

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Természettudományi és Informatikai Kar
Földtudományok Doktori Iskola
Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék

**KÉSŐ-PLEISZTOCÉN ÉS HOLOCÉN EOLIKUS
FORMAKINCS ÉS HOMOKMOZGÁSOK VIZSGÁLATA
BELSŐ-SOMOGYBAN**

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

GYÖRGYÖVICS KATALIN

Témavezető:
Dr. Kiss Tímea
Egyetemi docens

**Szeged
2018**

1. Előzmények, célkitűzések

Míg a sivatagi területek kutatása hosszú múltra tekint vissza (pl. Philips 1882, Rae 1884, Cornish 1897, Davis 1899, Beadnell 1909, Keyes 1912, Bagnold 1941), a szemi-arid és mérsékelt övi száraz területek részletes tudományos vizsgálata kissé később jelent meg (Cholnoky 1902, Kádár 1935, Thorp és Smith 1952, Borsy 1961, David 1977). A 20. század második felében a számítógépek fejlődése, a légi- és űrfelvételek egyre nagyobb felbontásúvá válása és könnyebb elérhetősége, valamint a területek könnyebb megközelíthetősége új lendületet adott az eolikus geomorfológia egészének.

A jövőben egyre fontosabb cél a várható változások előrejelzése. A megbízható előrejelzést adó modellekhez pedig nagyon pontosan kell ismerni az ok-okozati összefüggéseket, valamint a homokmozgás fizikai mechanizmusát. Ezért a jövőben egyre fontosabbak lesznek azon interdiszciplináris kutatások, amelyek a klímának – ide értve a csapadék mellett a szélirányt, szélesebséget és széltartósságot is –, a rendelkezésre álló homok mennyiségének és szemcseösszetételének, a talajnak, a növényzetnek és a nedvességtartalomnak a bonyolult összefüggéseit igyekeznek feltárni (Hugenholtz et al. 2010, de Luna et al. 2011, Barchyn és Hugenholtz 2012, Hugenholtz et al. 2012, Barchyn et al. 2014).

Belső-Somogy Magyarország harmadik legnagyobb kiterjedésű homokterülete, amely a Duna egykori hordalékkúpján alakult ki (Marosi 1970). A másik két nagy homokvidékkel ellentétben környezetéhez képest nem kiemelt, hanem alacsonyabb helyzetben fekszik, ezért a környező területekről beszivárgó vízutánpótlás miatt itt sajátos környezeti feltételek alakultak ki, így a klímaváltozás is eltérő módon hathat. A térség abban is különbözik a többi nagy futóhomok-területtől, hogy a munkaképes szelek északi irányból fújnak, szemben a többi hordalékkúpon a formákat kialakító északnyugati szelekkel. A táj egyediségével, morfológiai jellemzőivel már Cholnoky (é.n.) is foglalkozott, aki egy hatalmas szélbarázda-maradékgerincgarmada együttesről írt. Marosi (1970) szemcseösszetételi vizsgálatokból megállapította, hogy a szél csak részben módosította a hordalékkúp eredeti szemcseösszetételét, valamint a kovárványcsúcsok, fagyékek és fagyzsákok elemzéséből kiterjedt periglaciális éghajlatra, és idős, jégkorszakban megkötődött formákra következtetett. Mindezek mellett leírt parabolabuckákat és tipizálta a tájon előforduló negatív eolikus formákat is. Lóki (1981) részletes geomorfológiai térképet készített Belső-Somogyról. A homokformák kialakulását mindhárom szerző a würm időszakra tette, és

megemlítették, hogy a formák az Utolsó Glaciális Maximum óta stabilizálódtak, a holocén során csak csekély mértékben módosultak főleg felszíni leöblítéssel. Sebe et al. (2011) a glaciális időszakokban az eolikus folyamatok felszínalakító hatását emelték ki, a belső-somogyi homokterületeket kettéosztó, löszös Marcali-hátat pedig jardgangként értelmezték. Azonban a homokbuckák típusait és kialakulásukat nem vizsgálták.

Kutatásom során fő célom Kelet-Belső-Somogy geomorfológiai elemzése a klasszikus forma–anyag–folyamat gondolatmenetet követve.

Kutatásomban az alábbi kérdésekre kerestem a választ:

1) Milyen formák találhatók Kelet-Belső-Somogyban?

Milyen pozitív és a negatív eolikus formák azonosíthatók a topográfiai térképek alapján? Hogyan csoportosíthatók a lehatárolt formák térbeli elhelyezkedésük és morfológiai paramétereik alapján? Milyen táji mintázatot mutat a formák és a formacsoportok elhelyezkedése? A tájmetriai elemzés használható-e a formák térbeli mintázatának vizsgálatára? Milyen kapcsolatban van a formák térbeli eloszlása a táj domborzatával és a völgyek futásával?

A kutatás ezen részében célom az, hogy meghatározzam a kistájban jellemző formákat, megvizsgáljam térbeliségüket, mert ezek alapján következtethetek a formák táji mintázatára, azaz a kistáj eróziós és akkumulációs viszonyaira, az egyes formacsoportok tagjainak kialakuláskor uralkodó környezeti viszonyokra, valamint megvizsgálhatom a formák kapcsolatát a domborzattal és a vízrajzzal.

2) Mikor mozgott a homok a kistájban?

Mikor volt az eolikus aktivitás fő időszaka Kelet-Belső-Somogyban az optikailag stimulált lumineszcens (OSL) kormeghatározás adatai alapján? A legjelentősebb perióduson kívül mikor és hol indulhatott meg ismét a homokmozgás? Milyen vastagságú homokrétteg rakódott le az egyes szakaszokban? Milyen szemcseösszetételű anyag továbbítódott az egyes periódusokban?

A kormeghatározással célom, hogy abszolút (numerikus) koradatokkal alátámasztva megadjam, hogy milyen idők a felszínen térképezhető jelenlegi formák és milyen változásokon, estek át, azaz milyen körülmények között módosulhatott a formakincs.

3) *Mi jellemzi a kistáj homokanyagának szemcseösszetételét és a formák belső szerkezetét?*

Hogyan változik a buckákat felépítő homok szemcseösszetétele szélirányban? Milyen eltérések figyelhetők meg az egyes formacsoportok között, illetve milyen változatosságot mutat egy-egy mintavételi helyen a fűrés rétegsora? Mennyire terjeszthetők ki a pontszerű adatok a georadar (GPR) segítségével felvett hosszanti-illetve keresztshelvényekkel? Melyek az egyes homokrétegek főbb jellemzői? Milyen lépésekben épülhettek fel a buckák?

A szemcseösszetételi vizsgálattal célom, hogy megadjam a különböző típusú formák kialakulásakor uralkodó eolikus körülményeket. A módszerrel szintén vizsgálható a pulzusokban érkező homok, a homokmozgás szüneteiben bekövetkező talajosodás, a mállás folyamata és az ismét mozgásba lendülő anyag eltérő összetétele. A georadar felvételezéssel célom a pontszerű adatok kiterjesztése, a rétegzettség és a lerakódási fázisok vizsgálata.

4) *Mikor és milyen mértékben befolyásolták a klimatikus elemek valamint az ember a táj felszínfejlődését?*

A mért OSL adatok alapján kapott eolikus periódusok ideje mennyire illeszthető össze korábbi paleo-klíma rekonstrukciók irodalmi adataival? A datált homokmozgási időszakok összekapcsolhatók-e a pleisztocén száraz–hűvös és a holocén száraz–meleg időszakaival, amelyek a homokmozgások megindulásának klimatikus feltételei? Így meghatározható-e, hogy mikor indult meg a homok nagy valószínűséggel klimatikus okokból? Milyen típusú formák alakultak ki ezekben az időszakokban? Mi jellemzi az egyes időszakokban mozgásba lendült, majd megkötődött anyag szemcseösszetételét és milyen vastagságú rétegekben rakódott le? Régészeti adatok alapján megállapítható-e, hogy a nedves éghajlaton bekövetkezett eolikus tevékenység antropogén zavaráshoz köthető? Mely kultúra elterjedése idején lendült mozgásba a homok? Eltérő típusú formák alakultak-e ki? Milyen szemcseösszetételi és rétegtani jellemzőik vannak ezeknek az antropogén hatásra kialakult formáknak?

Mindezekkel célom Kelet-Belső-Somogy felszínfejlődésének felvázolása, vagyis a formák kialakulását és módosulását befolyásoló tényezők komplex kapcsolatának vizsgálata.

2. Anyag és módszer

2.1. Az eolikus formakincs lehatárolása és csoportosítása

A homokformákat a 1:10 000 méretarányú topográfiai térképek (1981-89) alapján azonosítottam az 1610 km² nagyságú mintaterületen ArcGIS szoftver-környezetben. A pozitív homokformák határát alapvonaluk megrajzolásával adtam meg, majd GIS adatbázisban hozzájuk kapcsoltam a morfolometriai paramétereiket, amelyek a következők a pozitív formáknál: terület (T_p), ívhossz (I), húrhossz (H_p), magasság (M_p), kitöltöttség (T_p/I), görbülség (I/H_p); a negatív formáknál: terület (T_n), mélység (M_n), hossz (H_n), szélesség (Sz).

A pozitív formák elhelyezkedése alapján hierarchia figyelhető meg a mintaterületen, vagyis a buckák egyes helyeken összetömörültek, és itt egymásra épülve, illetve egymást elfedve találhatók. A buckák előzetes vizsgálata alapján az egymáshoz viszonyított helyzetünk szerint 5 csoportot különítettem el, az egyszerű buckákat, illetve az 1-4. hierarchia szinthez tartozókat.

A pozitív formák morfolometriai csoportosítása során első lépésként a görbülség alapján leválogattam a nem-íves (egyenes) formákat, amelyeknél a húr (H_p) fogalma nem értelmezhető, illetve megegyezik az ívvel. Az íves formákat tovább osztályoztam, a buckák ívhosszának (I) eloszlásgörbéje alapján elkülönítettem a 1000 m feletti, 1000-160 m közötti, illetve az ez alatti ívhosszú csoportokat. A nagyméretű ($I > 1000$ m) formákat két osztályra bontottam tovább ($T_p/I > 250$ vagy $T_p/I < 250$), míg a közepes ívhosszú (1000 m $> I > 160$ m) buckákat három csoportba soroltam ($T_p/I > 110$ m, 110 m $> T_p/I > 62$ m, illetve $T_p/I < 62$ m). A legkisebb íves formákat viszont nem osztályoztam tovább homokutánpótlás szempontjából.

A negatív formák osztályozása során először a terület alapján leválogattam a nagyméretű formákat ($T_n > 83\ 000$ m²), majd a többi formának kiszámítottam a hosszúság/szélesség arányát és e szerint csoportosítottam őket. Így kerekded ($H/Sz < 2$), ovális ($2 < H/Sz < 4$) és megnyúlt ($H/Sz > 4$) mélyedéseket különítettem el.

2.2. Tájmetriai mutatók használata a formakincs elemzésében

Vizsgálatomban célul tűztem ki az eolikus homokformák térbeliségének kvantitatív jellemzését, a formák között fennálló különbségek és térbeli kapcsolataik feltárását. Mivel a buckák és a deflációs mélyedések

értelmezhető foltokként is, így a tájmetria módszertana bizonyos korlátozásokkal alkalmazható az eolikus formák térbeli helyzetének kvantitatív leírására is. A vizsgálatokhoz a morfometriai mérőszámokkal bővített pozitív és negatív eolikus formák adatbázisát használtam fel. Az indexeket az ArcMAP 10 szoftver Patch Analyst 5.1 (Rempel et al. 2012) és vLATE 2.0 (Lang és Tiede 2003) kiegészítők segítségével számoltam ki, melyeket kiegészítettem egyes, táblázatkezelőben hozzáadott mutatókkal.

A formák kistájon belüli térbeli elemzése során a kistájat 1 km² rácsterületű hexagonális hálóval fedtem le, amelyet a táj eróziós és akkumulációs viszonyaihoz igazítottam.

2.3. OSL kormeghatározás

A meghatározott hierarchia-szintek és morfológiai osztályok egy-egy tagjából vett mintákon végeztem OSL kormeghatározást, amellyel a homokmozgások idejét és az egyes eolikus fázisok során kialakult formakincs jellegét tártam felösszesen 22 OSL minta alapján. A méréseket az egy-mintás regenerációs protokoll (SAR) szerint végeztem, az egyenérték dózis méréséhez RISØ TL/OSL DA-15 típusú, 0,114 Gy/s dózisteljesítményű béta sugárforrással ellátott műszert használtam.

2.4. A homok szemcseösszetéti vizsgálata

Az azonosított csoportok tagjaiból, összesen 17 fúrásból vettem mintákat 10 cm-enként szemcseösszetétel meghatározására, amelyek segítségével megadható, hogy a különböző homokmozgási periódusok során milyen anyag szállítódott, illetve következtetni lehet a homokszállítás környezeti feltételeire. A begyűjtött 345 db minta szemcseméretének meghatározását Analysette 22 MicroTec plus lézer diffrakciós szemcseméret meghatározóval végeztem. A szemcseméreti osztályokhoz az összevont Udden és Wentworth-skálát vettem alapul. Az elemzéshez Folk és Ward (1957) módszere szerint a minták statisztikai paramétereit is határoztam meg.

2.5. A formák belső szerkezete

A kutatás során georadarral (GPR) vizsgáltam a homokrétegek vastagságát és dőlését, valamint a rétegződés jellegét, amelyekből következtetni lehet a homokformák fejlődésére. Vizsgálatomhoz 15 db 86-445 méter hosszú szelvényt vettem fel GSSI gyártmányú georadarral, 200 MHz névleges teljesítményű antennával, úgy, hogy a különböző

formacsoportok 1-1 tagját hossz- és keresztirányban is vizsgálhassam. A szelvények érintik a szemcseösszetételi és OSL vizsgálatok mintavételi pontjait. Az adatok feldolgozása során RADAN-GSSI szoftvert használtam.

3. Eredmények

3.1. Kelet-Belső-Somogyban 4404 db pozitív homokforma és 2911 db negatív forma került lehatárolásra.

3.1.1. Kelet-Belső-Somogyban 4404 db pozitív homokforma és 2911 db negatív forma került lehatárolásra.

3.1.2. A sivatagok mellett a félig kötött homokterületeken is kimutatható a buckák egymásra települése, a hierarchia. Kelet-Belső-Somogyban összesen 5 csoportot különítettem el. Az önmagukban álló egyszerű buckák csoportját és az egymásra települt, 1-4. hierarchia szinteket alkotó összetett és összenőtt buckákat.

3.1.3. A pozitív formák hét osztályba sorolhatók morфомetriai paramétereik alapján. A hosszúkas, közel egyenes formák származványok és maradékgerincek, formák 26%-át adják. A mintaterület jellegzetes formái a parabolabuckák, amelyeket méretük és kitöltöttségük alapján csoportosítottam tovább. A nagy, parabolabuckák lehetnek félig kitöltöttek vagy kitöltetlenek. A *nagy, félig kitöltött parabolabuckák* ugyan csupán a buckák 0,95%-át adják, izoláltan helyezkednek el a tájban, de sok homok halmozódott fel bennük. A *nagy, kitöltetlen parabolabuckák* jóval nagyobb számban (8%) csoportokban fordulnak elő, kitöltöttségük ellenére méretüknél fogva jelentős mennyiségű homokot tartalmaznak.

A közepes parabolabuckák három csoportba sorolhatók kitöltöttség szempontjából. A változatos méretű *közepes, kitöltött parabolabuckák* nagy számban fordulnak elő (21 %), csoportokban helyezkednek el és még igen jelentős mennyiségű homokot raktároznak. Mérsékelt homokutánpótlással jellemezhetők a *közepes méretű, félig kitöltött parabolabuckák* (22%), csoportosulásuk is kevésbé jellemző. A *közepes méretű, kitöltetlen parabolabuckák* már lényegesen kisebb számban (11%) fordulnak elő, csoportokat nem alkotnak, összetett alakúak és kevés homokot tartalmaznak.

A legkisebb formák, a garmadákat (11%) nem oszthattam tovább. Kis méretükből adódóan a mintaterületnek csak 0,3%-át fedik, egymástól elkülönülve, a nagyobb formák csúcsi régiójában találhatóak.

3.1.4. A negatív formákat morfológiai paramétereik alapján négy osztályba soroltam. A kis, kerekded *széllyukak* a kistáj leggyakoribb formái. Ezekből az apró, egyenletesen szétszóró foltokból fújta ki a szél a homok nagy részét, ami arra utal, hogy a homokmozgások idején is viszonylag kötött volt a homok, szélirányban sem tudta tovább mélyíteni a lyukakat a szél a nedvesebb kilmán. Hasonlóképpen apró és gyakori, azonban enyhén megnyúlt formák az *ovális szélbarázdák*. A hosszanti irányban leginkább megnyúlt formák a *megnyúlt szélbarázdák* ritkábbak, a legnagyobb méretű negatív formák a *deflációs laposok* pedig igen kis számban fordulnak elő Belső-Somogyban.

3.2. A kistáj morfológiai zónái és mintázata

3.2.1. A pozitív formáknál leírt hierarchia-szintek elrendeződése alapján *morfológiai zónák* különíthetők el a kistájban. Három olyan terület figyelhető meg, ahol a teljes hierarchia (1-4. szintig) előfordul, tehát itt az akkumulációs folyamatok dominálhattak. Helyzetük szerint ezért megkülönböztettem északi, középső és déli akkumulációs zónákat. A kistáj többi része pedig egy eróziós-transzportációs zónaként vagy mátrixként értelmezhető, amely körbeveszi az akkumulációs zónákat és a homok szállítódása közben megkötődött formák, maximum 1. és 2. hierarchia-szintek kialakulása jellemzi. Az akkumulációs zónák környezetükhöz képest kiemelt helyzetben vannak; 1. hierarchia-szinthez tartozó, nagyméretű, félig kitöltött parabolabuckák alkotják a magjukat, és az átlagos buckasűrűség $5,1 \text{ forma/km}^2$, ahol a formák a zónák területének 59 %-át fedik. Ezzel szemben az eróziós-transzportációs zónában csak $2,5 \text{ forma/km}^2$ a buckasűrűség, a formák pedig csak a terület 16 %-át borítják.

3.3. A formák anyagának OSL kormeghatározása

3.3.1. Az OSL kormeghatározások alapján a legidősebb minta $21,22 \pm 1,54$ ezer éves, míg a legfiatalabb csupán $0,23 \pm 0,03$ ezer éve rakódott le. Így Belső-Somogyban végbement homokmozgások az Utolsó Glaciális Maximumtól a holocén végéig rekonstruálhatóvá váltak. Az eolikus aktivitás a pleisztocén végével nem szűnt meg, a holocén során is folytatódott a kistáj formakincsének szerves részét képező formák kialakulása (Kiss et al.2012).

3.3.2. Az Utolsó Glaciális Maximum során alakultak ki a mai formakincs alapját képező, az 1. hierarchia-szinthez tartozó, nagy, félig kitöltött parabolabuckák. A pleisztocén végén valószínűleg folyamatos eolikus aktivitás volt jellemző a területen, azonban csökkenő intenzitással. A Legidősebb Dryasban még nagy méretű, de már kitöltetlen parabolabuckák kötődtek meg, majd a Fiatalabb Dryas során közepes, kitöltött parabolabuckák alakultak ki. A holocén elején a homokmozgás fokozatosan csökkent. A preborális, majd a boreális fázisban sporadikusan alakultak ki nagy és közepes méretű parabolabuckák. A holocén további részében a felszín többnyire stabil volt. Lokálisan a szubboreális fázisban és a történelmi időkben halmozódott át jelentős mennyiségű homok antropogén hatásra.

3.4. Az eolikus formák szemcseösszetételének és belső szerkezetének vizsgálata

- 3.4.1. A nagy parabolabuckák anyaga több eltérő szemcseösszetétellel jellemezhető rétegből áll, amely arra utal, hogy anyaguk több homokmozgási fázis során halmozódhatott fel.
- 3.4.2. A buckák felszíne felé fokozatosan durvul a homokanyag, amely azt mutatja, hogy egyre erősebb szelek vettek részt a formák kialakításában, ami kapcsoltban állhat azzal, hogy a formákat a holocénben egyre jobban megkötötte a növényzet, tehát egyre nagyobb szél volt csak munkaképes a területen.
- 3.4.3. A közepes parabolabuckák anyaga homogénebb szemcseösszetételű, kisebb változatosságot mutató rétegekből áll. A kisebb eltérések szinte mintánként váltakozva jelentkeztek, amelyek részben az ismételt eolikus aktivitásra utalnak, részben arra, hogy a homokanyag már változatosabb szemcseösszetételű és kisebb kiterjedésű területről fújódhatott ki, és így a lerakódott homokanyag összetétele is változott.
- 3.4.4. A garmadák anyaga viszonylag homogén, ami arra utal, hogy rövid idő alatt halmozódtak fel.
- 3.4.5. A deflációs laposokra jellemző, hogy homokos és iszapos rétegek váltják egymást. A mélyedésekben pangó vizes, mocsaras környezet alakulhatott ki, amelybe az ismétlődő homokmozgási periódusok során különféle vastagságú homokrétegek hordódtak be és rakódtak le.
- 3.4.6. A szelvények legdurvább mintáinak d_{90} értékei alapján megállapítható, hogy északon durvább anyag található ($d_{90}=382-446 \mu\text{m}$), majd a kistáj

közepe felé csökken a szemcseméret ($d_{90}=241-419 \mu\text{m}$), a legdélebbi területeken viszont ismét megnő ($d_{90}=242-616 \mu\text{m}$). Ez ellentmond a korábbi kutatások egyértelműen dél felé csökkenő szemcseméretet leíró eredményeinek.

- 3.4.7. A csoportok átlagértékei a nagy formáktól ($d_{90\text{átlag}} = 353 \mu\text{m}$) a közepeseken át ($d_{90\text{átlag}} = 385 \mu\text{m}$) a garmadákiig ($d_{90\text{átlag}} = 499 \mu\text{m}$) fokozatosan durvulnak. Tehát a formák méretének csökkenésével durvul a szemcseméretük, azonban koruk egyre fiatalabb.
- 3.4.8. Megvizsgálva az OSL minták d_{90} értékeit azt kaptam, hogy az idősebb korú mintákra némileg finomabb szemcseösszetétel jellemző, majd fokozatosan durvult a megmozgatott homok szemcsemérete. Azonban az antropogén hatásra meginduló fiatal homokmozgások lokálisan fordultak elő a bolygatott területeken, és a sűrű növényzet miatt fellépő szélsatorna-hatás miatt a teljes rendelkezésre álló homokfrakció mozgásba lendült (Lóki 1981), azaz a durvább anyag sem maradt helyben, hanem kis távolságra szállítódva alig osztályozódott.
- 3.4.9. A GPR vizsgálatok alapján elmondható, hogy a georadar szelvények mentén konzekvensen követik egymást az egyre fiatalabb fáciesek, és a felszíni domborzat alapján interpretálható az eolikus hordalékmozgás iránya, a forma épülése és a lerakódások sorrendje. Valamint megállapítható, hogy a formakincs több fázisban épült. Az egymást követő homokmozgások során a korábbi formák átalakultak, a kisebb formákat elfedhette a homok, illetve lokális szélmarások során kis széllyukak alakultak ki, amelyeket később ismét feltöltött a homok.

3.5. Kelet-Belső-Somogy felszínfejlődése

- 3.5.1. A klimatikus és a vegetációs adottságoknak megfelelően Belső-Somogyban a legnagyobb kiterjedésű és legintenzívebb homokmozgás a *felső-pleniglaciális* során mehetett végbe. Hét megmért minta kora erre az időszakra tehető (OSZ575:16,25±2,12 ka, OSZ272: 17,02±2,23 ka, OSZ572: 17,12±2,47 ka, OSZ271: 17,42±2,77 ka, OSZ858: 18,52±1,11 ka, OSZ273:20,48±1,02 ka, OSZ857: 21,22±1,54 ka), az adatok pedig lefedik a teljes glaciális végi időszakot (16,25±2,12 ka – 21,22±1,54 ka). Ekkor jöttek létre az 1. hierarchia-szintben lévő nagy, félig kitöltött parabolabuckák, tehát intenzív lehetett a kifúvás, és a bőséges homokutánpótlás következtében a formák szabadon fejlődhettek. Ugyanekkor, ezekre a nagyméretű félig kitöltött

parabolabuckákra települve, vagyis a 2. hierarchia-szintben kötődtek meg nagyméretű, kitöltetlen parabolabuckák is. Tehát ez arra utal, hogy az eolikus aktivitás időközben mérséklődött. A szemcseösszetételei eredmények alapján az Utolsó Glaciális Maximum során finomabb szemű (OSZ857: $d_{90} = 232 \mu\text{m}$, OSZ273: $d_{90} = 224 \mu\text{m}$), majd a felső-pleniglaciális későbbi szakaszában lényegesen durvább homok (OSZ858: $d_{90} = 390 \mu\text{m}$, OSZ271: $d_{90} = 410 \mu\text{m}$) kötődött meg. Kelet-Belső-Somogy mai formakincsének alapja tehát ebben az időszakban alakult ki, hiszen az akkumulációs zónák magját adó buckák ekkor stabilizálódtak, a kistáj egészére kiterjedő homokmozgás volt jellemző.

- 3.5.2. A *Ságvár-Lascaux interglaciális* idején a kistáj déli (OSZ271: $17,42 \pm 2,77$ ka, OSZ572: $17,12 \pm 2,47$ ka, OSZ272: $17,02 \pm 2,23$ ka, OSZ575: $16,25 \pm 2,12$ ka) és középső (OSZ858: $18,52 \pm 1,11$ ka) részein is jelentős homokmozgás zajlott. Ugyanakkor az eolikus tevékenység intenzitása valamelyest csökkent, hiszen a nagy, de kitöltetlen, illetve a közepes és félig kitöltött parabolabuckák stabilizálódtak 16,5 és 19 ezer éve. Így feltételezhető, hogy Belső-Somogyban továbbra is gyér volt a vegetáció, így az eolikus aktivitás folytatódhatott az enyhe klimatikus fázisban is, még ha valamelyest csökkent is az intenzitása.
- 3.5.3. Kelet-Belső-Somogyban a mért eredmények alapján a Bölling és az Alleröd interstadiális nem választható szét, ugyanis a köztük kimutatott rövid hideg periódus, az Idős Dryas nem mutatható ki külön homokmozgási periódusként, hiszen a mért OSL korok hibahatára lefedi a késő-glaciális időszakot (OSZ269: $11,94 \pm 1,29$ ka, OSZ268: $13,86 \pm 1,93$ ka, OSZ570: $14,73 \pm 0,98$ ka). Ugyanakkor, a mért adatok közéértékét figyelembe véve megállapítható, hogy az *Idősebb és a Fiatalabb Dryas* során a korábbi formákra települve, továbbra is az akkumulációs zónákat építve, a 3. hierarchia-szintben jöttek létre közepes méretű, kitöltött parabolabuckák. Kitöltöttségük a továbbra is bőséges homokutánpótlásra utal, kiemelt helyzetük (3. hierarchia-szint) pedig arra, hogy a korábban kialakult 1-2. hierarchia-szintekhez tartozó buckák a nedvesebb interstadiálisokban megkötődtek. A rövid, gyors változásokkal jellemezhető késő-glaciális során ugyan nagy mennyiségű homok lendült mozgásba, azonban gyorsan megkötődött, kisebb, de kitöltöttebb formákat eredményezve. Nagy méretű formák kialakulásához már csak kevés helyen lehetett eléggé nyitott a vegetáció, a homokutánpótlás azonban csak kitöltetlen parabolabuckák

kialakulásához volt elegendő (OSZ571: $13,23 \pm 1,71$ ka). A megmozgatott szemcseméret csökkent (OSZ269: $d_{90} = 388 \mu\text{m}$, OSZ268: $d_{90} = 389 \mu\text{m}$), amely szintén utal a szelek csökkenő munkavégző képességére. A nyugati részen fekvő vizsgált maradékgerincet borító iszap-frakcióban gazdag, lösz-szerű anyag OSL kora $13,31 \pm 0,74$ ka (OSZ856), amely hasonló a kistáj többi részén mért közepes parabolabuckák korához. Tehát amíg a táj központi részén a parabolabuckák vándoroltak dél felé, a kiszitálódó finom anyag a terület peremén található formákat lösztakaróként befedte, és a maradékgerinc jelleget kiemelte.

3.5.4. A holocén elején a *preboreális* fázisban a melegedő klímán a kevés csapadék miatt a növényzet záródás nem volt teljes, így a homokmozgások folytatódhattak. Belső-Somogyban az eróziós-transzportációs zónában alakultak ki újabb, a hierarchia rendszerbe nem tartozó, egyszerű buckák (OSZ860: $10,77 \pm 0,71$ ka, OSZ859: $11,11 \pm 0,64$ ka). A jelentősen csökkenő homokutánpótlásra utal, hogy bár nagy és közepes méretű parabolák fejlődtek, ezek kitöltetlenek vagy félig kitöltöttek. Tehát már útközben megkötődtek a kisebb formák, mielőtt jelentősebb mértékben hozzájárulhattak volna a nagyobb parabolák fejlődéséhez. Azaz vagy a növényzet kezdett besűrűsödni, vagy olyan rövid volt ez a mozgási periódus, hogy a kifúvás helyétől az akkumulációs zónákba már csak mérsékelt anyag juthatott, ha egyáltalán eljutott. A csökkenő eolikus aktivitásra utal, hogy az eróziós-transzportációs zónában, hierarchia-szinteket nem alkotva, feltehetően rövid szállítódást követően kötődött meg a homok és a megmozgatott szemcseméret is tovább csökkent (OSZ859: $d_{90} = 269 \mu\text{m}$).

3.5.5. A megmért OSL minták közül csak egyetlen bucka anyaga rakódott le a *boreális* és az *atlantikus* fázis átmeneti időszakában (OSZ267: $8,24 \pm 1,24$ ka). Így a Dél-Dunántúlon feltehetőleg szárazabb lehetett a boreális fázis, teret adva lokális homokmozgások megindulásának, azonban a nedves atlantikus fázisba való átmenet során a mozgó homok hirtelen megkötődhetett. Az eolikus formálódás kis kiterjedésű folt(ok)at érínthetett, de ez azonban intenzív lehetett, hiszen kitöltött forma jött létre. Feltehetően a nagyobb formák csúcsrégiója száraz klímán mobilizálódott, ezért újabb 3. hierarchia-szintű buckák alakulhattak ki. Ugyanakkor a szél munkavégző képessége még

elégendő volt viszonylag durva szemcseméret megmozgatására (OSZ267: $d_{90} = 367 \mu\text{m}$).

3.5.6. Az északi akkumulációs zónában, kiemelt helyzetben lévő közepes, kitöltött parabolabucka $2,99 \pm 0,19$ ka korú (OSZ855), tehát a *szubboreális* fázisra tehető. Ebben az időszakban a bronzkori ember letelepedett a Dunántúlon is, és tevékenysége olyan intenzív lehetett, hogy kitöltött formák is kialakulhattak. A lokálisan megmozgatott anyag szemcseösszetétele tovább durvult (OSZ855: $d_{90} = 382 \mu\text{m}$), amely utalhat az erdőirtásos területeken kialakuló szélcsatorna hatás miatt lokálisan felgyorsuló szelekre, illetve arra is, hogy a megmozgatott anyag a hordalékkúp mélyebb részeiről származik és kis távolságot megtéve halmozódott át.

3.5.7. A legfiatalabb datált forma a *szubatlantikus fázisban*, 17.-18. században alakult ki (OSZ265: $0,23 \pm 0,03$ ka, OSZ266: $0,32 \pm 0,07$ ka, OSZ264: $0,30 \pm 0,15$ ka). Valószínűleg a művelés-váltás vagy túllegeltetés hatására lokálisan mozgásba lendült a homok és egy új, 4. hierarchia szintben lévő apró garmadákban kötődött meg. A rövid szállításra utalhat, hogy igen durva szemcsefrakció mozgott ebben a fázisban (OSZ265 $d_{90} = 461 \mu\text{m}$). A klíma feltehetően elég nedves volt, így a georadar szelvények alapján arra lehet következtetni, hogy a bolygatott területek nagy részén csak lepelhomok formájában rakódott le az esetleg kifújott homok. Új buckák kialakulására csak a lokálisan kiemelt helyeken, főleg az akkumulációs zónák csúcsi régióiban volt lehetőség, ahol apró, igen durva szemcseösszetételű garmadákban rakódott le az emberi tevékenység hatására deflálódott homok.

Összefoglalás, tézisek

1. A vizsgált félig kötött homokterületen is kimutathatók az egymásra épült homokbuckák és azok hierarchia szintjei, hasonlóan a korábbi sivatagi kutatásokhoz.
2. A homok többszöri mozgásba lendülését bizonyítják az egymásra települő buckák OSL kora és georadaros vizsgálatok eredményei.
3. A tájökológiai módszertana, a tájmetriai mérőszámok – korlátozásokkal ugyan, de – alkalmazhatók a geomorfológiai kutatásban a formák térbeliségének kvantitatív leírására. Belső-Somogyban ezek segítségével sikerült kimutatni a táj morfológiai zónái közötti különbségeket.
4. Megfelelő feltételek mellett a homokmozgásokkal egy időben löszlerakódás is végbe mehet. Belső-Somogyban a Dryasok során a táj központi részén a parabolabuckák vándoroltak dél felé, míg a kiszítalódó finom anyag a terület peremén található formákat lösztakaróként befedte.
5. A homokmozgás egyre inkább lokálissá válását, és az egyre jobban megkötött homokanyag elindításához szükséges egyre nagyobb szélereősséget támasztják alá az egyre csökkenő buckaméretetek és azok egyre durvuló anyaga.
6. A Kelet-belső-somogyi homokmozgási periódusok közül a felső-pleniglaciális, a késő-glaciális, a preborális fázis és szubboreális fázis-béliek megfeleltethetők más területek homokmozgásaival, tehát ekkor a Kárpát-medencében adottak lehetnek a klimatikus és a növényzeti feltételek a homokmozgásokhoz. Ugyanakkor a $8,24 \pm 1,24$ ka korú (boreális fázis) és a $0,30 \pm 0,15$ ka korú (szubatantikus fázis) homokmozgások egyértelműen lokálisak, a kevésbé kiszáradó klíma, illetve az itt élő népesség tevékenységével függnek össze.

Az értekezéshez felhasznált publikációk

- Kiss, T., **Györgyövecs, K.**, Sipos, Gy., 2012. Homokformák morfológiai tulajdonságainak és korának vizsgálata Belső-Somogy területén. Földrajzi Közlemények 136 (4), 361-375.
- Györgyövecs, K.**, Kiss, T., 2013. Dune hierarchy and morphometric classes of the parabolic sand dune association of Inner Somogy, Hungary. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica* 47 (1), 31–48.
- Györgyövecs, K.**, Kiss, T., Sipos, Gy., 2014. Grain size distribution of stabilised aeolian dune sediments in Inner Somogy, Hungary. *Journal of Environmental Geography* 7 (3-4), 49-58.
- Kiss, T., Hernesz, P., Sümeghy, B., **Györgyövecs, K.**, Sipos, Gy., 2014: The evolution of the Great Hungarian Plain fluvial system – Fluvial processes in a subsiding area from the beginning of the Weichselian. *Quaternary International* 388 (19), 142-155.
- Györgyövecs, K.**, Kiss, T., 2016. Landscape metrics applied in geomorphology: hierarchy and morphometric classes of sand dunes in Inner Somogy, Hungary. *Hungarian Geographical Bulletin* 65 (3), 271-282.
- Györgyövecs, K.**, Kiss, T., 2016. Belső-Somogy eolikus homokformáinak térbeli elemzése tájmetriai paraméterek segítségével. Tájhasználat és tájvédelem – kihívások és lehetőségek. VI. Magyar Tájökológiai Konferencia előadásai. Budapest, 42-53.
- Györgyövecs, K.**, Katona, O., 2016. Mennyiben pontosíthatja a georadaros vizsgálat a homokterületek geomorfológiai kutatásának eredményeit? Komplex tanulmány egy belső-somogyi homokbuckán. *A Kaposvári Rippl-Rónai Múzeum Közleményei* 04. 5-12.