

A BODROGKERESZTÚRI LÖSZ-PALEOTALAJ SZELVÉNY KÖRNYEZETTÖRTÉNETI ÉS ÜLEDÉKFÖLDTANI VIZSGÁLATA

*PALEOECOLOGICAL AND SEDIMENTOLOGICAL ANALYSES ON THE
LOESS-PALEOSOL SEQUENCE AT BODROGKERESZTÚR, KOPASZ
HILL, HUNGARY*

MAKÓ LÁSZLÓ³³ – MOLNÁR DÁVID³⁴ – SÜMEGI PÁL³⁵

Abstract

The loess-paleosol profile, which was deepened at Bodrogkeresztúr in 2014 was made to get better and more accurate understanding about the conditions of the paleoenvironment in the Carpathian foothills and the Gravettian culture which is found near at Henye site. Based on historical information, the section starts in late Marine Isotope Stage 3 (later MIS 3) and continues up to the recent soil sediment. This study deals with the analysis of the grains size, organic matter and carbonate content and the presentation of the age-depth models based on the comparison of Kopasz hill's OSL and ¹⁴C and Bodrogkeresztúr I's ¹⁴C ages and the accumulation rates derived from the models. From sedimentological studies it was found that the profile is characterized by more significant accumulation, on average smaller particle size, and almost complete absence of sand fraction. All about these data the former investigated Bodrogkeresztúr I, and Bodrogkeresztúr – Henye are very similar to the Kopasz hill site. In addition, the entire section is characterized by increased carbonate content due to post-sedimentation processes, recarbonization and leaching.

Keywords: Grain size composition, age-depth model, accumulation rate, loess, Bodrogkeresztúr

Bevezetés

A Magyarország ÉK-i területén elhelyezkedő Bodrogkeresztúr település mellett található Kopasz-hegyi (1. ábra) lösz-paleotalaj szelvény mintázására 2014-ben került sor egy német-magyar kutatócsapat által (Aacheni Egyetem és Szegedi Tudományegyetem Földtani és Őslénytani Tanszék). A mintavétel és a vizsgálatok célja elsődlegesen az volt, hogy az előzetesen már jócskán

³³ PhD hallgató, Szegedi Tudományegyetem Földtani és Őslénytani Tanszék

³⁴ Egyetemi adjunktus, Szegedi Tudományegyetem Földtani és Őslénytani Tanszék

³⁵ Tanszékvezető egyetemi tanár, Szegedi Tudományegyetem Földtani és Őslénytani Tanszék

megkutatótt területet egy új szelvény adataival egészítsék ki (Sümei, Hertelendi 1998; Sümei, Rudner 2001; Sümei, Krolopp 2002; Sümei 2005; Schatz et al. 2011, 2012, 2015; Sümei et al. 2016).

Ennek folyamányaként jelent meg 2017-ben egy összefoglaló cikk, amelyben a szerzők kitérnek a szelvény kronológiai, üledéktani és geokémiai paramétereire, sajátosságaira (Bösken et al. 2019). E vizsgálati eredmények kiegészítésének céljából újabb vizsgálatok, mint szervesanyag és karbonát-tartalom vizsgálat (LOI), szemcseösszetétel elemzés, kor-mélység modell és felhalmozódási ráta diagram készült.

A vizsgálatához a kutatócsapat három darab OSL koradatot nyert. Viszont ezekkel a koradatokkal a mai kor-mélység modellek kevésbé pontosan, vagy egyáltalán nem készíthetők el, ezáltal a korábban már megkutatótt Bodrogkeresztúr 1-es szelvényének radiokarbon koradatait használtuk fel a modell elkészítéséhez. A Bodrogkeresztúr 2-es szelvény a változatos összetétele miatt erre kevésbé lett volna alkalmas, valamint a Gravetti kultúra egy típuslelőhelyének számító Henye-tetői szelvényről csak egy darab, de a kultúrreteg-ből, a Gravetti kultúra közösségének megtelepedési szintjéből származó radiokarbon koradat állt rendelkezésre.

1. Vizsgálati módszerek

A szelvényből gyűjtött minták szemcseösszetételi vizsgálata Bokhorst módszere alapján zajlott (Bokhorst et al. 2011). A szervesanyag-, és karbonáttartalom értékek kinyeréséhez a Dean-féle tömegveszteségen alapuló iz-zítós módszer alkalmaztuk (Dean 1974). A mérések a Földtani és Őslény-tani Tanszéken található Omec Easysizer 20 típusú lézerszedigráffal, vala-mint izzítókemencével történtek. A lézerszedigráf értékei a Wentworth-skála szerinti szemcsemérettartományokra osztva (Wentworth 1922) 100%-ig hal-mozott diagramon kerültek ábrázolásra. A diagramon a szemcsefrakciók elemzésével láthatóvá válhat a lösz, illetve a paleotalaj elhelyezkedése.

1.1. Abszolút kormeghatározás

A szelvény időben való elhelyezéséhez, és ezáltal az egymással való kor-reláláshoz elengedhetetlen a koradatok ismerete (Sümei 2005). A vizsgált szelvényen kétféle kormeghatározási módszert alkalmaztak, három szintből OSL (optikailag stimulált lumineszcencia; Huntley et al. 1985), egy szintből pedig radiokarbon kormeghatározást (Bösken et al. 2019).

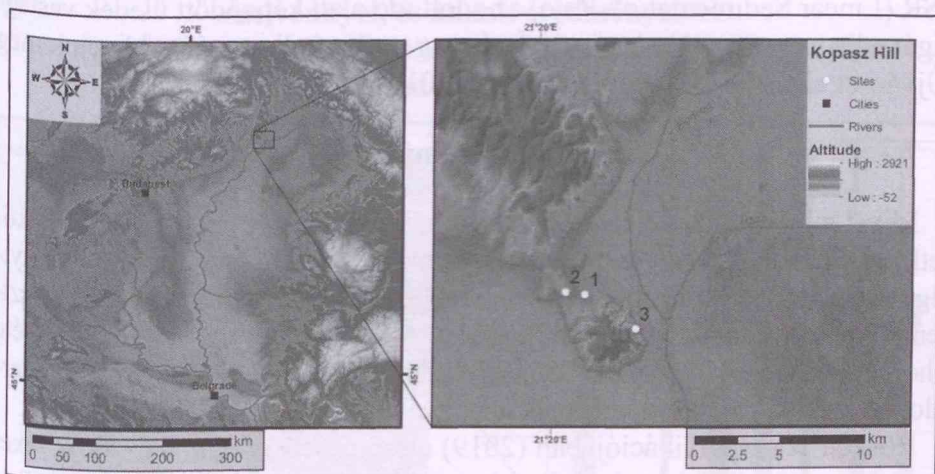
Az OSL mérések maximum 350 ezer évig megbízhatóak, és az eltérésük akár 5-10% is lehet (Rhodes 2011).

1. ábra: A Kopasz-hegy elhelyezkedése a Kárpát-medencén belül.

1. Bodrogkeresztúr – Kopasz-hegy (ez a tanulmány),

2. Bodrogkeresztúr - Henye, 3. Tokaj - Patkó bánya

Fig. 1. Topographical map about the Kopasz Hill positioned in the Carpathian Basin. 1. Bodrogkeresztúr – Kopasz hill (this study), 2. Bodrogkeresztúr - Henye, 3. Tokaj - Patkó quarry



Forrás: Bösken et al. 2019

1.2. Kor-mélység modellek

A kor-mélység modell egy olyan diagram, melynek X-tengelye az adott mélységintervallumot adja meg, mint független változó, míg az Y-tengelyen a függő változóként jelölt koradatok helyezkednek el. Az X-tengely által tartalmazott koradatokhoz bármilyen kormeghatározási módszerrel hozzájuthatunk (szénizotópos, IRSL, OSL, stb). Számos kor-mélység modell létezik, az egészen egyszerűektől (lineáris interpoláció) a bonyolultabbakig. Mindegyik modell lényege, hogy a mérési pontok közötti értékeket az adott számítási módszer szerint ábrázolják (Bennett 1994). A legegyszerűbb megközelítések szerint a mért pontok között az üledékképződés egyenletes, de ez koránt sincs így, ugyanis az üledékkumuláció üteme ingadozó, így azok a modellek, melyek a koradatok hibaértékeivel is számolnak, és számításba veszik a korábbi adatokat is, a legpontosabbak. Ezen szempontból vizsgálva, mind az OSL, mind az IRSL (post-IR IRSL) mérések alkalmatlanok az ilyen típusú modellek elkészítéséhez a közel 10%-os bizonytalanság értékeik miatt.

1.3. MAR-számítások

A MAR (Mass Accumulation Rate = tömeges akkumulációs ráta) kiszámításával két koradat közötti üledékképződés mértékét mutatja meg a szelvényen belüli magasság, a minta sűrűség és a frakció méret figyelembevételével. A számítás módja: $MAR = LSR * \rho_{dry} * feol$. A képletben szereplő LSR (Linear Sedimentation Rate) az adott idő alatt képződött üledék vastagságát adja meg (m a-1). A végeredményt g m⁻² a-1 dimenzióval kapjuk meg (Újvári et al. 2010; Sümegi et al. 2015, 2019).

2. Eredmények

Mivel a lösz uralkodó szemcsemérettartománya a közép-, durvaszemű kőzetliszt (Pécsi 1993), így a diagramon ezen frakciók megnövekedett mennyiséggel vannak jelen, az agyagfrakció megnövekedése ezzel ellentétben posztgenetikus folyamatokra vezethetők vissza. A kisebb szemcsefrakciók jelenléte a homokkal szemben pedig a mállást jelezheti, viszont a magasabb homoktartalom a szállítóközeg energiájának a megváltozására utalhat (Pye 1995).

Bösken et al. publikációjában (2019) a szemcseösszetételi eredményeket 4 zónára osztották fel, melyek azonban tovább is bonthatók, minimum 7 zónára. A legalsó 570-584 cm között helyezkedik el, amely az alsó agyagos, fluviális eredetű üledék, magas szervesanyag- (4%), és karbonáttartalom (7-8%) értékekkel. Efölött, 400-570 cm között egy fejlett paleotalaj található, felfelé növekvő szervesanyag tartalommal és durvuló szemcsemérettel. Továbbá 520-540 cm között lösz aggregátumok jelennek meg. A következő zónát (340-400 cm), mely egy löszös szint, felfelé erősen durvuló szemcseméret jelzi, a szelvény ezen szakaszán található meg a legnagyobb mértékben a homokfrakció. A növekvő karbonát és csökkenő szervesanyag értékek alapján ez a szint lehetett a felette elhelyezkedő gyengén fejlett paleotalaj karbonát akkumulációs zónája.

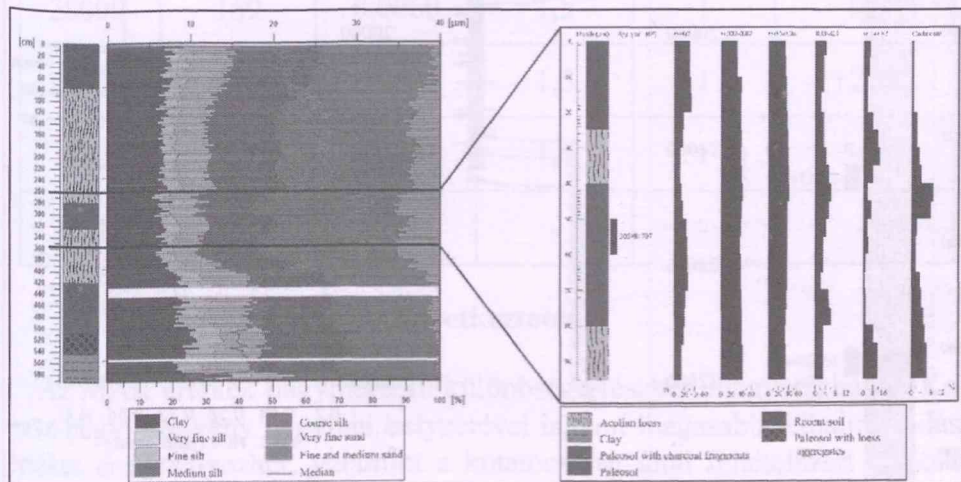
270-340 centiméterek között a lösztestben egy gyengén fejlett paleotalaj rajzolódik ki szemcseösszetételi finomodásban, valamint a szervesanyag megnövekedésében és a karbonáttartalom csökkenésében. Efölött 240-270 cm között még megjelenik egy szervesanyag csúcs, közel 3%-kal, azonban 70-200 cm között csupán egy homogén, alacsony homoktartalmú (5-10%), lösztest látható, 2% körüli szervesanyag-, valamint 3-4% közötti karbonáttartalommal. A felső 70 cm a recens talaj, ahol felfelé megnövekszik mind a szervesanyag, mind a karbonát, valamint a szemcseméret finomodik.

A 2. ábrán látható, hogy a 260-360 cm közötti rész két kiugróan magas középszemű, és durva kőzetliszt értékeire ráilleszthető a Henyet-tetői szel-

vény. A 2016-os szelvény 55-56 centiméteréről vett minta szénizotópos vizsgálata alapján 30376 ± 715 cal. BP korú (Sümegei et al. 2016), míg a Bösken és társai (2019) által a közel ugyanonnan vett minta OSL korolás szerint 29500 ± 2200 cal. BP korú, tehát közel azonos időszakból származnak.

2. ábra: Szemcseösszetételi eredmények összevetve a Henye-tető szelvényével, és annak eredményeivel

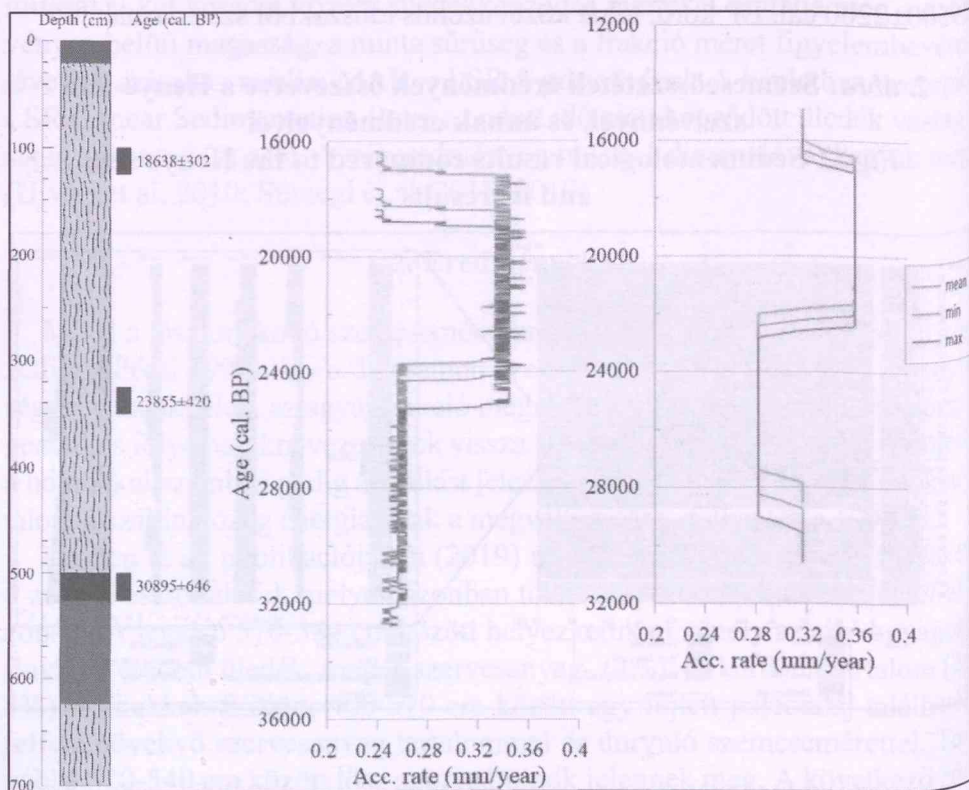
Fig. 2. Sedimentological results compared to the Henye site and its results



A vizsgált szelvény OSL koradati alkalmatlanok voltak a Bayesian-típusú kor-mélység modell elkészítéséhez, így a közeli Bodrogkeresztúr 1-es szelvényt használtuk fel ehhez, mely összetételében, méretében és korában is hasonló a Kopasz-hegyihez, azonban belőle 3 radiokarbon koradat került be-mérésre, ebből az egyik a Tokaji Felső Fosszilis Talajszintben (Sümegei et al. 2016) található meg, mely a Gravetti kultúra vezérszintje paleoökológiai és litosztratigráfiai szempontból egyaránt. A 3. ábrán látható szelvényre OxCal (Bronk Ramsey, Lee 2013) és Bacon (Blaauw, Christen 2011) programok segítségével kor-mélység modelleket alkottunk, melyek alapján centiméterenként kinyertük a minimum, átlag és maximum felhalmozódási értékeket, és Grapher segítségével felhalmozódási ráta diagramokat hoztunk létre. Látható, hogy a felső lösztest felső részén belül éri el a felhalmozódás a maximumát, $0,36$ mm/évet, azonban az átlag $0,28$ - $0,3$ mm/év közé tehető. A paleotalaj fölött elhelyezkedő $1,5$ - 2 méter vastag lösz kialakulása volt a leglassabb, itt az átlagos felhalmozódás $0,25$ - $0,28$ mm/év közé tehető, közel 7000 év alakult ki.

3. ábra: A Bodrogkeresztúr 1-es szelvény az elkészített felhalmozódási ráta diagramokkal

Fig. 3. Bodrogkeresztúr 1 site with its accumulation rate diagrams



1. táblázat: A Bodrogkeresztúr 1-es szelvény MAR értékei
Table 1. MAR values of the Bodrogkeresztúr 1 section

Kor (cal. BP)	Mélység (cm)	SR (cm/year)	ρ (g/cm ³)	f_{eol}	MAR (g/m ² *age)
18638	138	0,0074	1,5	1	111
23855	338	0,0383	1,5	1	575
30895	513	0,0249	1,5	1	373

Az 1. táblázatban a modell eredményeiből elkészített tömeges akkumulációs ráták láthatók. A középső, legmagasabb felhalmozódási rátával rendelkező szakaszban 575 gramm por ülepedett ki egy év alatt, 1 m² területen, míg a paleotalaj fölötti részen ez az érték csupán 373.

A 2. táblázatban a Kopasz-hegyi szelvény OSL adataiból készítettük el a MAR táblázatot, melyen nagyon magas értéket láthatunk, 1500 évre vetítve 1,2 kilogramm por ülepedett ki egy év alatt, 1 m² területen.

2. táblázat: A Kopasz-hegyi szelvény MAR értékei
Table 2. MAR values of the Kopasz hill section

Kor (BP / cal. BP)	Mélység (cm)	SR (cm/year)	ρ (g/cm ³)	f_{eol}	MAR (g/m ² *age)
28000	169	0,0060	1,5	1	91
29500	290	0,0807	1,5	1	1210
33500	427	0,0343	1,5	1	514
28622	451	-	-	-	-

3. Következtetések

Az MAR értékek nagymértékű különbsége részben magyarázható a Kopasz-hegyi szelvény hegylábi helyzetével is, ami magasabb felhalmozódási értéket eredményezhet, valamint a kutatócsapat által feltételezett szélcsatorna jelenségnek, aminek következtében a váltakozó szélirányok szintén akkumuláció növekedést generálhatnak. Azonban a szemcseösszetételi eredmények megmutatták, hogy a Henye-tetői és a Kopasz-hegyi szelvények szemcseösszetételi egyezést mutatnak, illetve kronológiailag is korrelálhatóak, ezáltal feltételezhető, hogy a Kopasz-hegyi szelvény anyaga áthalmozott üledékből származhat. Erre utaló jel továbbá, hogy a környező szelvényekben megtalálható Tokaji Felső Fosszilis Talajsint, mely a Gravetti kultúra életjelit tartalmazó faszenes paleotalaj, nem jelenik meg a vizsgált szelvényben, illetve, hogy a szelvényben a legelső OSL és a mélyebb helyzetből vett radiokarbon értékek között 5000 év a fiatalodás. Pontosabb következtetéseket a szelvény radiokarbon koradatok mérésével és vizsgálatával kaphatnánk, hisz az OSL/IRSL koradatok a magas bizonytalanságuk miatt csupán közel lineáris felhalmozódással vizsgálhatók.

4. Összefoglaló

A lösz-paleotalaj szelvény, mely Bodrogkeresztúron került kialakításra (Bösken et al. 2019), a Kárpátok lábánál történt paleokörnyezeti változások,

valamint a területen meglepedett Gravetti kultúra jobb és pontosabb megértése miatt alakítottuk ki. A szelvény szemcseösszetételei elemzésével, valamint a szelvényből származó OSL és radiokarbon, illetve a közeli Bodrogkeresztúr 1-es szelvény radiokarbon koradati alapján felállított kor-mélység modellek, és az azokból létrehozott felhalmozódási ráták bemutatásával és összehasonlításával foglalkozik. A szemcseösszetételei eredményekből kirajzolódik, hogy a szelvény összetétele megegyezik a korábban már Sümegi (2005) által vizsgált Bodrogkeresztúr 1-es szelvényvel, valamint a Henyettői szelvény szintén beleilleszthető a Kopasz-hegyi szelvénybe, azonban az utóbbiból hiányzik a Tokaji Felső Fosszilis Talajszint. Illetve a kor-mélység modellek adataiból alkotott felhalmozódási ráta diagramokból kirajzolódik, hogy a Bayesian-típusú kor-mélység modellek megalkotásához az OSL/IRSL korolási módszerek alkalmatlanok a túl nagy bizonytalanságértékeik miatt. A szelvény felhalmozódásának pontosabb megismeréséhez szénizotópos koradatokra volna szükség, hogy pontosíthassuk a felhalmozódási különbségekből adódóan felvetődő kérdéseket.

Köszönetnyilvánítás

Ez a munka az NTP-NFTÖ-19-B-0069 (Makó L.) és az Emberi Erőforrások Minisztériuma – 20391-3/2018/FEKUTSTRAT pályázatok támogatásával jött létre.

Felhasznált irodalom

- Bennett, K. D. (1994): Confidence intervals for age estimates and deposition times in late-Quaternary sediment sequences. *The Holocene*, 4, pp. 337-348.
- Blaauw, M., & Christen, A. J. (2011): Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process. *Bayesian Analysis*, 6(3), pp. 457-474.
- Bokhorst, M.P., Vandenberghe, J., Sümegi, P., Lanczont, M., Gerasimeno, N.P., Matviishina, Z.N., Marković, S.B., Frechen, M. (2011): Atmospheric circulation patterns in central and eastern Europe during the Weichselian Pleniglacial inferred from loess grain-size records. *Quaternary International*, 234, pp. 62-74.
- Bösken, J., Obrecht, I., Zeeden, C., Klasen, N., Hambach, U., Sümegi, P., Lehmkühl, F. (2019): High-resolution paleoclimatic proxy data from the MIS3/2 transition recorded in northeastern Hungarian loess. *Quaternary International*, 502, pp. 95-107.
- Bronk Ramsey, C., Lee, S. (2013): Recent and Planned Developments of the Program OxCal. *Radiocarbon*, 55 (2-3), 720-730.

- Dean, W. E. (1974): Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Petrology*, 44, pp. 242-248.
- Pécsi M. (1993): *Negyedkor és löszkutatás*. Akadémia kiadó, Budapest, 375 p.
- Pye, K. (1995): The nature, origin and accumulation of loess. *Quaternary Science Reviews*, 14, pp. 653-667.
- Rhodes, E.J. (2011): Optically stimulated luminescence dating of sediments over the past 250,000 years. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 39, pp. 461-488.
- Schatz, A.-K., Buylaert, J.-P., Murray, A., Stevens, T., Scholten, T. (2012): Establishing a luminescence chronology for a palaeosol-loess profile at Tokaj (Hungary): A comparison of quartz OSL and polymineral IRSL signals. *Quaternary geochronology*, 10, pp. 68-74
- Schatz, A.-K., Scholten, T., Kühn, P. (2015): Paleoclimate and weathering of the Tokaj (Hungary) loess-paleosol sequence. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 426, pp. 170-182.
- Schatz, A.-K., Zech, M., Buggle, B., Gulyás, S., Hambach, U., Marković, S.B., Sümegei, P., Scholten, T. (2011): The late Quaternary loess record of Tokaj, Hungary: Reconstructing palaeoenvironment, vegetation and climate using stable C and N isotopes and biomarkers. *Quaternary International*, 240, pp. 52-61.
- Sümegei, P. (2005): *Loess and Upper Paleolithic environment in Hungary*. Aurea Publishing, Nagykovácsi. pp. 34-46.
- Sümegei, P., Hertelendi, E. (1998): Reconstruction of microenvironmental changes in Kopasz Hill loess area at Tokaj (Hungary) between 15.000-70.000 BP years. *Radiocarbon*, 40, pp. 855-863.
- Sümegei, P., Krolopp, E. (2002): Quaternary malacological analyses for modeling of the Upper Weichselian palaeoenvironmental changes in the Carpathian Basin. *Quaternary International*, 91, pp. 53-63.
- Sümegei, P., Molnár, D., Gulyás, S., Náfrádi, K., Sümegei, B., P., Töröcsik, T., Persaits, G., Molnár, M., Vandenberghe, J., Zhou, L. (2019): High-resolution proxy record of the environmental response to climatic variations during transition MIS3/MIS2 and MIS2 in Central Europe: The loess-paleosol sequence of Katymár brickyard (Hungary), *Quaternary International*, 504, pp. 40-55.
- Sümegei, P., Rudner, Z.E. (2001): In situ charcoal fragments as remains of natural wild fires in the upper Würm of the Carpathian Basin. *Quaternary International*, 76/77, pp. 165-176.
- Sümegei, P., Töröcsik, T., Náfrádi, K., Sümegei, B., Majkut, P., Molnár, D., Tappody, R. (2016): Radiocarbon dated complex paleoecological and geoarchaeological analyses at the Bodrogkeresztúr-Henye Gravettian site (NE Hungary). *Archeometriai Műhely*, 2016/XIII./1, pp. 31-42.
- Újvári, G., Kovács, J., Varga, Gy., Raucsik, B., Marković, S., B. (2010): Dust flux estimates for the Last Glacial Period in East Central Europe based on terrestrial

records of loess deposits: a review. *Quaternary Science Reviews*, 29 pp. 3157-3166.

Wentworth, C.K. (1922): A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geology*, 30, pp. 377-392.

Összefoglalás

A bodrogkeresztúri Kopasz-hegy lábánál elhelyezkedő lösz-paleotalaj szelvény vizsgálata azzal a céllal jött létre, hogy a meglévő ismereteket kibővítse a Kárpátok hegylábi paleokörnyezeti tényezőiről, valamint arról, hogy az milyen hatással volt a területen, többek között a Henye-tetőn letelepedett Gravetti kultúrára.

Történeti információk alapján a szelvény a kései MIS 3 idején kezdődik és egészen a recens talajig tart. A tanulmány a szemcseméret, a szervesanyag-, és karbonáttartalom elemzéseivel, valamint kor-mélység modellek bemutatásával, a Kopasz-hegy OSL és ^{14}C , valamint Bodrogkeresztúr 1 ^{14}C koradatainak felhasználásával, az azokból létrehozott felhalmozódási diagramok összehasonlításával foglalkozik.

A szedimentológiai vizsgálatokból kiderült, hogy a szelvényt jelentősebb felhalmozódás, átlagosan kisebb szemcseméret, a homokfrakció szinte teljes hiánya jellemzi. Ezen adatok alapján a korábban megkutatott Bodrogkeresztúr 1, valamint Henye-tetői szelvények hasonlóak a Kopasz-hegyi szelvényhez. Továbbá a szelvény egészére megnövekedett karbonáttartalom jellemző, köszönhetően a posztszediment folyamatoknak, rekarbonizációnak, kilúgozásnak.

Kulcsszavak: szemcseméret eloszlás, kor-mélység modell, felhalmozódási ráta, lösz, Bodrogkeresztúr