geological Time Scale 2012*. Elsevier Science Ltd., Oxford, 2, 28, pp. 855–921.
- HABLY, L. (1985): Ipolytárnóc alsó-miocén flórája. – *Geol. Hung. Ser. Pal.* 45: 73–255.
- HÁMOR, G. (1985): A Nógrád-cserháti kutatási terület földtani viszonyai. – *Geol. Hun. Ser. Geol.* 22: 1–307.
- HÁMOR, G. (2001): Magyarázó a Kárpát-medence miocén ösföldrajzi és fácies térképéhez 1:3.000.000. – MÁFI, Budapest pp. 67.
- HANO, V. & SENEŠ J.(1952): Spodnomiocénna fauna pri Rapovciach. – *Geol. Sbor. Slov. Akad. Ill., Bratislava* 3-4.: 315–362.
- HARANGI, SZ. (2001): Neogene to Quaternary volcanism of the Carpathian–Pannonian Region - a review. – *Acta Geol. Hung.* 44, 223–258.
- HERWARTZ, D., TÜTKEN, T., MÜNKER, C., JOCHUM, K.P., STOLL, B. & SANDER, P.M. (2011): Timescales and mechanisms of REE and Hf uptake in fossil bones. – *Geochim. Cosmochim. Acta* 75, 82–105.
- HOEFS, J. (2004): *Stable Isotope Geochemistry*. 5th editions. Springer, Berlin, pp. 340.
- HOLEC, P., HORNÁČEK, M. & SÝKORA, M. (1995): Lower Miocene Shark (*Chondrichthyes*, *Elasmobranchii*) and Whale Faunas (*Mammalia*, *Cetacea*) near Mučín, Southern Slovakia. – *Geol. práce, Správy, Bratislava* 100: 37–52.
- KOCH, A. (1903): Tarnóc Nógrád megyében, mint kövült czápa fogaknak új gazdag lelőhelye. – *Földt. Közl.* 33: 22–44.
- KOCH, A. (1904a): Kövült czápa fogak és emlős maradványok Felső-Esztergályról, Nógrád vármegyében. – *Földt. Közl.* 34: 190–202.
- KOCH, A. (1904b): Pótlék a tarnóczi alsómediterrán homokkő czápa faunájához. – *Földt. Közl.* 34: 202–203.
- KOCSIS, L. (2002): Mecsek környéki miocén porcos halmaradványok. – 5. Őslénytani Vándorgyűlés, Páztó, 3-4.05.2002.
- KOCSIS, L. (2003): Az ipolytárnóczi cápa fogak revíziója. – MSc thesis, Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar, Őslénytani Tanszék, Budapest, pp. 102.
- KOCSIS, L. (2007): Central Paratethyan Miocene shark fauna (Ipolytárnóc, Hungary) – *Geologica Carpathica*, 58, 27–40.
- KOCSIS, L., VENNEMANN, T.W. & FONTIGNIE, D. (2007): Migration of sharks into freshwater systems during the Miocene and implications for Alpine paleoelevation. – *Geology*, 35, 451–454.
- KOCSIS, L., VENNEMANN, T.W., HEGNER, E., FONTIGNIE, D. & TÜTKEN, T. (2009): Constraints on Miocene oceanography and climate in the Western and Central Paratethys: O-, Sr-, and Nd-isotope compositions of marine fish and mammal remains. – *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 271, 117–129.
- KOCSIS, L., TRUEMAN, C.N. & PALMER, M. (2010): Protracted diagenetic alteration of REE contents in fossil bioapatites: direct evidence from Lu-Hf isotope systematics. – *Geochim. Cosmochim. Acta* 74, 6077–6092.
- KOCSIS, L., GHEERBRANT, E., MOUFLIH, M., CAPPETTA, H., YANS, J. & AMAGHZAZ, M. (2014): Comprehensive stable isotope investigation of marine biogenic apatite from the late Creta-

- ceous-early Eocene phosphate beds of Morocco. – *Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol.* 394, 74–88.
- KOCSIS, L., VENNEMANN, T., ULIANOV, A. & BRUNNSCHWEILER, J.M. (2015): Characterizing the bull shark *Carcharhinus leucas* habitat in Fiji by the chemical and isotopic compositions of their teeth. – *Environ. Biol. Fish.* – DOI 10.1007/s10641-015-0386-4
- KOLODNY, Y., LUZ, B. & NAVON, O. (1983): Oxygen isotope variations in phosphate of biogenic apatites, I. Fish bone apatite-rechecking the rules of the game. – *Earth Planet. Sci. Lett.* 64, 398–404.
- KORDOS, L. (1985): Lábnymok az ipolytárnóci alsó-miocén korú homokkőben. – *Geol. Hung. Ser. Pal.* 46: 257–415.
- KORDOS, L. & SOLT, P. (1984): A magyarországi miocén tengeri gerinces faunaszintek vázlata. – *Földt. Int. Évi Jel.* 1982-ről: 347–351.
- LEAR, H.C., ELDERFIELD, P. & WILSON, P.A. (2000): Cenozoic deep-sea temperatures and global ice volumes from Mg/Ca in benthic foraminiferal calcite. – *Science* 287, 269–272.
- LERICHE, M. (1910): Les Poissons oligocenes de la Belgique. – *Mém. Mus. Roy. Hist. natur. Bel.* 5: 229–363.
- LERICHE, M. (1927a): Les Poissons de la Molasse Suisse I. – *Mém. Soc. Paléontol. Suisse* 46: 1–56.
- LERICHE, M. (1927b): Les Poissons de la Molasse Suisse II. – *Mém. Soc. Paléontol. Suisse* 47: 57–120.
- LÉCUYER, C., REYNARD, B. & GRANDJEAN, P. (2004): Rare earth element evolution of Phanerozoic seawater recorded in biogenic apatites. – *Chem. Geol.* 204, 63–102.
- LÉCUYER, C., AMIOT, R., TOUZEAU, A. & TROTTER, J. (2013): Calibration of the phosphate $\delta^{18}\text{O}$ thermometer with carbonate–water oxygen isotope fractionation equations. – *Chem. Geol.* 347, 217–226.
- LING, H.-F., BURTON, K.W., O'NIONS, R.K., KAMBER, B.S., VONBLANCKENBURG, F., GIBB, A.J. & HEIN, J.R. (1997): Evolution of Nd and Pb isotopes in Central Pacific seawater from ferromanganese crusts. – *Earth Planet. Sci. Lett.* 146, 1–12.
- LONGINELLI, A. & NUTI, S. (1973): Oxygen isotope measurements from fish teeth and bones. – *Earth Planet. Sci. Lett.* 20, 337–340.
- MAJZON, L. (1950): Újabb őslénytani adatok Ipolytárnócról. – *Földt. Közl.* 80: 262–265.
- MCARTHUR, J.M., HOWARTH, R.J. & BAILEY, T.R. (2001): Strontium isotope stratigraphy: LOWESS version 3: Best fit to the marine Sr-isotope curve for 0–509 Ma and accompanying look-up table for deriving numerical age. *J. Geol.* 109, 155–170.
- MÜLLER, P. (1984): Decapod Crustacea of the Badenian. – *Geologica Hungarica. Series Palaeontologica* 42, 1–317.
- NOSZKY, J. sen. (1923): A Cserhától északra lévő terület földtani viszonyai. Jelentés az 1917. évi részletes geológiai felvételekről. – *Földt. Int. Évi Jel.* 1917–1919-ről: 48–60.
- NYÍRÓ, M. R. (1967): Az ipolytárnóci tengeri rétegek foraminifera-faunája. – *Földt. Közl.* 97: 186–191.
- O'NIONS, R.K., FRANK, M., VON BLANCKENBURG, F. & LING, H.-F. (1998): Secular variation of Nd and Pb isotopes in ferromanganese crusts from the Atlantic, Indian and Pacific Oceans. – *Earth Planet. Sci. Lett.* 155, 18–28.
- PÁLFY, J., MUNDIL, R., RENNE, R.P., BERNOR, L.R., KORDOS, L. & GASPARIK, M. (2007): U–Pb and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of the Miocene fossil track site at Ipolytárnóc (Hungary) and its implications. – *Earth Planet. Sci. Lett.* 258, 160–174.
- PEMBERTON, S. G., MACEACHERN, J. A. & FREY, R. W., (1992): Trace Fossil Facies Models: Environmental and Allostratigraphic Significance. In: Walker, R. G. & James, N. P. (eds.): *Facies Models. Response To Sea Level Change.* Geological Association of Canada.
- PETHŐ, GY. (1883): Felső Esztergály határában talált czáfafogakról. – *Földt. Közl.* 13: 207.
- PHILLIPPI, R. A. (1851): *Tornatella abbreviata*, *Otodus mitis*, *Otodus caticcus*, und *Myliobatis testae*. – *Paleontographica* 1: 23–25.

- PROBST, J. (1878): Beiträge zur Kenntnis der fossilen Fische aus der Molasse von Baltringen, Hayfische. - Jahreshefte Vereins für vat. Naturkunde Württemberg, Stuttgart 34: 113–154.
- PROBST, J. (1879): Beiträge zur Kenntniss der fossilen Fische aus der Molasse von Baltringen. - Jahreshefte Vereins für vat. Naturkunde Württemberg, Stuttgart 35: 127–191.
- PUCÉAT, E., LÉCUYER, C. & REISBERG, L. (2005): Neodymium isotope evolution of NW Tethyan upper ocean waters throughout the Cretaceous. - *Earth Planet. Sci. Lett.* 236, 705–720.
- PURDY, W. R. (1990): A key to the common genera of Neogene shark teeth. - <http://www.nmnh.si.edu/paleo/sharkteeth/index.html>, pp. 1–24.
- PURDY, W. R., SCHNEIDER, P. V., APPLGATE, P. S., MCLELLAN, H. J., MEYER, L. R. & SLAUGHTER, H. B. (2001): The Neogene Sharks, Rays, and Bony Fishes from Lee Creek Mine, Aurora, North Carolina. - *Smithsonian Contributions to Paleobiology*, Washington D. C., 90: 71–202.
- RÖGL, F. (1998): Palaeogeographic considerations for the Mediterranean and Paratethys seaways (Oligocene to Miocene). - *Ann. Naturhist. Mus. Wien* 99 (A), 279–310.
- RÖGL, F. & STEININGER, F. F. (1983): Vom Zerfall der Tethys zu Mediterran und Paratethys. - *Annales Naturhistorische Museum, Wien*, 85: 135–163.
- SADOWSKY, A. E. (1970): On the Dentition of the Sand Shark, *Odontaspis taurus*, from the Vicinity of Cananea, Brazil. - *Boletim do Instituto Oceanografico da Universidade de Sao Paulo* 18 (1): 37–44.
- SCHAFARZIK, F. (1883): A felső-esztergályi lerakódások jellemzéséhez. - *Földt. Közl.* 13: 395–396.
- SCHULTZ, O. (1969): Die Selachierfauna (Pisces, Elasmobranchii) aus den Phosphoritanden (Unter-Miozän) von Plesching bei Linz, Oberösterreich. - *Naturkundl. Jb. Stadt Linz*, 1968: 61–102.
- SCHER, H.D. & MARTIN, E.E. (2006): Timing and climatic consequences of the opening of Drake Passage. - *Science* 312, 428–430.
- SKINNER, W.C.H. & JAHREN, A.H. (2007): Biomineralization. In: Holland HD, Turekian KK (eds.) *Treatise on Geochemistry*, Ch. 8.04, pp. 1–69.
- SOLT, P. (1987): Legányi Ferenc nyomában Mátraszőlősen a Procarcharodonok lelőhelyén. - *Fol. Hist. nat. Mus. Matr.*, 12: 15–18.
- SOLT, P. (1992): A kazári cápa fogas réteg halmaradványai. - *Földt. Int. Évi Jel.* 1990-ről: 495–500, Budapest.
- STEININGER, F. & SENEŠ J. (eds.) (1971): Chronostratigraphie und Neostatotypen Miozän der zentralen Paratethys. Bd. II., M1 Eggenburgien, - *Vyd. Slov. Akad. Vied.*, Bratislava, pp. 827.
- SZABÓ, CS., HARANGI, SZ. & CSONTOS, L. (1992): Review of Neogene and Quaternary volcanism of the Carpathian-Pannonian region. - *Tectonophysics* 208, 243–256.
- SZALAI, T. (1924): Az ipolytarnóci aquitánien. - *Földt. Közl.* 54: 102–104.
- SZTANÓ, O. (1994): The tide-influenced Pétervására sandstone, early Miocene, Northern Hungary: sedimentology, palaeogeography and basin development. - *Geologica Ultraiectina* 120: 1–155.
- TANIUCHI, T. (1970): Variation in the Teeth of Sand Shark, *Odontaspis taurus* (Rafinesque) taken from the East China Sea. - *Japanese Journal of Ichthyology* 17 (1): 34–44.
- THOMAS, J.D., BRALOWER, T.J. & JONES, E.C. (2003): Neodymium isotopic reconstruction of late Paleocene-early Eocene thermohaline circulation. - *Earth Planet. Sci. Lett.* 209, 309–322.
- TRUEMAN, N.C. & TUROSS, N. (2002): Trace elements in recent and fossil bone apatite. In: Kohn JM, Rakovan J, Hughes JM (ed) *Review in Mineralogy and Geochemistry* 48, pp. 489–521.
- VASS, D. (eds.) (1992): Geologická mapa Lučenskej kotliny a Cerovej vrchoviny 1:50.000. Regionálne Geologické Mapy Slovenska. - *Geol. Úst. D. Stura*, Bratislava.
- VENNEMANN, T.W. & HEGNER, E. (1998): Oxygen, strontium and neodymium Isotope Composition of shark teeth as a proxy for the palaeoceanography and palaeoclimatology of the northern alpine Paratethys. - *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 142, 107–121.
- VENNEMANN, T.W., HEGNER, E., CLIFF, G. & BENZ, G.W. (2001): Isotopic composition of recent shark teeth as a proxy for environmental conditions. - *Geochim. Cosmochim. Acta* 65, 1583–1599.



VITÁLIS, I. (1915): Halfogtanulmányok. – Földt. Közl. 45: 268–270.

VITÁLIS, I. (1942): A recens Notidanusok és a fosszilis Notidanus primigenius Ag. fogazata, fő tekintettel a mátraszöllősi miocén korú Notidanus fogakra. – Geol. Hung. Ser. Pal. 18: 1–38.

ZACKE, A., VOIGT, S., JOACHIMSKI, M.M., GALE, A.S., WARD, D.J. & TUTKEN, T. (2009): Surface-water freshening and high-latitude river discharge in the Eocene North Sea. – J. Geolog. Soc. 166, 969–980.

ZACHOS, J., PAGANI, M., SLOAN, L., THOMAS, E. & BILLUPS, K. (2001): Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. – Science 292, 686–693.