

A KÁRPÁT-MEDENCE LÉGKÖRI ÁSVÁNYI PORKONCENTRÁCIÓJÁNAK ALAKULÁSA A PLEISZTOCÉN SORÁN

PLEISTOCENE VARIATIONS OF THE AEOLIAN DUST CONCENTRATION IN THE CARPATHIAN BASIN

Varga György

Pécsi Tudományegyetem TTK Földrajzi Intézet, 7624 Pécs, Ifjúság útja 6. gyoker@gamma.ttk.pte.hu

Összefoglalás. A lösz-palaeotalaj sorozatokat széles körben a pleisztocén éghajlatváltozások legfontosabb mutatóinak tekintik. Az üledékképződés-arány és a méretek (pl. magméret) igen érzékenyek a környezeti és éghajlati ingadozásokra. A Kárpát-medencei pleisztocén lösz-palaeotalaj részecskéire vonatkozó feljegyzéseit nem tekinthetjük teljes sorozatnak, azért nekünk kell össze hasonlítanunk őket a globális éghajlati referenciagörbékkel (a mély üledékek és jégmagok izotópadataival). A késői pleisztocén leletek sokkal több pontos adatot adnak nekünk, hogy meghatározhassuk az üledékképződés-arány értékét a lösz rétegre. A főleg bimodális mag-méret-elosztás-görbék a porleletek esetében két üledékpulációt, képviselnek, amit változó görbe-szelettel lehet elválasztani. A szétválasztott elem-eloszlás a finom felbontású háttérporterhelés és a homokviharak durva szemcséjű hordalékának együttes eredményeként lehet értelmezni. A légkör porkoncentrációja meghatározható a por fluxusból és magméret-feljegyzésekből.

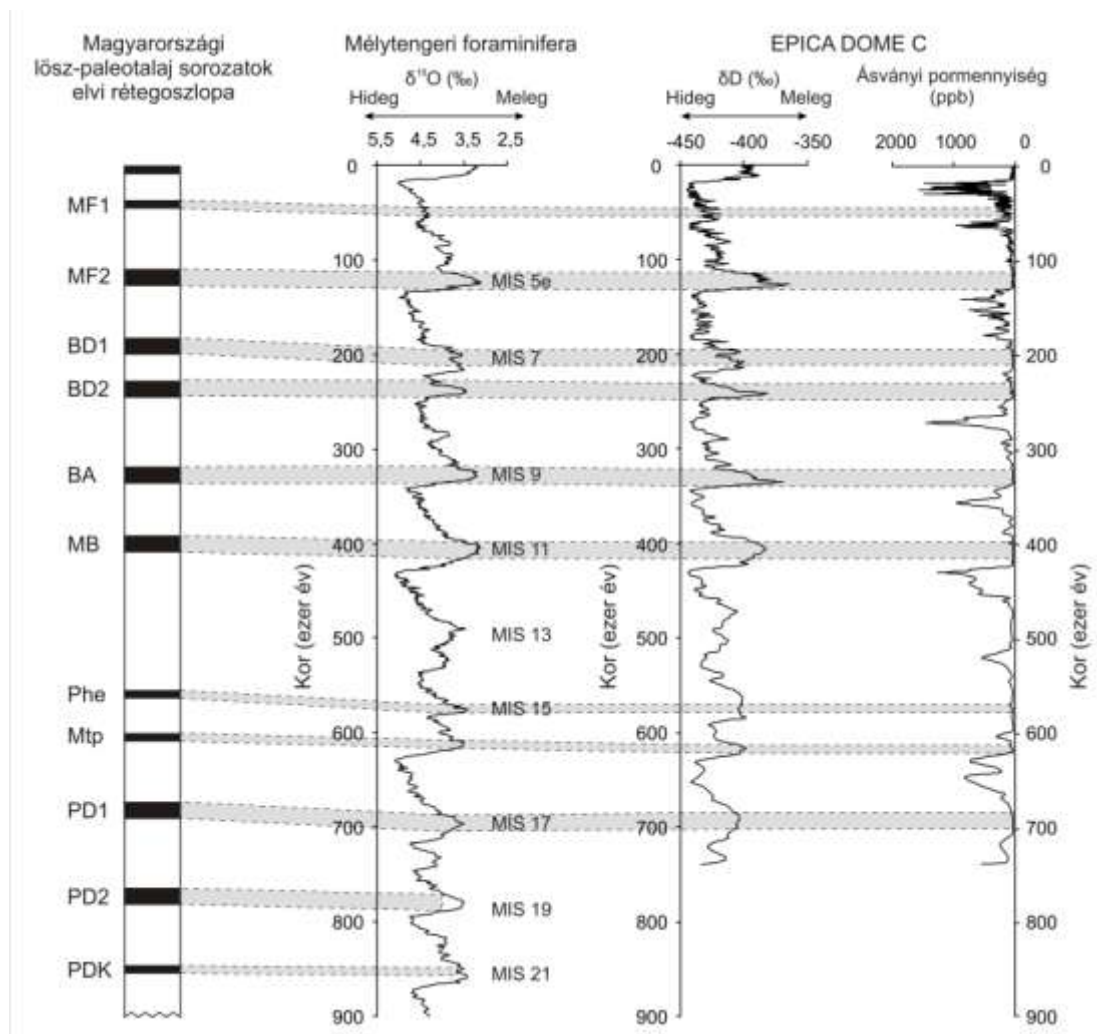
Abstract. The loess-palaeosol sequences are widely considered as the most important terrestrial archive of Pleistocene climate changes. The sedimentation rate and the physical properties (e.g. grain-size) of these aeolian dust deposits response sensitive to the environmental and climatic fluctuations. The records of the Pleistocene loess-palaeosol sections in the Carpathian Basin can not be considered as complete sequences, therefore we have to correlate them with global climatic reference curves (e.g. isotope data of deep sediments and ice cores). But the much more accurate age data of the Late Pleistocene deposits allow us to determine the value of the sedimentation rate of the loess layers, and also the value of the aeolian dust flux in the given time period. The mainly bimodal grain-size distribution curves of the aeolian dust deposits represent two sediment populations, which can be partitioned from each other with parametric curve-fitting. The separated populations can be interpreted as the fine-grained background dust-load and the coarse-grained product of the dust storms. So, the dust concentration of the atmosphere can be determined from the dust flux and the grain-size records.

Bevezetés. Az utóbbi 10–15 év kutatásai rávilágítottak, hogy Földünk arid-szemiarid területeiről szél által elszállított évi 1–3 milliárd tonna ásványi por környezeti hatásai sokkal jelentősebbek, mint korábban gondoltuk (Tegen *et al.* 1996). A porszemcsék hatással vannak többek között a globális besugárzási viszonyokra, biogeokémiai-ciklusokon keresztül az üvegházhatást befolyásoló CO₂ mennyiségére, a felhőfizikai és a talajképződési folyamatokra, valamint az emberi egészségre is (Varga 2010). A földtörténeti múlt egyes időszakában a légköri ásványi por mennyisége a mainak akár 15–20-szorosa is lehetett (Kohfeld és Harrison 2001). A felhalmozódott porból megfelelő környezeti feltételek mellett lösz képződött, melyek Földünk szárazföldjeinek 10%-át, a Kárpát-medencének több mint felét borítják (Pécsi 1968; Pécsi és Schweitzer 1995). A löszkutatás és más hullóporos eredetű üledékek elemzése már évtizedek óta gazdagítják, pontosítják a paleoklimatikus és ösföldrajzi rekonstrukciók eredményeit. A múltbéli klimatikus változások azonosítása révén értékes adatokat nyerhetünk a manapság tudományos kutatások homlokterében álló jövőbeli környezeti események előrejelzésére vonatkozóan. Jelen munka célja a lösz-palaeotalaj sorozatok és a légköri pormennyiség összefüggéseinek, valamint a szemcseeloszlásokból számított szedimentációs sebesség és a porfluxus értékekből történő légköri porkoncentráció meghatározás lehetőségének bemutatása.

Anyag és módszer. A Kárpát-medence területének jelentős részét fedik löszök és löszszerű üledékek, azonban a rétegsorok nem tekinthetők teljesnek, ezért a munka során egy több típusfeltárás sztratigráfiai adataiból készült elvi rétegoszlopot használtam. A löszsorozatok mélytengeri üledékek és antarktisi jégmagok izotóparányainak, illetve pormintáinak adataival való korrelációja korábban publikált koradatok (Pécsi és Schweitzer 1995), valamint Gábris (2007) alapján történt. A felhasznált mélytengeri adatsor Lisiecki – Raymo (2005) munkájának eredménye, melyhez a szerzők 57 fúrás $\delta^{18}\text{O}$ adataiból számították ki kompozitgörbéjük értékeit, melyet így a legteljesebb plio-pleisztocén paleohőmérsékleti referenciagörbének tartunk. A további párhuzamosításokhoz az antarktisi jégtakarón jelenlegi legmélyebb jégmag (EPICA DOME C) deutérium-arány és oldhatatlan, teresztrikus porminta adatait (EPICA community members 2004) elemeztem. A pleisztocén légköri porkoncentráció lehetséges számszerűsítése a leülepedett poranyagból képződött löszök szemcseeloszlása és felhalmozódási sebessége alapján történt. A több száz minta szemcseméret meghatározása gondos előkészítés (Konert és Vandenberghe 1997) után, lézerdiffrakció elvén működő Fritsch Analysette 22 Compact műszerrel történt. Így 0,3–300,74 μm közötti intervallum 62 mérettartományának tömegszázalékos értékeiről nyerhetünk információkat.

Lösz-paleotalaj sorozatok és a légköri porkoncentráció kapcsolata. A pleisztocén mintegy 2,6 millió éves időtartamának utolsó 1–1,2 millió évében beszélhetünk jégkorszakról, melyet hosszabb-rövidebb időre

számunkra a felmelegedési ciklus hatásait. Az utóbbi évek mérés technológiai fejlődése, valamint referencia-görbékkel történő korrelációk következtében a löszsorozatok koradatai egyre megbízhatóbbá váltak. A Kárpát-



1. ábra: Hazai lösz-paleotalaj sorozatok korrelációs lehetősége mélytengeri üledékek, illetve antarktisi jégmagok paleohőmérsékleti és pormennyiség görbéivel. (Pécsi és Schweitzer 1995; Gábris 2007; Lisiecki és Raymo 2005; EPICA community members 2004)

interglaciálisok, interstadiálisok szakítottak meg. A glaciálisok során a felhalmozódó szárazföldi jégtakaró örlő- és a fagyváltozékonyság közetaprózó hatására nagy mennyiségben képződtek a szél által könnyen szállítható, kőzetliszt méretű ásványi szemcsék. A selfek szárazra kerülése következtében fokozódó kontinentalitás és a nagy anticiklonális központok kialakulása miatt az uralkodó szelek ereje, munkavégző képessége megnőtt. A vegetáció, visszaszorulása folytán, pormegkötő hatását kevésbé tudta kifejteni, így hatalmas mennyiségű ásványi por került a levegőbe. A száraz-hideg periódusokban a talajosodási és mállási folyamatok nem tudtak lépést tartani a fokozódó intenzitású porhullással, és a felhalmozódó poranyagból arra alkalmas környezeti viszonyok mellett, törmeléken üledékes kőzet, lösz képződött. Az interglaciális és interstadiális periódusokban a melegebb és nedvesebb klíma a talajképződésnek kedvezett. Az ekkor kialakult talajok a későbbi löszképző időszakok során eltemetődtek, és mint paleotalajok archiváltak

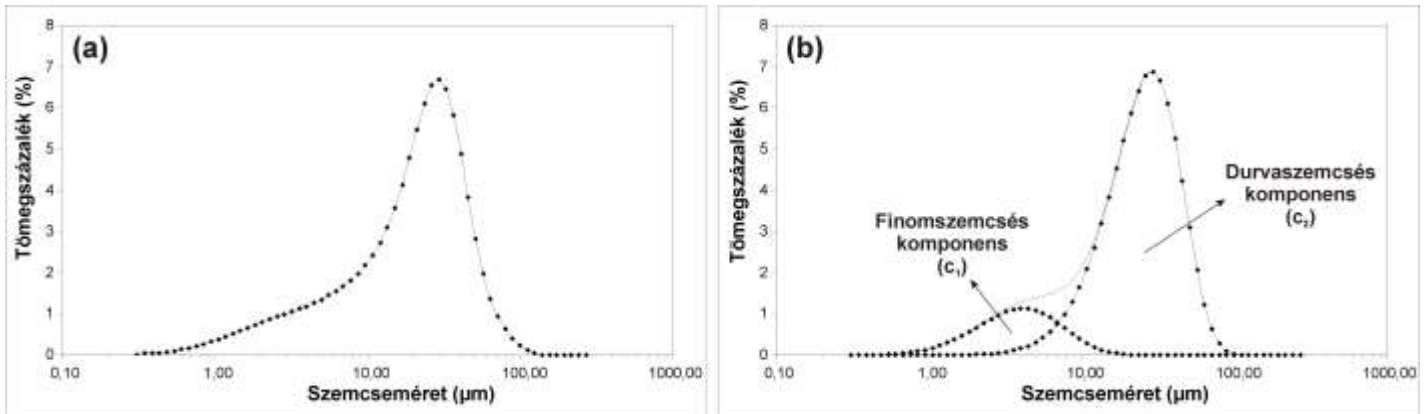
medence lösz-paleotalaj sorozatának mélytengeri mészvázások és antarktisi jégmagok izotópgörbéivel való korrelációja lehetőséget teremt a bizonytalan abszolút koradatok mellett is a korrekt datálásra (Gábris 2007). A párhuzamosítás révén képet szerezhethetünk a hullóporos szedimentáció folyamatáról. Az antarktisi jégmagokban található poranyag mennyisége és a löszminták szemcsemérete egyaránt jó összhangban áll a paleohőmérsékleti görbék adatsoraival (1. ábra). A hideg időszakok monoton hőmérsékletcsökkenését gyors, határozott váltással követik az intenzív felmelegedési periódusok. Ez az asszimmetria megfigyelhető az eolikus szedimentációban is: a jégtakarókon a legtöbb ásványi por közvetlenül a meleg időszakok előtt halmozódott fel, illetve a löszképződés is közvetlenül a talajosodási ciklusok előtt érte el a tetőpontját. A melegebb szakaszból származó jégmintákban az oldhatatlan, teresztrikus eredetű komponensek részaránya csaknem nullára csökkent, a löszterületeinken pedig talajok képződtek. A Kárpát-medence

paleotalajainak képződésében a porhullások szerepe a granulometriai adatok alapján jelentéktelen volt, a talajok a fekjükben található löszökből alakultak ki. Ismerünk azonban olyan régiókat is Földünkön, ahol az interglaciálisok idején is jelentős volt a porfelhalmozódás, és ezek szerepe döntő volt a talajképződésben is.

A Kínai Lösszfennsík területén a talajok csaknem egésze a lehullott por mállásával képződik, így a korábbi időszakok löszrétegeit alig érintik az átalakulási folyamatok. Ezeken a területeken azonban napjainkban is magas por-koncentrációs érték figyelhető meg (Kohfeld és Harrison 2003). A Kárpát-medence pliocén porfelhalmozódá-

mum idejére vonatkozóan számottevően alulbecsülik azt (Mahowald et al. 2006). Ezek a számítógépes kísérletek a jelenlegi megfigyelési adatokra épültek, elsősorban a meleg, arid-szemi-arid porforrásterületek preferálásával. A pleisztocén során azonban a domináns lehordási térségek a hideg-száraz régiók voltak.

A késő-pleisztocén porkoncentráció meghatározásának lehetősége. A löszminták lézerdiffrakciós szemcseméret vizsgálatai során meghatározott eloszlásgörbék jellemzően bimodális lefutásúaknak adódtak. Porviharos események recens megfigyelései és mérési eredményei arra engednek következtetni, hogy a kisebb szemcsemé-



2. ábra: (a) Jellemző típusos löszminta mért szemcseeloszlása; (b) A szemcseeloszlás-görbe felbontása üledékpulációkra paraméteres függvényillesztéssel

sai a nedvesebb, melegebb klíma hatására talajosodási és mállási folyamatok révén vörösiszapokká alakultak, melyek hullóporos eredetű paleotalajként történő értelmezése lehetőséget teremt a globális korreláció idősebb rétegsorokra történő kiterjesztésére (Schweitzer és Szőőr 1997; Kovács 2008; Kovács et al. 2008). Jelenlegi ismereteink szerint az interglaciálisok, interstadiálisok alatt a maitól kevésbé eltérő légköri porkoncentrációval lehet számolni. A lehülési szakaszokban azonban a por mennyisége a hullóporos eredetű üledékek tanúbizonysága szerint jelentősen megnőtt. A közepes földrajzi szélességeken kialakult koncentrációnövekedés oly mértékű volt, hogy a számítógépes modellek az utolsó glaciális maxi-

ret-tartományban jelentkező másodlagos maximum kialakulásában a csaknem állandó háttérporok volt döntő szerepe (McTainsh et al. 1997). Típusos löszök esetében a bimodalitást a porviharok során felhalmozódó durvaszemcsés komponens és a finomszemcsés állandó háttérpor együttesen alakították ki. Mállott, áthalmozott vagy infúziós löszök szemcseméretét további, leülepedés utáni folyamatok módosították. Az üledékpulációkat Sun et al. (2002; 2004) alapján paraméteres függvényillesztés módszerével két folytonos, két-paraméteres Weibull-eloszlású függvényre bontva különíthetjük el. (Lásd: vonalak közötti részt.)

$$\text{Szemcseeloszlás} = V_1 + V_2 = \gamma_1 \times \left(\frac{a_1}{\lambda_1^{a_1}} \right) \times \left(\frac{x}{\lambda_1} \right)^{a_1-1} + \gamma_2 \times \left(\frac{a_2}{\lambda_2^{a_2}} \right) \times \left(\frac{x}{\lambda_2} \right)^{a_2-1}$$

ahol a_1, a_2 paraméterek a görbe alakját és csúcosságát (osztályozottság), b_1, b_2 paraméterek a görbe pozícióját (szemcseméret) határozzák meg, míg c_1, c_2 súlyparaméterként szerepelnek a függvényillesztéskor. A mért szemcseeloszlási adatok és az illesztett függvény közötti lineáris regresszió (r^2) értéke a vizsgált több száz üledékminta esetében 0,98–0,99 közelében alakult (2. ábra).

A porkoncentrációt alapvetően az ásványi por mennyisége mellett a szemcsemérettől függő leülepedési idő határozza meg (3. ábra). A pleisztocén löszképződéskor uralkodó arid klíma a száraz ülepedési folyamatoknak kedvezett, így az ismert szemcseméret függvényében a szedimentációs sebesség (v_s), gömb alakú kvarc szemcséket feltételezve a Stokes-törvény szerint számítható:

$$v_s = \frac{d^2 \times \rho \times g}{18 \times \eta}$$

ahol d a részecske átmérője, ρ a sűrűsége (kvarc: $2,65 \text{ g cm}^{-3}$), g a nehézségi gyorsulás, η pedig a levegő dinamikus viszkozitási együtthatója.

Adott üledékpuláció jellemző szemcsemérete (d) a 62 mérési csatorna adatai alapján számítható:

$$d = \frac{\sum_{i=1}^{62} x_i \times m_i}{\sum_{i=1}^{62} m_i}$$

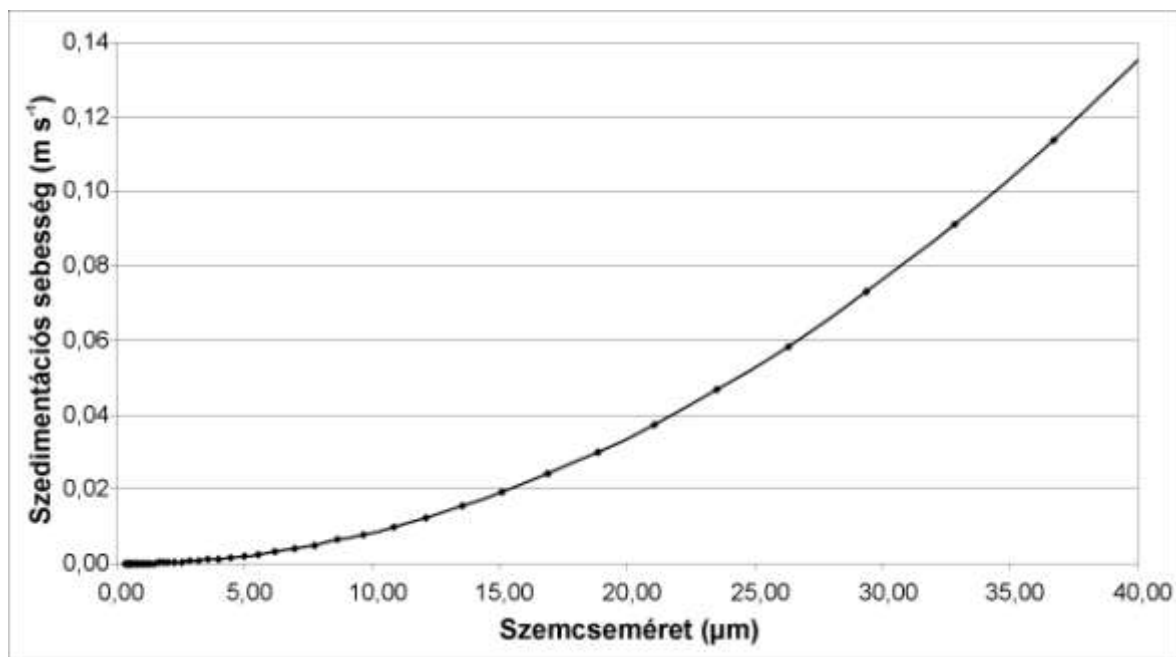
ahol d a szemcseméret, x_i a populáció i -edik mérettartománya, m_i az i -edik mérettartományba eső szemcsék tömegszázaléka. A szedimentációs sebesség meghatározásánál alkalmazott egyszerűsítések (gömbalak, kvarc-szemcsék) a végső eredményt nem befolyásolják döntően.

Az üledékpulációk közül az állandó háttérpor adatai kerültek felhasználásra a porkoncentráció számításakor. Az epizodikus porviharok gyakoriságáról megbízható adatokkal nem rendelkezünk, illetve a nagyobb méretű szemcsék rövidebb légköri tartózkodási ideje és a leülepedés után gyakori újraerodálódása is indokolta a számításokból való mellőzésüket.

bességgel vett hányadosa a légköri ásványi por koncentrációját (C) adja meg:

$$C [\mu\text{g m}^{-3}] = DF / v_s.$$

A légköri por mennyiségének meghatározásához szükséges akkumulációs adatok a számítások legbizonytalanabb tényezői. A hazai lösz-paleotalaj sorozatok nem teljesek, a különböző okokra visszavezethető lepusztulási periódusok során kialakult réteghiányok mértéke az esetek többségében nehezen meghatározható. Ebből kifolyólag a szedimentációs ráta értéke, továbbá a porfelhalmozódás mértéke még viszonylag kis területen belül is jelentős eltéréseket mutathat a geomorfológiai helyzettől függően. A késő-pleisztocén éghajlatának sajátos, gyakori, nagy



3: ábra: A szedimentációs sebesség értékei a szemcseméret függvényében.

A légköri por mennyiségének meghatározása rétegtani adatok alapján valósítható meg. A löszösszletek rétegvastagságának és a lerakódási kornak a hányadosából számított szedimentációs ráta (SR) értéke a por mennyiségével egyenesen arányos:

$$SR [\text{m s}^{-1}] = \text{rétegvastagság} / \text{kor}.$$

A poranyag lerakódás utáni kompaktációjából és a képződött lösz porozitásából adódó pontatlanságot a szedimentációs ráta és az üledék sűrűségének szorzatából számított porfluxus (DF) érték használatával küszöbölhetjük ki:

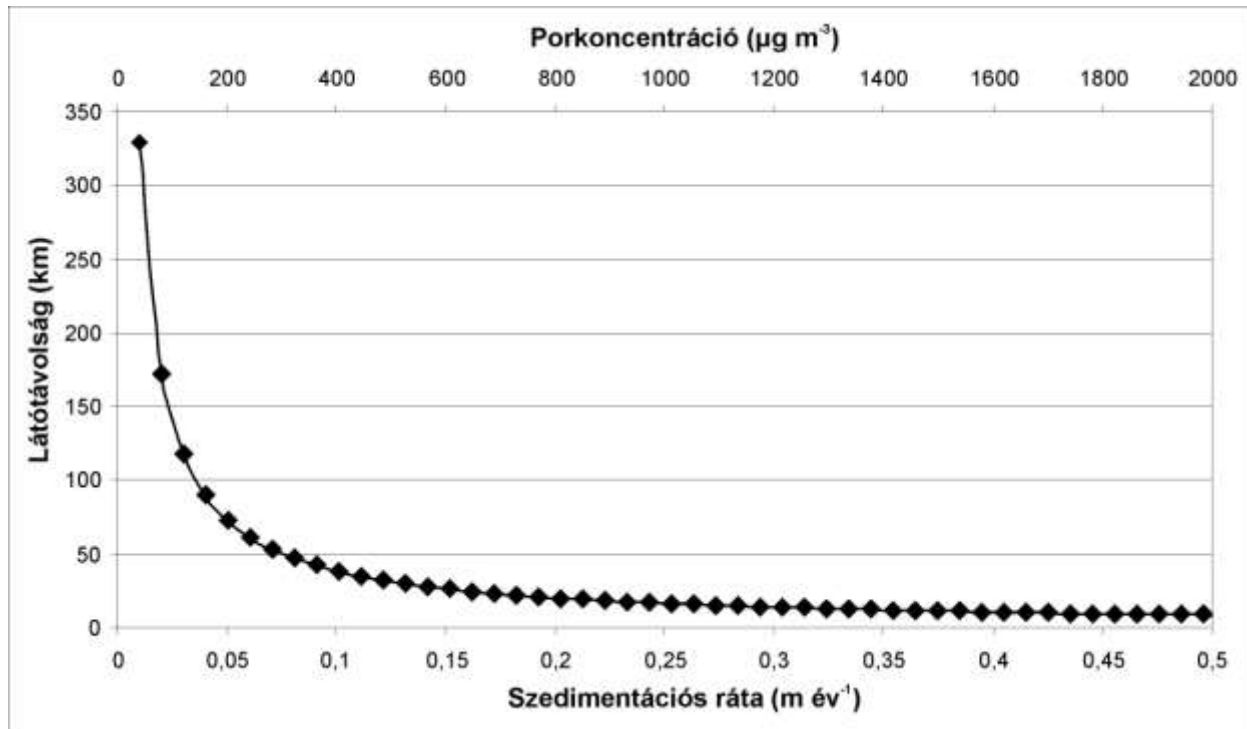
$$DF [\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}] = SR \times \rho.$$

Ezáltal az egységnyi idő alatt egységnyi területre hullott por tömegét kapjuk meg, melynek a szedimentációs se-

amplitúdójú kilengései az eolikus szedimentációt is befolyásolhatták. A Dansgaard-Oeschger ciklusok kimutatása hazai löszsorozatokban eddig teljes bizonyossággal még nem történt meg. Más területek hullóporos rétegsoraiban azonban a rövid távú éghajlat-módosulások üledékképződést módosító hatásai azonosításra kerültek már (Porter 2001; Rousseau et al. 2002). Tehát a szedimentációs ráta egyes periódusokban jelentősen lecsökkenhetett, a löszképződés feltételei a késő-pleisztocén glaciálison belül sem voltak mindig adottak. További problémát jelentenek a nem megfelelő koradatok is, melyek valódi koránál gyakran jelentősen fiatalabbnak tüntetik fel az üledéket. A rétegtani hiátusok és a nem kellően pontos kormodellek a szedimentációs ráta alul-, illetve felülbecsléséhez vezetnek. Mindezek következtében csupán egy viszonylag hosszú időintervallumra vonatkozó átlagos porkoncentráció meghatározására nyílik lehetőség.

Eredmények és következtetések. A légköri por mennyiségével egyenesen arányos átlagos szedimentációs ráta késő-pleisztocén értékének meghatározása a korábban említett okok miatt nehéz kérdés. A szakirodalmi adatok alapján jelentős eltérések mutatkozhatnak már egyetlen

porkoncentráció alapján a látótávolság meghatározására, mely paramétert eddig még szintén nem alkalmaztak az öskörnyezeti rekonstrukciókban. A többféle megközelítés közül, a szakirodalmi adatok alapján *Patterson – Gillette* (1977) által definiált képlet tükrözi leginkább a va-



4. ábra: A porfelhalmozódás sebessége, a légköri porkoncentráció és a látótávolság kapcsolata.

lőszfeltárás esetében is. A hazai és szomszédos országok lőszsorozatainak (pl. *Novothy et al.* 2009; *Galovic et al.* 2009; *Antoine et al.* 2009) adatait is felhasználva a számításokban $0,2 \text{ mm}$ évenkénti szedimentációs ráta került alkalmazásra. Ezt a típusos lősz $1,65 \text{ g cm}^{-3}$ átlagos sűrűség értékével beszorozva a porfluxust határozhatjuk meg, melyre így $330 \text{ g m}^{-2} \text{ év}^{-1}$ -et kapunk. A kiválasztott, Kárpát-medence különböző pontjairól származó típusos lőszök szemcseeloszlási vizsgálataiban során jelentős eltérések nem voltak megfigyelhetők, a számításokhoz felhasznált lőszminták jól reprezentálják a jellemző granulometriai sajátosságokat. A paraméteres függvény-illesztés módszerével elkülönített finomszemcsés, háttérpor komponens jellemző szemcsemérete $4,1\text{--}4,4 \mu\text{m}$ -nek adódott, mely szemcseátmérőhöz a Stokes-törvény szerint $1,42\text{--}1,63 \times 10^{-3} \text{ m s}^{-1}$ szedimentációs sebesség tartozik.

Az átlagos porkoncentrációt a finomszemcsés üledékpuláció részarányaival ($12,65\text{--}17,95\%$) súlyozott porfluxus és a szedimentációs sebesség hányadosaként határozhatjuk meg. A fenti adatok alapján a késő-pleisztocén háttérpor koncentrációja $810\text{--}1240 \mu\text{g m}^{-3}$ közé tehető. Nagyságrendileg tehát ezzel az értékkel számolhatunk az utolsó glaciális időszak idejére vonatkozóan, azonban ki kell emelni, hogy a nagyobb méretű szemcsék lerakódásakor, a heves porviharok során a porkoncentráció a többtízezer $\mu\text{g m}^{-3}$ -t is elérhette. Jelenkori porviharok megfigyelési adatai lehetőséget teremtenek a

lős viszonyokat:

$$\text{Látótávolság [km]} = 10\,507 \times C^{-0,935}$$

Különböző por-felhalmozódási értékek és porkoncentráció mellett a 4. ábra mutatja a látótávolság változását. A késő-pleisztocénre meghatározott átlagos értékek esetében a látótávolság mintegy $13,5\text{--}20 \text{ km}$ közöttinek adódott.

Összefoglalás. A pleisztocén során felhalmozódott lőszök, illetve az ezeket tagoló fosszilis talajok sorozata az utolsó mintegy $2,6$ millió év paleoklimáját nagyszerűen archiválták számunkra. Az éghajlat viszonylag kisléptékű módosulásai is nyomon követhetők a rétegsorokban. Különösen a lerakódott szemcsék mérete tükrözi jól a megváltozott légkördinamikai folyamatokat. A poranyag felhalmozódási sebessége és a szemcsék szedimentációs sebessége révén lehetőségünk van a múltbéli porkoncentráció alakulásának nyomon követésére. A teljes pleisztocénre vonatkozóan lőszsorozataink nem teszik lehetővé az értékek meghatározását, de a globális referenciagörbékkel történő korreláció során az eolikus szedimentáció főbb jellemzői azonosíthatók. A felső-pleisztocén lőszök adatsorai azonban már kellően ismertek ahhoz, hogy bizonyos fokú pontossággal számszerűsíthessük az átlagos porkoncentrációt. A cikkben bemutatott számítások alapján a késő-pleisztocén jellemző porkoncentrációja $810\text{--}1240 \mu\text{g m}^{-3}$ között alakult, melynek függvényében a látótávolság értéke is megbecsülhető. E két paraméter

korábbi ösföldrajzi rekonstrukciókban nem szerepelt még, holott a porviharok által légkörbe juttatott ásványi por jelentős hatással volt a pleisztocén klimatikus és környezeti folyamatokra. Ugyanakkor, ezek az adatok a Kárpát-medencében, a csaknem állandó háttérporra egy viszonylag hosszú, egyes szakaszaiban eltérő klimatikus viszonyokkal jellemezhető időszakra vonatkozó átlagos értékek. A pontosabb, nagyobb felbontású, egy-egy szűkebb területre jellemző koncentráció meghatározásával mindezek további pontosítása szükséges.

Irodalom

- Antoine, P., Rousseau, D. D., Fuchs, M., Hatté, C., Gauthier, C., Marković, S. B., Jovanović, M., Gaudenyi, T., Moine, O. and Rossignol, J., 2009: High-resolution record of the last climatic cycle in the southern Carpathian Basin (Surduk, Vojvodina, Serbia) *Quaternary International* 198(1–2), 19–36.
- EPICA community members, 2004: Eight glacial cycles from an Antarctic ice core. *Nature* 429, 623–628.
- Gábris, Gy., 2007: The relation between the time scale of the Quaternary surface processes and oxygen isotope stratigraphy – according to the loess–paleosol sequences and river terraces in Hungary. *Földtani Közöny* 137, 515–540.
- Galović, L., Frechen, M., Halamić, J., Durn, G. and Romić, M., 2009: Loess chronostratigraphy in Eastern Croatia – A luminescence dating approach. *Quaternary International* 198(1–2), 85–97.
- Kohfeld, K. E. and Harrison, S. P. (2001): DIRTMAP: the geological record of dust. *Earth-Science Reviews* 54(1–3), 81–114.
- Kohfeld, K. E. and Harrison, S. P., 2003: Glacial-interglacial changes in dust deposition on the Chinese Loess Plateau. *Quaternary Science Reviews* 22, 1859–1878.
- Konert, M. and Vandenberghe, J., 1997: Comparison of laser grain-size analysis with pipette and sieve analysis: a solution for the underestimation of the clay fraction. *Sedimentology* 44, 523–535.
- Kovács, J., 2008: Grain-size analysis of the Neogene red clay formation in the Pannonian Basin. *International Journal of Earth Sciences* 97, pp. 171–178.
- Kovács, J., Varga, Gy. and Dezső, J., 2008: Comparative study on the Late Cenozoic red clay deposits from China and Central Europe (Hungary). *Geological Quarterly* 52, 369–382.
- Lisiecki, L. and Raymo, M. E., 2005: A Pliocene–Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records. *Paleoceanography* 20, PA1003.
- Mahowald, N. M., Muhs, D. R., Levis, S., Rasch, P. J., Yoshiooka, M., Zender, C. S. and Luo, C., 2006: Change in atmospheric mineral aerosols in response to climate: Last glacial period, preindustrial, modern, and doubled carbon dioxide climates. *Journal of Geophysical Research* 111, D10202.
- McTainsh, G. H., 1987: Desert loess in northern Nigeria. *Zeitschrift für Geomorphologie* 31, 145–165.
- Novothy, A., Frechen, M., Horváth, E., Bradák, B., Oches, E. A., McCoy, W. D. and Stevens, T., 2009: Luminescence and amino acid racemization chronology of the loess–paleosol sequence at Süttő, Hungary. *Quaternary International* 198(1–2), 62–76.
- Patterson, E. M. and Gillette, D. A., 1977: Measurements of visibility vs. mass concentration for airborne soil particles. *Atmospheric Environments* 10, 83–96.
- Pécsi, M., 1968. Loess. In: R.W. Fairbridge (ed.): *The Encyclopedia of Geomorphology*, Reinhold, New York, pp. 674–678.
- Pécsi, M. and Schweitzer, F., 1995: The lithostratigraphical, chronostratigraphical sequence of Hungarian loess profiles and their geomorphological position. In: Pécsi, M., Schweitzer, F. (eds.): *Loess InForm 3. Concept of loess, loess-paleosol stratigraphy*. MTA FKI, Budapest, pp. 31–61.
- Porter, S. C., 2001: Chinese loess record of monsoon climate during the last glacial–interglacial cycle. *Earth-Science Reviews* 54, 115–128.
- Rousseau, D.D., Antoine, P., Hatté, C., Lang, A., Zöller, L., Fontugne, M., Ben Oothman, D., Luck, J.M., Moine, O., Labonne, M., Bentaleb, I. and Jolly, D., 2002: Abrupt millennial climatic changes from Nussloch (Germany) Upper Weichselian eolian records during the Last Glaciation. *Quaternary Science Reviews* 21, 1577–1582.
- Schweitzer, F. and Szöör, Gy., 1997: Geomorphological and stratigraphical significance of Pliocene red clay in Hungary. *Zeitschrift für Geomorphologie Supplementband* 110, 95–105.
- Sun, D., Bloemendal, J., Rea, D.K., An, Z., Vandenberghe, J., Lu, H., Su, R., and Liu, T.S., 2004: Bimodal grain-size distribution of Chinese loess, and its paleoclimatic implications. *Catena* 55, 325–340.
- Sun, D., Bloemendal, J., Rea, D.K., Vandenberghe, J., Jiang, F., An, Z. and Su, R., 2002: Grain-size distribution function of polymodal sediments in hydraulic and aeolian environments, and numerical partitioning of the sedimentary components. *Sedimentary Geology* 152, 263–277.
- Tegen, I., Lacis, A.A., Fung, I., 1996: The influence of mineral aerosols from disturbed soils on climate forcing. *Nature* 380, 419–422.
- Varga Gy., 2010: Gondolatok a porviharok és a klimatikus, környezeti folyamatok összefüggéseiről. *Földrajzi Közlemények*. 134 (1), 1–14.

KISLEXIKON

POCKET ENCYCLOPAEDIA

Somfalvi-Tóth Katalin

Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest, Pf. 38, toth.k@met.hu

folytatás a 105.oldalon