

KUTATÁSI ÖSSZEFOGLALÓ (OTKA PD 73379)

A lumineszcens kormeghatározás alkalmazása napjainkra egyre szélesebb körűvé válik a magyarországi földrajzi, geomorfológiai kutatásokban. Ebben igen nagy szerepe van a szegedi lumineszcens kormeghatározó laboratóriumnak, melynek eredményes működéséhez nagyban hozzájárult az OTKA PD 73379 pályázata, lehetővé téve a kutatói munka finanszírozását és a fő kutatási célok megvalósítását.

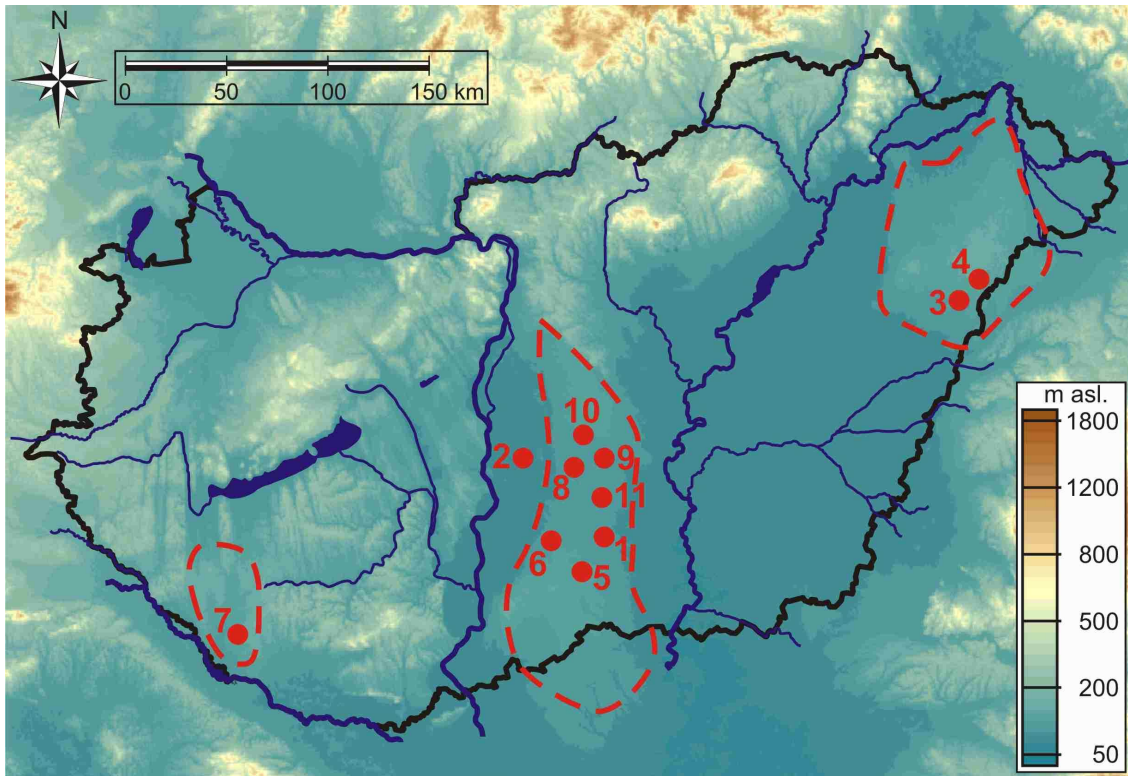
A kutatói ösztöndíj elsődleges célkitűzése a félig kötött futóhomok területek homokmozgási periódusainak beazonosítása, a mérések pontosítása volt. A beszámoló elsősorban az ebben a témában született eredményeket foglalja össze, mutatja be. Ugyanakkor fontosnak tartom a szorosán vett kutatási témán túl azon lumineszcens kormeghatározással kapcsolatos kutatások bemutatását is, amelyeket az ösztöndíj ideje alatt vittünk véghez, így gyakorlatilag az OTKA támogatása nélkül azok nem jöhettek volna létre (folyóvízi üledékek kormeghatározása: finom és durva szemcseméretű üledékek elemzése, archeometriai jellegű kutatások: termolumineszcens protokollok tesztelése, felhasználása)

HOMOKMOZGÁSI PERIÓDUSOK MAGYARORSZÁGI FÉLIG KÖTÖTT FUTÓHOMOK-TERÜLETEKEN

A klíma periodikus változásai, valamint az emberi hatások jelenleg és a múltban is jelentősen befolyásolták az olyan morfológiai szempontból érzékeny felszínek fejlődését, mint Magyarország félig kötött futóhomokkal borított hordalékkúpi területeit. Kutatásaink során elsődleges célunk a holocén főbb homokmozgási időszakainak meghatározása volt a lokális és regionális jelleg megállapításával egyetemben. Mindemellett törekedtünk a különböző lumineszcens technikák összehasonlító elemzésére, valamint a dózisteljesítmény meghatározásának pontosítására is.

ELŐZMÉNYEK

Mintaterületeinket elsősorban a Duna-Tisza közén és a Nyírségben választottuk ki, de kutatásainkat *a tervezetteken túl egy belső-somogyi mintaterületre is kiterjesztettük*. A mintaterületek kiválasztásakor egyrészt morfológiai szempontokat tartottunk szem előtt: így a legélénkebb domborzatú, legérzékenyebb buckák mintázására törekedtünk, másrészt ahol alkalmunk nyílt ott régészeti feltárásokhoz kapcsolódóan gyűjtöttünk mintákat. A mintavételt ennek megfelelően vagy bolygatatlan mintavevő segítségével fúrásokból (buckák), vagy szelvényből (régészeti feltárások) végeztük. A fent leírt módon a 11 mintaterületen **(1. ábra)** összesen mintegy 150 mintát gyűjtöttünk be, melyek közül a kutatások jelen állásánál **99 darab esetében végeztük el lumineszcens méréseket (1. táblázat)**. Az alkalmazott minta előkészítési és feltárási procedúrákat részletesen Sipos et al. 2009 írja le.



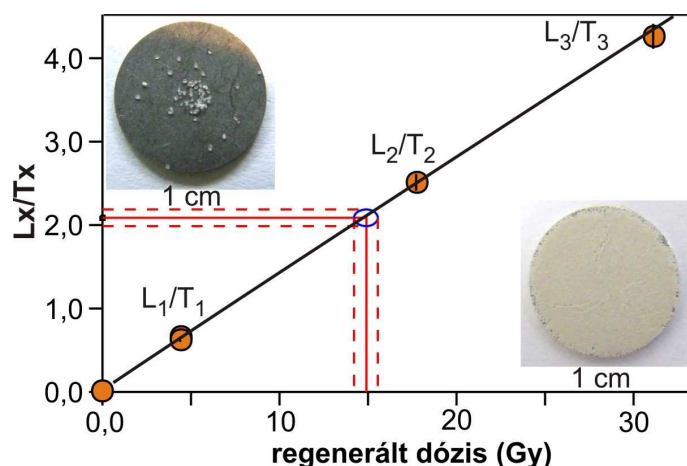
1. ábra. Hazánk legjelentősebb félig kötött futóhomok területei és a mintavételi területek. 1: Csengele, 2: Apostag, 3: Erdőspuszta, 4: Bagamér, 5: Kiskunhalas, 6: Kecel, 7: Darány, 8: Kolon-tó, 9: Orgovány, 10: Fülöpháza, 11: Bugac

MÉRÉSTECHNIKA

A lumineszcens kormeghatározás elvi és fizikai alapjait számos tanulmányban összefoglaltuk már (Sipos és Papp 2009, Sipos et al. 2009, Sipos 2010), így ehelyütt ennek részletes ismertetésére nem térünk ki. A mérések elsődleges célja az üledék kvarc és földpát szemcséiben természetes radioaktív sugárzás hatására kialakuló, fény illetve hő hatására felszabaduló lumineszcens jel nagyságának meghatározása. **A lumineszcens jel arányos az elnyelt dózissal, ezáltal a minta eltemetődése óta eltelt idővel.** Az ily módon közvetett úton meghatározott elnyelt dózis (**egyenérték dózis**), és a környezeti **dózisteljesítmény** alapján az eltemetődés óta eltelt idő számítható:

$$\text{Kor (ka)} = \frac{\text{egyenérték dózis (Gy)}}{\text{dózisteljesítmény (Gy/ka)}}$$

A kor minél pontosabb megadásához mind az egyenértékdózis, mind a dózisteljesítmény meghatározása során körültekintően kell eljárni. Az egyenérték dózis meghatározásához helyenként kisebb módosításokkal az ún. SAR (Single Aliquot Regeneration – Egy Mintás Regeneráció) protokollt használtuk (Wintle és Murray 2006), melynek során a laboratóriumi **regenerációs dózisok és az általuk létrehozott lumineszcens intenzitások közötti összefüggés felállítása a cél (2. ábra).**



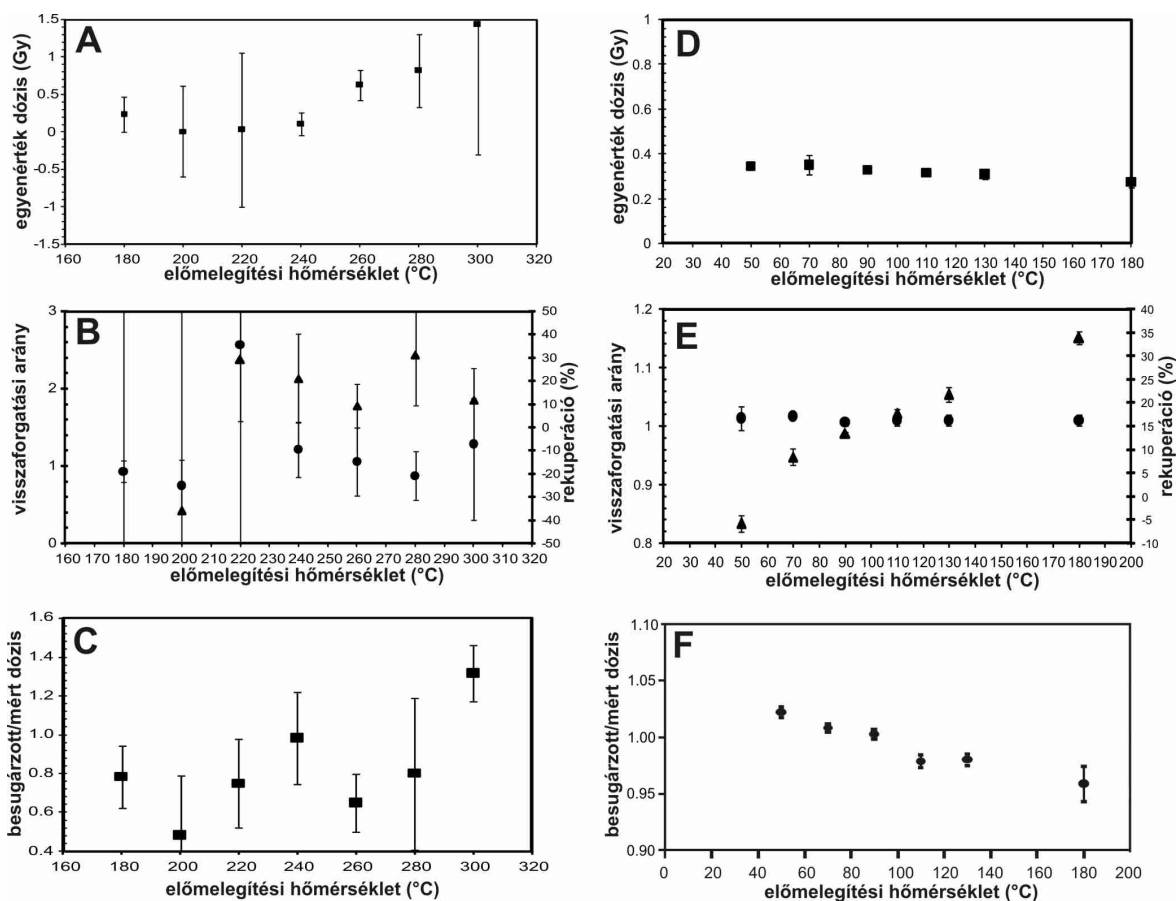
2. ábra. SAR protokoll segítségével meghatározott dózis – lumineszcens válasz görbe. Az egyre növekvő regenerált dózisok által előidézett lumineszcens fényintenzitásokat (L_x) a soron következő, mindig azonos nagyságú teszt dózisok által előidézett fényintenzitásokkal (T_x) lehet korrigálni. A görbe alapján a természetes lumineszcens jelhez tartozó paleodózis számítható (lásd piros vetítő vonalak).

A protokoll keretében mód nyílik a vizsgált anyag lumineszcens mérésekre való alkalmasságának vizsgálatára (dózis visszamérési pontosságának vizsgálata, termális töltés transzfer, rekuperáció mértékének meghatározása), illetve nagy hangsúlyt kell fektetni annak tesztelésére, hogy milyen hőmérsékleti beállítások mellett lehet a legnagyobb pontossággal elvégezni a méréseket (előmelegítési teszt, mesterségesen besugárzott dózis mérése SAR protokoll segítségével). Ezekről részletesebb leírást Sipos et al. 2009, és Sipos 2010 nyújt.

A fontosabb problémák, melyekre a különböző futóhomokminták mérése során megoldást kellett találnunk a következők voltak. 1) A nyírségi minták esetében előfordult, hogy a szintiszta kvarc kinyerésére irányuló, többször tökéletesített mintafeltárási protokollunk ellenére a **mérések során IRSL választ tapasztaltunk**, ami földpátzárványok jelenlétére utal. Az eredmények ennek megfelelően jelentősen szóródtak. 2) A fiatalabb minták esetében (Duna-Tisza köze, Nyírség) nagyon alacsony természetes kvarc OSL jel mellett a **termális transzfer relatív értéke nagymértékben megnőtt**. Ez szintén nagy szórást és pontatlan méréseket eredményezett.

Az első probléma kiküszöbölésére a tényleges, 470 nm-es stimulációval elvégzett OSL mérések előtt ezért 821 nm-es IRSL megvilágítást alkalmaztunk hasonló módon, mint Roberts és Wintle 2001 polimineralikus lösz mintáin végzett mérései során. Ezáltal a földpát hatásait ki lehetett küszöbölni, és főleg fiatalabb minták esetében 20-30 %-kal pontosabb eredményeket lehetett elérni.

A második kérdés lényegesen összetettebb megoldást igényelt, ugyanis ez esetben az amúgy elengedhetetlenül szükséges, a lumineszcens jel kis energiájú, instabil részét törölő előmelegítés okozta a problémát, illetve az, hogy a rövid eltemetődési idő alatt igen kis intenzitású lumineszcens jel alakult ki az anyagban. **Ezért az üledék káli-földpát komponensének mérése felé fordultunk**, amely jóval intenzívebb lumineszcens jelet ad kisebb dózisok mellett is, így alacsonyabb dózisok is meghatározhatók segítségével, valamint rövidebb napfényen eltöltött idő is elegendő az üledékképződés során a korábban felhalmozódott lumineszcens jel törlődésére (3. ábra). Jelentős probléma azonban, hogy a földpátok hajlamosak spontán jelvesztésre, ezért sok esetben a belőlük nyert koradat kisebb a valósánál. Ezt a problémát a legújabb nemzetközi kutatások alapján (pl.: Wallinga et al. 2007), **a spontán jelvesztés laboratóriumi körülmények között történő számszerűsítésével próbáltuk kiküszöbölni**. Mindezek segítségével 100-200 éves üledékek mindössze 10-20 %-os hibával terhelt korát sikerült meghatározni, ami **szélesebb körben is érdeklődésre tarthat számot**.



3. ábra. Ugyanazon fülöpházi minta kvarc (A, B, C) és földpát (D, E, F) frakcióján elvégzett előmelegítési tesztek sorozata a mérések pontosságára, a töltés transzferre és a dózis reprodukcióra vonatkozóan. Jól látható, hogy a földpát frakció alacsony hőmérsékleten mennyivel stabilabban viselkedik. Egy-egy pont 3 mérés átlagát és szórását reprezentálja.

A kormeghatározás egy igen fontos lépése a környezeti **dózisjelzés** meghatározása. Ennek mértékétől függ a mért lumineszcens jel kialakulásának üteme, azaz ennek segítségével lehet mért értékekből kort számítani. A kutatás egyik fontos célja volt a dózisjelzés-meghatározás pontosságának növelése laboratóriumunk szempontjából. Ennek egyik módja a laboratóriumi mérések (elsősorban gamma-spektroszkópia) terepi mérésekkel történő kiegészítése. A pályázatban megjelölt olcsó, de időigényes, kihelyezett kapszulákkal történő mérés helyett **mód nyílt egy hordozható terepi gamma-spektrométer tesztelésére** (Canberra Inspector 1000, Ipron-2 NaI detektorral), melyet más forrásból szereztünk be. Eddigi tesztjeink és tapasztalataink alapján a műszer bár alkalmas különböző nuklidok fajlagos aktivitásának meghatározására, a hosszú mérési idő (legalább 2-3 óra az alacsony koncentrációk miatt), illetve a NaI detektorok viszonylag rossz felbontása következtében terepen **célravezetőbb az össz-gamma dózisjelzés mérése**, melyre szintén alkalmas a műszer. Ez esetben a laboratóriumban meghatározott alfa és béta dózisjelzéseket **a terepi eredményekkel kiegészítve pontosabb értéket kaphatunk** az össz-dózisjelzésre vonatkozóan, hiszen a terepi mérés már magában foglalja a nedvességtartalom és a kozmikus sugárzás okozta jelentős eltéréseket, azokat így nem szükséges korrekciók és konverziók segítségével a számításokba beépíteni a gamma dózisjelzés esetében. A kutatás jelen fázisában **a műszer tesztelése és Ge detektoros mérésekkel való összevetése még folyamatban van**, ezért az itt közölt eredményeket laboratóriumunk régi protokollja szerint számítottuk.

EREDMÉNYEK A HOMOKMOZGÁSOK IDEJÉRE, KITERJEDÉSÉRE ÉS INTENZITÁSÁRA VONATKOZÓAN

Nyírség

A Nyírségben elvégzett méréseink alapján a holocén során **legalább 6 akkumulációs időszak különíthető el**, melyeket a két vizsgált bucka (Bagamér és Erdőpuszta) lee oldalán vett homokminták jól rögzítenek. A homokmozgások idejének megadása elsősorban a bagaméri mérések alapján történt (**4. ábra**).

1) Legelőször a viszonylag száraz és meleg **boreális fázis** elején éghajlati hatásra indulhatott be homokmozgás a területen ($9,21 \pm 1,00$ ka).

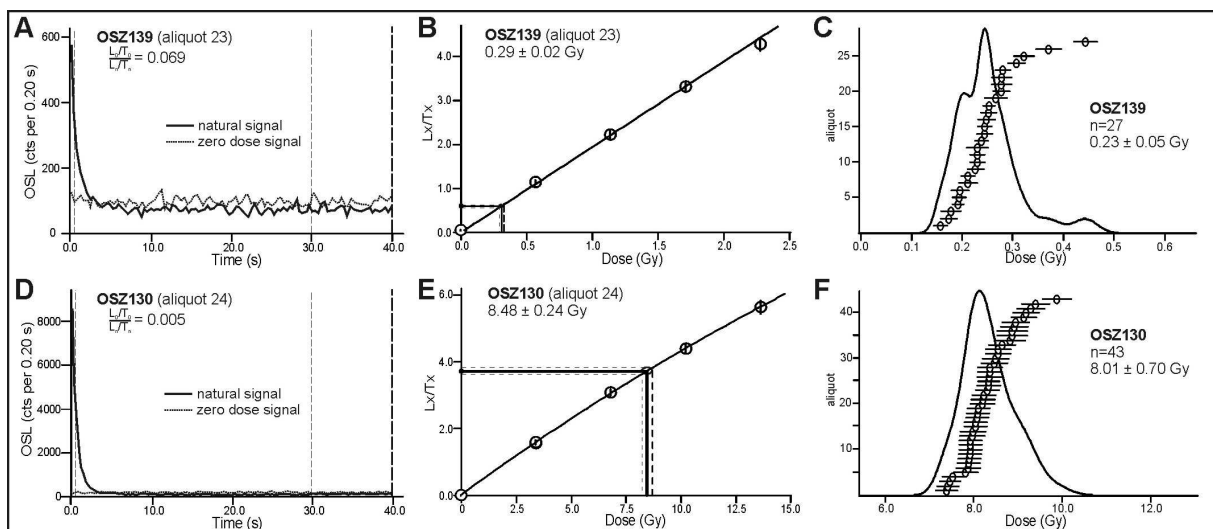
2) Később az **atlantikus fázisban** a klíma kiegyenlítetté és csapadékosná vált, ennek ellenére újból eolikus tevékenység bontotta meg a felszínt $7,07 \pm 0,89$, $7,06 \pm 0,65$ és $6,00 \pm 0,73$ ezer éve. A nagyszámú neolitikumi és rézkorszaki lelet arra utal, hogy talajváltó gazdálkodás, majd a legeltetés hatására indulhatott meg a homok. A hűvösebb **szubboreális fázisban** a bronzkori legeltetésre utaló leletek ellenére nem volt jellemző az eolikus tevékenység, azaz az emberi hatás nem tudta felülmúlni a klimatikus tendenciákat.

3) A kissé szárazabbá váló **szubatlantikus fázis** elején a területre betelepülő vaskori kelta törzsek erdőirtással új réteket és szántóföldeket hoztak létre. Az OSL adatok szerint ez a homok újbóli elindulását vonta maga után hozzávetőleg $2,50 \pm 0,30$, majd pedig $2,05 \pm 0,20$ ezer éve.

4) A következő eolikus időszak ($1,37 \pm 0,32$ ka, $1,14 \pm 0,17$ ka és $0,96 \pm 0,21$ ka) egyértelműen a **népvándorlás** korához köthető.

5) A történeti leírásokból ismeretes, hogy a 17. században jelentős **erdőirtásokat** végeztek a területen, ami egybeesett Bagamér városi rangra emelkedésével. A területhasználat újbóli jelentős módosulása $0,43 \pm 0,14$ és $0,35 \pm 0,09$ ezer éve ismét homokmozgáshoz vezethetett.

6) A 18. századtól a katonai térképezések tanúbizonysága szerint intenzív **szőlőtermesztést** folytattak a buckák déli lejtőin. Ilyen körülmények mellett a homok időről-időre mozgásba lendülhetett egészen napjainkig ($0,23 \pm 0,05$ ka, $0,09 \pm 0,02$ ka).



4. ábra. Lumineszcens lecsengési görbék (A, D), dózis-lumineszcens válasz összefüggések (B, E) és a több mintarészen is elvégzett SAR mérések eredményeinek kiértékelése relatív gyakorisági histogram segítségével (C, F) egy fiatalabb (OSZ139) és egy idősebb (OSZ130) bagaméri minta esetében.

Duna-Tisza köze

A Duna-Tisza közén számtalan mérést végeztünk (lásd **1. ábra** és **1. táblázat**), melyek a holocén elejétől egészen napjainkig **különbféle időszakokban** mutattak ki homokmozgási eseményeket a területen. Az adatok viszonylag nagy szórása rámutat, hogy a feltárt jelenségek **inkább lokális szinten** fordultak elő, így sok esetben **köthetőek az emberi megtelepedéshez és területhasználathoz**. Az általánosabb, nagyobb jelentőségű homokmozgási időszakokat az alábbiakban foglaljuk össze. Az időszakok elhatárolásához az összes mintaterület adatait sorba rendeztük. A sorozatban azon ugrásokat figyeltük, amelyek meghaladják az összes mérés alapján megállapított, átlag 22 %-os mérési bizonytalanságot (**5. ábra**).

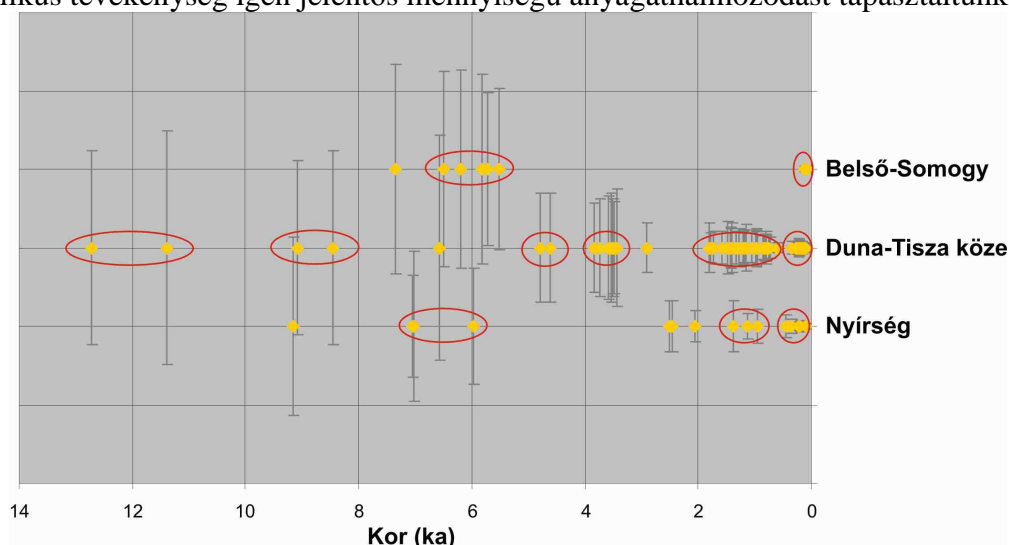
1) A legidősebb homokmozgási periódus a **pleisztocén és a holocén határára**, a fiatalabb Dryas időszakra, mintegy 11-12 ezer évvel ezelőttre (átlagosan: $12,06 \pm 0,95$ ka) tehető. Egyelőre csak két feltárásban sikerült kimutatni, ahol a felszínhez közeli rétegek. A homokmozgás háttérében **klimatikus** hatások állhattak, ezért feltételezhető, hogy további mérések segítségével nagyobb területre kiterjedően is bizonyítani lehet előfordulását.

2) Szintén klimatikus hatás sejthető a következő, immár **preboreális** és boreális fázisok határára tehető homokmozgási periódus mögött, melyet a keceli és apostagi feltárásokból sikerült kimutatni (időszak: $8,78 \pm 0,45$ ka). Ez esetben is nagyobb kiterjedésű, általánosan jelentkező eseményről lehetett szó.

3) Bár egy-egy koradat utalt atlantikus fázisban bekövetkező homokáthalmazódásra is a következő nagyobb területre kiterjedő általánosabb eolikus tevékenység a **szubboreális** fázisra datálódik (átlagos ideje: $3,75 \pm 0,56$ ka). Erre az időszakra vonatkozóan számos régészeti bizonyíték szól amellet, hogy a homokmozgás megindulásában az **emberi tevékenység** (bronzkori állattartó népesség) is igen jelentős szerepet játszhatott. Ezért valószínűsíthetjük, hogy bár nagyobb területen megfigyelhető (Bugac, Csengele, Kiskunhalas), mégsem egy nagy kiterjedésű, általános eseményről, hanem inkább az emberi megtelepedések környezetére szorítkozó esemény-sorozatról lehet szó.

4) Mind térben, mind időben lényegesen nagyobb kiterjedésű a következő, **népvándorláshoz** köthető, az i.sz. 2-3. századtól a 11-12. századig (átlagos ideje: $1,14 \pm 0,32$ ka) megfigyelhető homokmozgási fázis, melynek nyomait mindegyik vizsgálati területen megtaláltuk, a régészeti feltárások és a megtelepedéstől távolabb eső területek esetében egyaránt. Ebben az időszakban az **egyre intenzívebbé váló emberi hatás** és a szárazabb klíma együttese akár nagyobb területekre kiterjedő eolikus tevékenységet is előidézhetett.

5) A legutolsó homokmozgási periódus a **18. sz. közepétől a 19. sz. közepéig** tartott. Azokon a területeken –elsősorban a homokhátság központi részein–, ahol azonosítható ilyen korú eolikus tevékenység igen jelentős mennyiségű anyagáthalmazódást tapasztaltunk.



5. ábra. A mért korok idő szerinti megoszlása a különböző félig kötött futóhomok-területeken.

Belső-Somogy

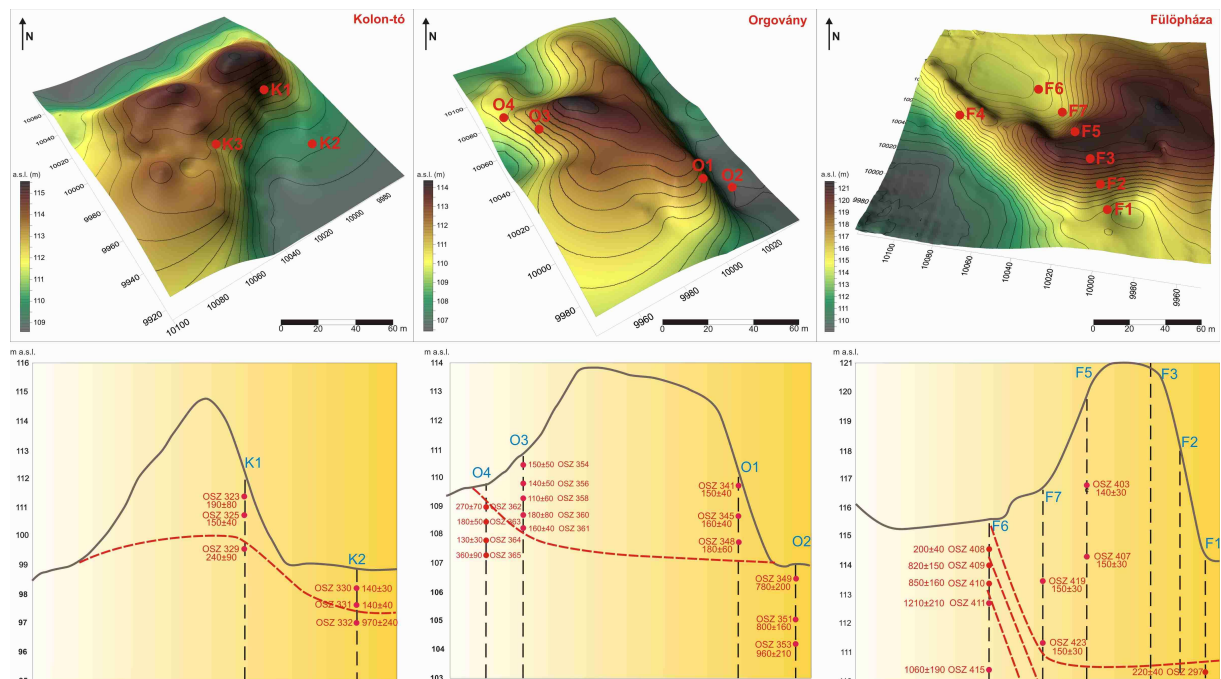
A kiválasztott 21 km²-es mintaterületen 3 homokformageneráció azonosítható (6. ábra) 8 nagyobb, több kilométer hosszan elnyúló parabolabuckához köthetően. Méréseink alapján a legnagyobb formákon is aktív homokáthalmazódás ment végbe az atlantikus fázisban (7,35±1,33 ka, 6,49±1,25 ka és 5,81±1,21 ka). Ezzel párhuzamosan, majd ezt követően alakult ki az alapformákon a következő, méreteit tekintve jóval kisebb dűnékből álló formageneráció (6,20±1,26 ka, 5,71±0,97, 5,53±1,02). A legfiatalabb, legkisebb buckák kialakulása a 19. sz. végére tehető (0,12±0,03 ka és 0,11±0,03). **Mindez ellentmondani látszik a területről kialakult általános képnek, miszerint a holocén idején nem történt jelentős homokmozgás Belső-Somogyban.** Ellentétes állításaink pontosabb alátámasztásához további mintákat gyűjtöttünk, melyek feldolgozása és mérése folyamatban van.



6. ábra. A dűnék 3 generációja.

A 19. századi homokmozgások intenzitása

A kutatás során a hátság központi részén elhelyezkedő fülöpházi, orgoványi és kolontavi dűnemezőkön **a történelmi idők embere által kevésbé használt területeken** szerettük volna megállapítani az eolikus tevékenység idejét. Első, tájékozódó méréseink azonban rámutattak arra, hogy a vizsgált dűnék akkumulációs oldalán **3-4 m mélységben is mindössze 120-150 évvel ezelőtt lerakódott homokanyag** található. További méréseink így már arra irányultak, hogy részletesebben is meghatározzuk ezen formák kialakulásának és fejlődésének intenzitását (7. ábra). Az 5-8 m magasságú garmadákat átfúrását és megmintázását követően megállapítottuk, hogy a három formában 40 000, 22 000, illetve 20 000 m³ homok halmozódott át 19. század elején és közepén, **azaz a garmadák gyakorlatilag 1-2 évtized alatt jöhettek létre** ebben az időszakban. Ez hangsúlyozottan rámutat a terület érzékenységre és az eolikus folyamatok esetleges jövőbeni intenzitására.



7. ábra. A három központi mintaterület domborzatmodellje, a fúrások elhelyezkedése, illetve a mérési eredmények. Feltűnő a fülöpházi garmada esetében török időkre tehető homokmozgások hiánya.

1. táblázat. A mérési eredmények összefoglalása: dózisteljesítmény, egyenérték dózis és koradatok.

azonosító	mintaterület	D* (Gy/ka)	D _e (Gy)	kor (ka)
OSZ112	Csengele	3,39±0,39	2,51±0,37	0,74±0,14
OSZ113	Csengele	3,57±0,42	13,69±1,25	3,84±0,57
OSZ114	Csengele	3,13±0,36	4,76±0,61	1,42±0,26
OSZ115	Csengele	3,12±0,35	4,41±0,57	1,42±0,24
OSZ116	Csengele	2,59±0,29	4,67±0,60	1,80±0,31
OSZ117	Apostag	3,08±0,26	2,62±0,39	0,85±0,15
OSZ118	Apostag	3,53±0,31	3,47±0,71	0,98±0,22
OSZ119	Apostag	3,49±0,31	6,16±0,37	1,77±0,19
OSZ121	Apostag	3,03±0,27	27,53±2,20	9,09±1,10
OSZ126	Erdőpuszta	1,39±0,13	9,83±0,50	7,06±0,65
OSZ127	Erdőpuszta	1,07±0,10	2,20±0,14	2,05±0,20
OSZ128	Erdőpuszta	1,17±0,12	0,23±0,08	0,19±0,08
OSZ129	Bagamér	1,15±0,11	0,10±0,03	0,09±0,03
OSZ130	Bagamér	0,99±0,10	0,23±0,05	0,23±0,06
OSZ131	Bagamér	0,90±0,07	0,32±0,08	0,36±0,09
OSZ132	Bagamér	1,10±0,15	0,48±0,15	0,44±0,15
OSZ133	Bagamér	0,83±0,08	0,80±0,16	0,96±0,21
OSZ134	Bagamér	1,16±0,12	1,32±0,15	1,14±0,17
OSZ135	Bagamér	1,37±0,15	1,88±0,40	1,37±0,33
OSZ136	Bagamér	1,36±0,15	3,36±0,26	2,47±0,33
OSZ137	Bagamér	1,43±0,15	3,59±0,25	2,51±0,32
OSZ138	Bagamér	1,27±0,12	7,57±0,60	5,96±0,74
OSZ139	Bagamér	1,14±0,12	8,01±0,70	7,03±0,96
OSZ140	Bagamér	1,28±0,14	11,73±0,67	9,16±1,13
OSZ141	Kiskunhalas	2,03±0,17	1,20±0,09	0,60±0,07
OSZ142	Kiskunhalas	1,73±0,14	2,10±0,29	1,21±0,19
OSZ143	Kiskunhalas	1,66±0,14	2,63±0,27	1,59±0,21
OSZ144	Kiskunhalas	1,41±0,11	4,12±0,30	2,91±0,32
OSZ145	Kiskunhalas	1,93±0,17	3,36±0,26	1,74±0,20
OSZ146	Kiskunhalas	2,49±0,22	31,64±1,24	12,73±1,24
OSZ147	Kecel	1,69±0,14	1,64±0,30	0,97±0,20
OSZ148	Kecel	1,68±0,14	0,39±0,18	0,23±0,11
OSZ149	Kecel	1,36±0,11	1,82±0,25	1,34±0,21
OSZ150	Kecel	1,75±0,15	14,86±1,76	8,46±1,23
OSZ151	Kecel	1,58±0,13	15,45±1,78	11,38±1,48
OSZ264	Darány	2,50±0,40	0,31±0,06	0,12±0,03
OSZ265	Darány	2,48±0,40	0,27±0,05	0,11±0,03
OSZ266	Darány	2,47±0,40	0,17±0,06	0,07±0,03
OSZ267	Darány	2,24±0,35	12,36±1,18	5,53±1,02
OSZ268	Darány	2,21±0,35	13,75±1,76	6,20±1,26
OSZ269	Darány	2,21±0,35	12,89±1,72	5,81±1,21
OSZ270	Darány	2,41±0,39	13,76±0,75	5,71±0,97
OSZ271	Darány	2,39±0,38	15,5±1,66	6,49±1,25
OSZ272	Darány	2,47±0,40	18,13±1,50	7,35±1,33
OSZ323	Kolon-tó	1,76±0,25	0,33±0,12	0,19±0,08
OSZ325	Kolon-tó	1,70±0,25	0,26±0,05	0,15±0,04
OSZ329	Kolon-tó	1,66±0,25	0,4±0,12	0,24±0,09
OSZ330	Kolon-tó	1,76±0,25	0,25±0,02	0,14±0,03
OSZ331	Kolon-tó	1,74±0,25	0,25±0,04	0,14±0,04
OSZ332	Kolon-tó	1,52±0,25	1,47±0,21	0,97±0,24
OSZ334	Kolon-tó	1,75±0,25	0,2±0,07	0,11±0,05
OSZ336	Kolon-tó	1,73±0,25	0,25±0,06	0,14±0,04
OSZ340	Kolon-tó	1,72±0,25	0,38±0,16	0,22±0,10
OSZ341	Orgovány	1,79±0,25	0,26±0,06	0,15±0,04
OSZ345	Orgovány	1,74±0,25	0,27±0,05	0,16±0,04
OSZ348	Orgovány	1,74±0,25	0,31±0,08	0,18±0,06
OSZ349	Orgovány	1,81±0,25	1,41±0,22	0,80±0,20
OSZ351	Orgovány	1,66±0,25	1,33±0,03	0,80±0,16
OSZ353	Orgovány	1,48±0,25	1,42±0,10	0,96±0,21
OSZ354	Orgovány	1,73±0,25	0,26±0,08	0,15±0,05
OSZ356	Orgovány	1,74±0,25	0,25±0,07	0,14±0,05
OSZ358	Orgovány	1,74±0,25	0,19±0,09	0,11±0,06
OSZ360	Orgovány	1,73±0,25	0,31±0,12	0,18±0,08
OSZ361	Orgovány	1,71±0,25	0,28±0,03	0,16±0,04
OSZ362	Orgovány	1,71±0,25	0,46±0,07	0,27±0,07
OSZ363	Orgovány	1,74±0,25	0,32±0,07	0,18±0,05

azonosító	mintaterület	D* (Gy/ka)	D _e (Gy)	kor (ka)
OSZ364	Orgovány	1,75±0,25	0,23±0,02	0,13±0,03
OSZ365	Orgovány	1,72±0,25	0,62±0,10	0,36±0,09
OSZ297	Fülöpháza	2,13±0,16	0,46±0,01	0,22±0,04
OSZ317	Fülöpháza	2,18±0,16	0,26±0,01	0,12±0,02
OSZ320	Fülöpháza	2,18±0,16	0,31±0,04	0,14±0,03
OSZ403	Fülöpháza	2,17±0,16	0,31±0,01	0,14±0,03
OSZ407	Fülöpháza	2,12±0,16	0,31±0,01	0,15±0,03
OSZ408	Fülöpháza	2,19±0,16	0,43±0,05	0,20±0,04
OSZ409	Fülöpháza	2,12±0,16	1,79±0,04	0,82±0,15
OSZ410	Fülöpháza	2,17±0,16	1,84±0,08	0,85±0,16
OSZ411	Fülöpháza	2,12±0,16	2,57±0,05	1,21±0,21
OSZ415	Fülöpháza	2,14±0,16	2,27±0,04	1,06±0,19
OSZ419	Fülöpháza	2,16±0,16	0,32±0,02	0,15±0,03
OSZ423	Fülöpháza	2,14±0,16	0,31±0,01	0,15±0,03
OSZ454	Bugac	1,33±0,18	1,76±0,14	0,86±0,16
OSZ455	Bugac	1,18±0,17	1,42±0,17	1,19±0,22
OSZ456	Bugac	1,33±0,18	1,62±0,22	1,21±0,23
OSZ457	Bugac	1,60±0,20	1,85±0,40	1,15±0,29
OSZ458	Bugac	1,41±0,18	2,00±0,35	1,41±0,31
OSZ459	Bugac	1,37±0,18	2,00±0,38	1,47±0,34
OSZ460	Bugac	1,49±0,19	7,18±0,53	4,78±0,70
OSZ461	Bugac	1,56±0,19	10,34±1,87	6,58±1,44
OSZ462	Bugac	1,15±0,17	0,87±0,11	0,76±0,14
OSZ463	Bugac	1,20±0,17	0,97±0,16	0,81±0,17
OSZ464	Bugac	1,19±0,17	0,98±0,14	0,82±0,17
OSZ465	Bugac	1,59±0,19	2,05±0,30	1,29±0,24
OSZ466	Bugac	1,21±0,17	4,17±0,66	3,44±0,75
OSZ467	Bugac	1,25±0,18	4,47±0,51	3,58±0,66
OSZ468	Bugac	1,41±0,18	4,90±0,55	3,48±0,59
OSZ469	Bugac	1,31±0,18	4,60±0,56	3,51±0,63
OSZ470	Bugac	1,20±0,17	4,25±0,56	3,54±0,69
OSZ471	Bugac	1,41±0,18	5,29±0,55	3,75±0,62
OSZ472	Bugac	1,61±0,20	7,44±0,70	4,62±0,70

ALSÓ-TISZA VIDÉKI PALEO-MEANDEREK KIALAKULÁSI KORA ÉS KANYARULATFEJLŐDÉSI ÜTEME

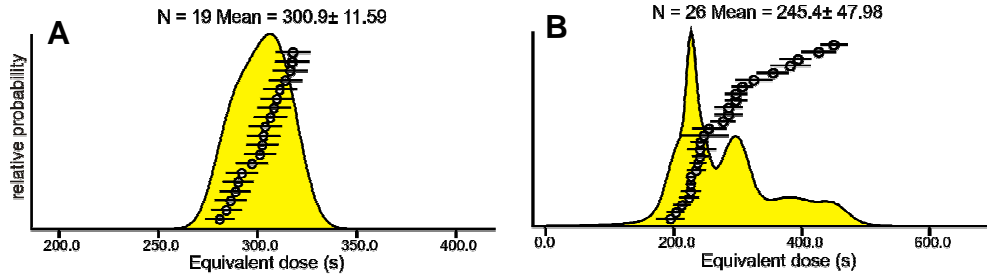
ELŐZMÉNYEK

Az Alsó-Tisza mentén több hatalmas paleomedér is megfigyelhető, melyek nagysága jelentősen felülmúlja a jelenlegi tiszai vízrendszerhez tartozó vízfolyások méreteit. Ezek a paleomedrek csak egy keskeny É-D-i sávban maradtak meg az intenzív holocén felszínalakító folyamatok miatt. Részben az idősebb magas ártéren, részben a feltehetően a pleisztocén végén/holocén elején kialakult alacsonyártéren találhatóak. Képződési koruk meghatározása, valamint morfológiai paramétereik alapján az őket kialakító vízhozamok becslése *fontos adatokat szolgáltat a pleisztocén végi klímára és felszínfejlődésre vonatkozóan*. Vizsgálatainkat egy magas, valamint egy alacsony ártéren elhelyezkedő meder egykori övzátványain végeztük. A vizsgált meanderek hullámhossza 25, illetve 9 km volt.

MÉRÉSTECHNIKA

Fluviális környezetben az üledékképződés során a lumineszcens jel nem mindig törlődik teljesen, ezért ilyen környezetekből származó minták esetében még körültekintően kell eljárni. Nemzetközi szinten is érdeklődésre számot tartó *összehasonlító méréseket végeztünk a fluviális finom és durva szemcsés üledékek lumineszcens tulajdonságaira vonatkozóan*. Méréseink során bizonyítottuk, hogy közepes energiájú meanderező vízfolyások esetében, ahol az átdolgozási idő viszonylag hosszú, nemcsak a homokos (görgetett) de a finomabb (lebegtetett) üledékek esetében is kellően törlődhet a lumineszcens jel, így ez az üledéktípus is alkalmas lehet a kormeghatározásra (**8. ábra**).

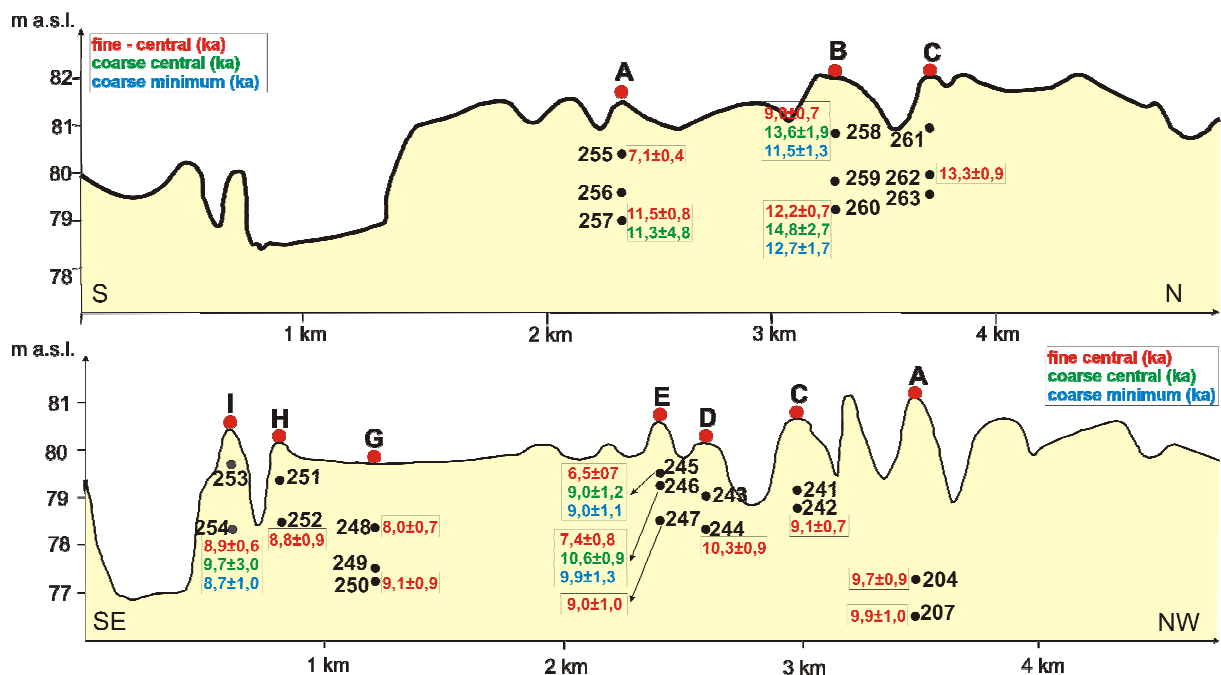
OSZ246



8. ábra. Ugyanazon minta finom (A) és durva (B) frakcióján végzett mérések eloszlása. A finom frakcióból mért érték kisebb hibával igen hasonló kort adott, mint a durva szemcsés frakcióból mért minimum kor. Az ábrán látható egyenérték dózisos a különböző szemcseméretekre ható eltérő dózisteljesítmény miatt hasonló kort adnak.

EREDMÉNYEK

Méréseink szerint a magas ártéri meander egyértelműen idősebb, kialakulásának kezdete 13-14 ezer évvel ezelőtre tehető (**9. ábra**), aktivitása a holocén kezdetével lecsökkent, illetve megszűnt. Az alacsony ártéren húzódó övzátanosor fiatalabb, kialakulása mintegy 9-10 ezer évvel ezelőtt kezdődött (**9. ábra**). Az alacsony ártér kialakulása így a holocén elejére tehető. Ezt megelőzően a **Bölling-Alleröd** interstadiális során egy igen nagy vízhozamú vízfolyás egyengette a Dél-Alföld felszínét. Az idősebb meander **fejlődési üteme mérsékelt lehetett** (1 m/év), ami stabil morfológiai viszonyokat feltételez. A fiatalabb meander ezzel szemben **gyorsabb fejlődést** (akár 3-4 m/év) mutatott, instabilabb morfológiai környezetre utalva. Az alacsonyártér kialakulása valószínűleg összefügg a **fiatalabb Dryast követő klimatikus enyhüléssel**.



9. ábra. A hódmezővásárhelyi (felül) és a deszki (alul) paleo-meanderek övzátanosorának metszete a mért korokkal.

A LUMINESZCENS KORMEGHATÁROZÁS ARCHEOMETRIAI ALKALMAZÁSA

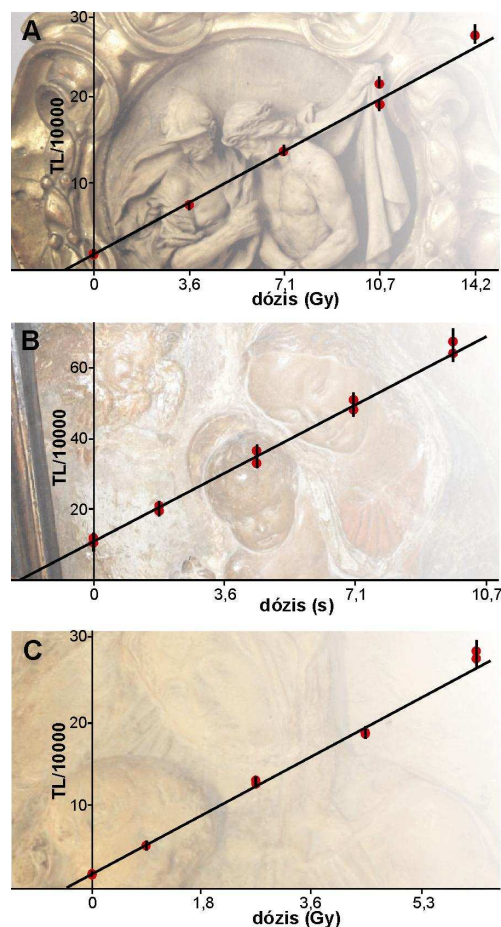
ELŐZMÉNYEK

A lumineszcens jel a vizsgált kvarc és földpát kristályokból nemcsak fény de hő hatására is törlődhet (TL, azaz termolumineszcencia). Ezért *a módszer jól alkalmazható régészeti ásatások égetett leletanyagának kormeghatározására csakúgy, mint terrakotta műtárgyak eredetiség vizsgálatára*. Magyarországon a módszer ilyen irányú felhasználása nem széleskörű. Ennek egyik oka, hogy bár archeometriai indíttatású TL vizsgálatokat korábban is végeztek, a kutatások sajnálatos módon megszakadtak, így az utóbbi időkben nem volt hazai mérési kapacitás.

MÉRÉSTECHNIKA

Méréseink során legtöbbször az ún. *hozzáadott dózis módszerét* alkalmaztuk (részletes leírását lásd Sipos és Papp 2009), mely a TL mérések kapcsán az egyik legjobban alkalmazható protokoll (**10. ábra**). Tesztjeink során megbízhatóbb eredményeket szolgáltatott, mint az elődózis módszere, vagy a regenerációs TL, illetve OSL módszerek. Mindazonáltal egyes tárgyak esetében az üledékek vizsgálatakor alkalmazott *egy mintás regenerációs eljárások a hozzáadott dózis technikával mért korokhoz közeli eredményeket szolgáltatottak*. Néhány kerámia mintán kifakulási tesztek is végeztünk annak számszerűsítésére, hogy a földpát komponensek spontán jelvesztése milyen mértékű. Összességében széleskörű tesztelési és mérési aktivitást tanúsítottunk a témakörben, azonban *további kutatások és műszerek szükségesek* az üledékeknel tapasztalt 10-20 % közötti átlagos hibák fenntartásához, esetleg finomításához.

10. ábra. 3 műalkotásból gyűjtött minta hozzáadott dózis – lumineszcens válasz görbéje. A módszer hátránya az eredmények extrapolációja, előnye az érzékenység-változás kikerülése.



EREDMÉNYEK

Kutatásainkat elsősorban a Szépművészeti Múzeum szoborgyűjteményéből származó terrakotta mintákon és Balatonöszöd falu határából származó régészeti leleteken (rézkori cserépmaszk és kerámiák) végeztük. A múzeumi műalkotások eredetiségvizsgálatában a viszonylag fiatal korok ellenére *jól el tudtuk különíteni a reneszánsz és barokk műalkotásokat a 19. sz.-i másolatoktól, hamisítványoktól*. A kultúrtörténeti szempontból kiemelkedő balatonöszödi lelettel kapcsolatban nemcsak a kerámiatöredékek TL/OSL kora vágott egybe a régészeti tipológiával, hanem azt is *megerősítettük, hogy a maszk valóban késő rézkori eredetű*, készítési ideje 4700±500 évvel ezelőtre tehető.

ÖSSZEGLZÉS

Az elmúlt két évre szóló OTKA PD 73379 számú kutatási támogatás és kutatói ösztöndíj keretében igen sokrétú tevékenységet végeztünk a lumineszcens kormeghatározás terén. A szűkebben vett kutatási területen 99 db üledékminta képződési korát határoztuk meg, melynek segítségével feltártuk a legjelentősebb magyarországi félig kötött futóhomok-területek eolikus fejlődését, különös tekintettel a történelmi idők ember által is befolyásolt időszakára. Méréseink során a legújabban kifejlesztett protokollokat és eljárásokat is teszteltük és adaptáltuk.

Rámutatunk, hogy a legnagyobbrészt klimatikus okokra visszavezethető preboreális fázisra tehető eolikus tevékenységen túl lokálisan szinte bármelyik holocén fázisban megindulhatott a homok. Mindez elsősorban a vizsgált területek emberi hatásokkal szembeni érzékenységének tudható be. Kirajzolódtak azok az időszakok is, amikor térben és időben is gyakoribbak lehettek az eolikus események. Az atlantikus fázisban a Nyírségben és Belső-Somogyban találtunk homokmozgásra utaló jelet, ami elsősorban a neolitikum emberének égetéses talajváltó gazdálkodása által meginduló szélérozízióra vezethető vissza. A Duna-Tisza közén ellenben nem ekkor, hanem valamivel később a szubboreális fázisban azonosítható jelentősebb homokmozgási időszak, ami főként a bronzkori nagyállatartásnak és legeltetésnek tudható be. Szinte mindegyik vizsgálati területen markánsan megjelenik a népvándorlás és honfoglalás kori homokmozgások bizonyítéka, ami az előzőeknél lényegesen nagyobb, akár regionális kiterjedésű, a szárazabb klíma és a legeltetéses területhasználat által együttesen vezérelt eolikus tevékenységet feltételez. Kutatásaink arra is rámutattak, hogy a 18.-19. században a történelmi forrásokból is ismert homokverések során a Duna-Tisza köze központi területein jelentős méretű, 5-8 m magas garmadák és parabola-buckák alakulhattak ki néhány év, évtized leforgása alatt.

A pályázat további hozadéka, hogy nemcsak eolikus, de fluviális üledékeken is mód nyílt a lumineszcens kormeghatározás tesztelésére, méréstechnikájának hazai fejlesztésére, valamint az Alsó-Tisza vidék holocén eleji felszínfejlődésének feltárására. Mindemellett fontos kiemelni az ösztöndíj során megalapozott archeometriai jellegű kutatásokat, melyek során hazánkban egyedülálló méréseket végeztünk régészeti kerámiákon és múzeumi műalkotásokon.

Az összefoglalóban hivatkozott publikációk:

- Roberts H, Wintle A G 2001. Equivalent dose determination for polymineralic fine-grains using the SAR protocol: application to a Holocene sequence of the Chinese Loess Plateau. *Quaternary Science Reviews* 20, 859-863.
- Sipos Gy, Kiss T, Nyári D. 2009. Homokmozgások vizsgálata történelmi időkben Csengele területén. In *Környezettörténet*, Kázmér M. (szerk). Hantken Kiadó Budapest. 409-421.
- Sipos Gy, Papp Sz. 2009. Terrakotta műalkotások eredetiségvizsgálata és kormeghatározása termolumineszcens módszerrel, Szépművészeti Múzeum, Budapest. *Archeometriai Műhely* 2009/1, 61-74.
- Sipos Gy. 2010. A lumineszcens kormeghatározás régészeti és művészettörténelmi alkalmazása I. *Természet Világa* 141/6, 279-282.
- Wintle A G, Murray A S. 2006. A review of quartz optically stimulated luminescence characteristics and their relevance in single-aliquot regeneration dating protocols. *Radiation Measurements* 41, 369-391.
- Wallinga, J., Bos, A. J. J., Dorenbos, P., Murray, A. S., Schokker, J. (2007) A test case for anomalous fading correction in IRSL dating. *Quaternary Geochronology* 2, 216-221.

A kutatáshoz kapcsolódó publikációk:

- Sipos Gy, Kiss T, Nyári D, Dezső J, Schubert G, Koroknai L, Horváth Zs. 2010. Fotolumineszcens kormeghatározás (OSL) alkalmazása a természetföldrajzban. In: *Földrajzi szemelvények határok nélkül*, Mezei I. (szerk) (in press)
- Sipos Gy. 2010. A lumineszcens kormeghatározás régészeti és művészettörténeti alkalmazása II. *Természet Világa* 141/7, 325-328.
- Sipos Gy. 2010. A lumineszcens kormeghatározás régészeti és művészettörténeti alkalmazása I. *Természet Világa* 141/6, 279-282.
- Horváth T, Sipos Gy, Tóth M, May Z. 2010. Adatok Balatonöszöd-Temetői dűlő, késő rézkori rituális álarc keltezéséhez. *Antaeus*, in press.
- Kiss T, Sipos Gy, Kovács F. 2009. Human impact on fixed sand dunes revealed by morphometric analysis. *Earth Surface Processes and Landforms*, 34, 700–711.
- Kiss Tímea, Sipos György, Mauz Barbara, Mezősi Gábor: Chronology of Holocene aeolian sand deposition in relation with vegetation history and human impact on the stabilized sand dune area of the Southern Nyírség, Hungary, *The Holocene* (in press), 2009
- Sipos Gy, Papp Sz. 2009. Terrakotta műalkotások eredetiségvizsgálata és kormeghatározása termolumineszcens módszerrel, Szépművészeti Múzeum, Budapest. *Archeometriai Műhely* 2009/1, 61–74.
- Sipos Gy, Kiss T, Nyári D. 2009. Homokmozgások vizsgálata történelmi időkben Csengele területén. In *Környezettörténet*, Kázmér M. (szerk). Hantken Kiadó Budapest. 409-421.
- Kiss T, Nyári D, Sipos Gy. 2008. Történelmi idők eolikus tevékenységének vizsgálata: a Nyírség és a Duna-Tisza köze összehasonlító elemzése. In *Geographia generalis et specialis, Tanulmányok Kádár László születésének 100. évfordulójára*, Szabó J, Demeter G (szerk). Kossuth Egyetemi Kiadó Debrecen, 99–107.
- Kiss T, Sipos Gy. 2008. Holocén eolikus akkumuláció története a vegetációváltozás és emberi hatások tükrében a Dél-Nyírség féligkötött futóhomok-területén. In *Recens geomorfológiai folyamatok sebessége Magyarországon*, Kiss T, Mezősi G (szerk). SZEK Kiadó, Szeged, 185-194.
- Nyári D, Kiss T, Rosta Sz, Sipos Gy, Geiger J. 2008. Emberi tevékenység következtében történt geomorfológiai változások vizsgálata egy Kiskunhalas melletti régészeti ásítás területén. *IV. Magyar Földrajzi Konferencia*, Debrecen, Előadások összefoglalója 112-119.
- Sipos Gy. 2008. A lumineszcens kormeghatározás alkalmazása az utóbbi 10000 év homokmozgási periódusainak datálására. A Magyar Zoltán és az OTKA Posztdoktori Ösztöndíjasok Találkozója. Előadások összefoglalója 39-46.

A kutatáshoz kapcsolódó konferencia absztraktok:

- Benyhe B, Sipos Gy, Kiss T. 2010 Chronology of past aeolian activities at an archaeological site: relationship of human impact and environmental change. 10th International Conference “Methods of Absolute Chronology”, Gliwice. Abstracts volume: p. 75.
- Schubert G, Sipos Gy. 2010. Rate of dune formation and sediment transfer in the past few hundred years on the Danube-Tisza Interfluve, Hungary. European Geosciences Union, General Assembly 2010, Wien. Vol. 12, EGU2010-1007.
- Sipos Gy, Kiss T. 2010. Time and rate of paleomeander formation: luminescence characteristics and OSL dating of fine and coarse grain point bar sediments. 10th International Conference “Methods of Absolute Chronology”, Gliwice. Abstracts volume: p. 57.
- Sipos Gy, Papp Sz. 2010. Thermoluminescent dating of terracotta artefacts, Museum of Fine Arts, Hungary. 10th International Conference “Methods of Absolute Chronology”, Gliwice. Abstracts volume: p. 123.
- Sipos Gy, Kiss T, Koroknai L, Horváth Zs, Dezső J. 2010. Late Pleistocene-Early Holocene climatic shift recorded by the paleomorphology of the Lower Tisza fluvial system, Hungary. European Geosciences Union, General Assembly 2010, Wien. Vol. 12, EGU2010-1001.

- Kiss T, Sipos Gy, Györgyövícs K. 2009: Belső-somogyi késő-pleisztocén homokmozgások morfometriai vonatkozásai. 100 éves a jégkorszak konferencia absztrakt kötet, Pécs 2009, 30-31.
- Sipos Gy., Kiss T., Horváth Zs., Koroknai L. 2009: Paleomedrek kialakulási korának meghatározása lumineszcens módszerrel az Alsó-Tiszavidéken. Klímaváltozás a Kárpát-medencében: Mit üzen a múlt?- PAGES 2009, Budapest.
- Sipos Gy., Kiss T., Horváth Zs., Koroknai L. 2009: Pleisztocén és holocén medrek paleohidrológiai vizsgálata az Alsó-Tiszavidéken. 100 éves a jégkorszak konferencia absztrakt kötet, Pécs 2009, 35-36.
- Sipos Gy, Kiss T, Mezősi G, Papp Sz, Dezső J, Nyári D, Knipl I, Nagy Á M, Czifrák L, Lőrincz J, Horváth T. 2009. Lumineszcens kormeghatározás alkalmazása régészeti és archeometriai kutatásokban. XXXIV Nemzetközi Restaurátor Konferencia, Budapest. Absztrakt kötet.
- Sipos Gy, Kiss T, Nyári D, Schubert G, Mezősi G. 2009: Holocene aeolian activity on Carpathian Basin alluvial fans: luminescence dating and archeological evidence. UK Luminescence and ESR Meeting 2009, London, Abstract Book.
- Sipos Gy, Papp Sz. 2008. Termolumineszcens kormeghatározás és eredetiségvizsgálat terrakotta műalkotásokon. *A geokémiai interpretáció jelentősége az archeometriai kutatásban.* MTA Geokémiai kutatóintézet. Absztrakt kötet p. 6.

A kutatáshoz kapcsolódó témavezetés:

OFKD dolgozat és diplomamunka:

Horváth Anita: A múltbeli klímaváltozások rekonstruálásának lehetősége talajfagy-jelenségek alapján a Pannon-medencében (társtémavezető) **különdíj**

Schubert Gábor: Homokmozgások idejének és intenzitásának meghatározása optikai lumineszcens módszerrel Fülöpháza környékén **különdíj**

Diplomamunka:

Antal János: Az orgoványi garmadamező geomorfológiai térképezése és a homokmozgások idejének meghatározása

Horváth Zsolt: Egy elhagyott meander kialakulási idejének és fejlődési ütemének meghatározása lumineszcens kormeghatározás segítségével

Györgyövícs Katalin: A Barcsi Ósborókás darányi területének geomorfológiai elemzése, lumineszcens kormeghatározás (társtémavezető)

Évfolyamdolgozat:

Tóth Orsolya: A lumineszcens kormeghatározás archeometriai és környezettörténeti alkalmazása