

**ADATBETAKARÍTÁS? AGRÁRRÉGÉSZET?
A RONCSOLÁSMENTES RÉGÉSZETI KUTATÁS ÚJABB MÓDSZEREI
ÉS ASPEKTUSAI SZEMELY–HEGYES (BARANYA MEGYE)
LELŐHELYEN**

**DATA HARVESTING? AGRO-ARCHAEOLOGY?
NEW METHODS AND ASPECTS OF NON-INVASIVE ARCHAEOLOGICAL
PROSPECTION ON THE SITE OF SZEMELY-HEGYES (BARANYA COUNTY,
HUNGARY)**

BERTÓK GÁBOR, GÁTI CSILLA, SIMON BÉLA

Janus Pannonius Múzeum, Pécs

E-mail: bertokgabor@yahoo.co.uk, gatics@gmail.com, adalbert1979@yahoo.de

Abstract

The sample area for our study, the Late Neolithic site of Szemely–Hegyés (Baranya County) has been a target of our archaeological research for the last 10 years. The two enclosure complexes have raised numerous questions concerning their function, structure, and chronological relations. Since 2005 we could obtain aerial photography, geophysical survey, trial excavations, and LIDAR survey data of the site. As a result, we are able to analyze all the data combined. Based on a recent idea by Béla Simon we came to the conclusion that precision agriculture datasets may also be indicative of archaeological phenomena since the vegetation and crop quality are the basic characteristics of the archaeological interpretation of aerial photography. A local agricultural company provided us with the datasets of the sample area for the years 2013 and 2014. The data show a real connection between the vegetation and the archaeological features: above the ditches of the rondels the amount of the harvested crops increased, although the datasets of the two years show significant differences. These anomalies were surely caused by the weather conditions; the archaeological features show up only in the 2013 data when rainfall was significantly lower, and the maize produced the worse of the two harvest results.

Kivonat

A tanulmányban szereplő Szemely–Hegyés (Baranya megye) késő neolitikus lelőhely már tíz éve tárgya régészeti kutatásainknak. Az egymás mellett fekvő két körárok számos kérdést vet fel a funkciójukat, szerkezetüket és időbeli viszonyaikat érintően. 2005 óta módunk nyílt légi felderítésekre, geofizikai felmérésekre, próbafeltárásokra, és LIDAR felmérésre is a területen. Jelenleg mindezeket az adatokat összevetve tudunk megfigyeléseket végezni. Simon Béla ötletéből kiindulva vetődött fel a precíziós mezőgazdasági módszerek bevonása a kutatásba. Szerencsénkre a szemelyi táblán gazdálkodó Belvárdgyulai Zrt. 2013 óta használ precíziós technikát, melyek adatait rendelkezésünkre bocsátották. A kapott adatokat kiértékelve úgy tűnik, hogy valóban összefüggés figyelhető meg a régészeti jelenségek és betakarított növények között, bár jelentős mértékben eltér a 2013. és 2014. év adatsora: a 2013. szárazabb évben kiválóan látszó körárkok a 2014. évi adatokban alig jelentkeztek, ami feltehetően az időjárásbeli különbségekkel függ össze. Úgy tűnik ezek alapján, hogy a hozamtérképezési adatok alkalmasak lehetnek régészeti jelenségek kimutatására, és a növényzet a kedvezőtlenebb körülmények között jobb indikátor a régészet számára.

KEYWORDS: LATE NEOLITHIC, ENCLOSURE, LIDAR, PRECISION AGRICULTURE, YIELD MAPPING, AERIAL ARCHAEOLOGY

KULCSSZAVAK: KÉSŐ NEOLIT, KÖRÁROK, LIDAR, PRECÍZIÓS MEZŐGAZDASÁG, HOZAMTÉRKÉP, LÉGI RÉGÉSZET

Bevezetés

2015 év februárjában egy véletlen folytán¹ tudatosult bennünk, hogy a precíziós mezőgazdasági műveléshez kapcsolódó hozamtérképezés során olyan adatbázisok keletkeznek, melyeknek a régészeti kutatás szempontjából is lehet jelentősége. A gyűjtött adatok a betakarítást végző gép műhold alapon időközönként meghatározott pozícióján, irányán és

sebességén túl tartalmazzák a begyűjtött termés pillanatnyi mennyiségét, hőmérsékletét, nedvességtartalmát is. Előzetes feltételezéseink szerint ezek az adatok összefügghetnek azokkal az anomáliákkal, melyek a távérzékelési módszerekkel (látható és közeli infra fényben történő fényképezés, légi lézerszkennelés, hiperspektrális mérések) is rögzíthetők, és amelyek alapján akár régészeti jelenségeket is észlelhetünk.

A rendelkezésre álló rövid idő miatt a több ezer hektárra kiterjedő adatsorok összes aspektusának vizsgálata nem lehetett célunk. Jelen tanulmányban az általunk már sok szempontból és módszerrel vizsgált késő neolitikus lelőhely, Szemely–Hegyes adataival való összevetés útján próbálunk rávilágítani a fentiekben ismertetett, eddig régészeti szempontból tudomásunk szerint nem vizsgált, de könnyen elérhető adathalmaz jelentőségére.

Kutatási terület

Szemely–Hegyes lelőhely régészeti jelentősége már egy évtizede ismert. A „körárok anyjaként” is aposztrofált (Braasch 2007, 94.) lengyeli körárok-rendszer területén az elmúlt években széles spektrumú, több tudományágat is érintő kutatásokat tudtunk végezni. Talán nem túlzás azt állítani, hogy topográfiáját érintően jelenleg Magyarország egyik legsokegyéb kutatott lelőhelye, amely már a 1948-tól ismert Pusztai Rezső leletmentése nyomán, bár kiterjedéséről, jellegéről csak kevés adat állt akkoriban rendelkezésre (Pusztai 1956). 2003-ban és 2005-ben légi felderítés alkalmával került elő a lelőhely területén két körárok-rendszer.

Földrajzi leírás

A szemelyi körárok-rendszerek a Dél-Baranyai-dombság egyik löszplatóján találhatóak, Pécsnél délkeletre kb. 10 km távolságra a város központjától (**1. ábra**). Ez a Mecsek-hegységtől délre elterülő kistáj viszonylag egységes és nem túl változatos formakincsekkel rendelkezik. A terület egy alacsony középhegység hegyláb felszíne, melyen eróziós-deráziós völgyek találhatóak. Ezek a völgyek főleg a pleisztocén glaciálisok során keletkeztek a területet borító lösztakaróval együtt, amely a korábban itt lévő Pannon-beltő üledékeire rakódott le (Erdős 2000, 109–111).

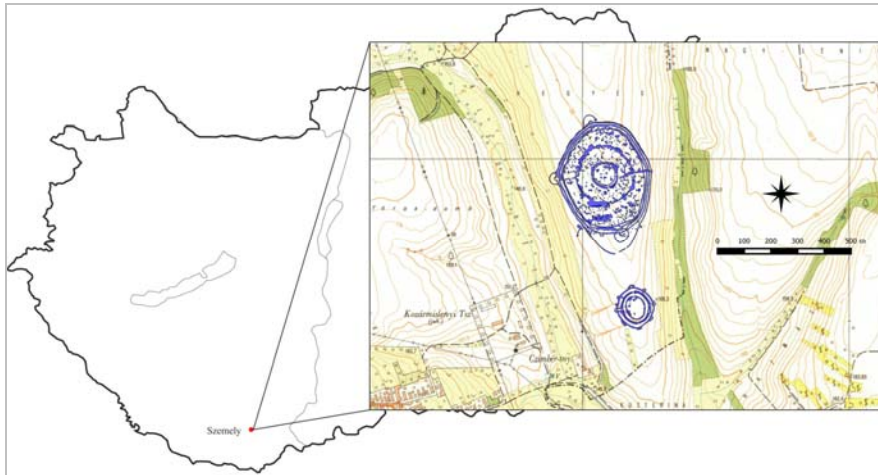
A *Szemely I* későneolitikus körárok-rendszer területéről készült 2009-ben publikált kutatás részletesen tartalmazza a helyszín talajtani viszonyait (Dezső et al. 2009). Ezért most csak dióhéjban annyit jegyeznénk meg, hogy a vizsgálat igazolta az eddigi ismereteinket a kistájról, hiszen a

felszínen barnaföldet mutatott ki, míg a terület bázisát típusos, makropórusos löszként határozta meg. A régészeti kutatás szempontjából érdekes árokbetöltések mindegyik fajtájában kimutatta az antropogén hatás jeleit, továbbá feltételezi egy korábbi erdőszült állapot meglétét a területen (Dezső et al. 2009, 65–67)

A lösz egy törmelékes üledékes kőzet, mely a szél által szállított kőzetliszt méretű ásványi szemcsékből alakult ki, füves sztyeppterületeken. Ehhez a folyamathoz nagyban hozzájárult a fűszálak és gyökerek jelenléte, melynek segítségével egy állékony, de porózus szerkezet jött létre (A Kárpát-medence földrajza 2012, 305–310). Ezen a jégkorszak elmúltával a melegebb-nedvesebb időszakok során dúsabb vegetáció, erdőszülés jött létre, mely a barna erdőtalaj kialakulásához vezetett. Az erdőszülés aránya, antropogén hatásra, mára a térségben itt a legalacsonyabb, mindössze 5–15% közé tehető, ezzel szemben jelentős a szántóterületek aránya, ahol főleg az őszi búza, kukorica, napraforgó és cukorrépa termesztése a jellemző (Stefanovits et al. 1999, 424.). Így a talaj is a barna erdőtalajok egyik változata, az úgynevezett barnaföld, melynek felső rétege barnás, morzsás vagy szemcsés szerkezetű, míg az alsó vöröses árnyalatú barna színű. A szántóföldi művelés hatására a humusztartalom 2%-ra csökken, de kedvező a vízgazdálkodása és a tápanyag ellátottsága is (Stefanovits et al. 1999, 261–263).

A terület éghajlata mérsékelt meleg és mérsékelt nedves, magas napfénytartalommal, melyből magas téli és nyári középhőmérséklet következik, azonban a Mecsektől délre már csak évi 680–730 mm csapadék hullik (Erdős 2000, 112–113). A kistájon jelentősebb vízfolyás nem található, nagyobb tavai is mesterségesek.

A vizsgált lelőhely is a fentiekben leírt széles, két eróziós völgy közötti, déli irányban szűkülő dombháton található, mely több évszázada szántóföldi művelés alatt áll.



1. ábra:
Szemely–Hegyes régészeti
lelőhely. Késsel jelöltük a
magnetóteres
felmérések során
azonosított régészeti
objektumokat

Fig. 1.:
Location of the Szemely–
Hegyes archaeological site.
The features marked blue
were digitized from the
magnetic survey map

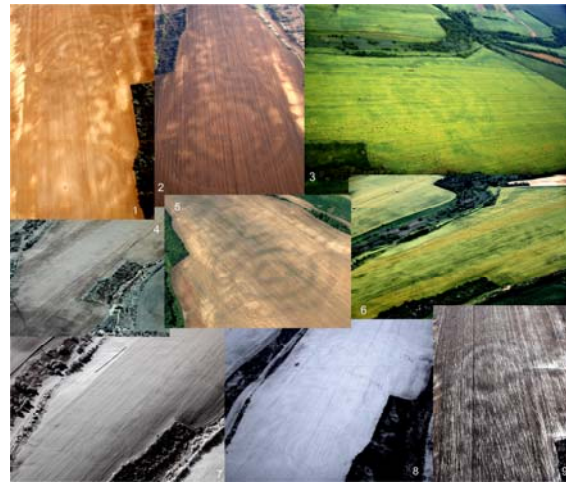
A Szemely–Hegyes lelőhelyen eddig alkalmazott kutatási módszerek²

Légi fényképezés (2. ábra)

2005 márciusa óta minden évben több alkalommal repültünk a lelőhely felett, így az azóta ott vetett termények (zömmel búza, kukorica és napraforgó), valamint a fedetlen talaj és havas felszín mutatta kép is rendelkezésünkre áll. A domb jórészt igen enyhe lejtésű tetején található nagyobbik árokrendszer (*Szemely I*) igen változó mértékben, de szinte minden körülmények között, minden évben, évszakban, és bármilyen talajfedettség mellett is kivehető a levegőből. A kisebbik körárok (*Szemely II*) képe ugyanakkor sokszor kevésbé részletesen mutatkozik. Nyugati és keleti fele eltérő fekvésű: előbbi a kisebb lejtésű tetőn található, míg az utóbbi már a domb kissé meredekebb keleti lejtőjén fekszik. Talán részben ez a domborzi különbség az oka annak a szemmel látható talajnedvességbeli eltérésnek, ami miatt esetenként az a – fedetlen talaj esetén mutatkozó – jelenség tapasztalható, hogy az árokrendszer keleti fele észlelhető, nyugati fele pedig nem, vagy sokkal kevésbé részletesen rajzolódik ki.

Geofizikai kutatások (3. ábra)

A 2006-os feltárással párhuzamosan az ELTE Geofizikai Tanszékének hallgatói magnetóteres vizsgálattal felmérték *Szemely I* területének mintegy 90%-át.³ Így további bolygatás nélkül is teljes képet kaphattunk az objektum kiterjedéséről és formájáról. Ezt követően 2008-ban mód nyílt a lelőhely további kutatására: ekkor a nagyobb árokrendszer hiányzó részeit, valamint *Szemely II* árokrendszerét is sikerült a már ismertetett geofizikai módszerrel felmérni.

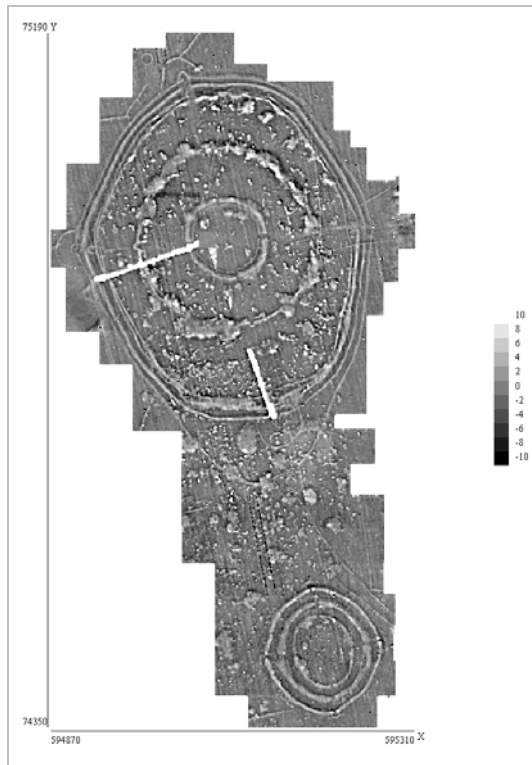


2. ábra: Válogatás Szemely–Hegyes légi felvételeiből:

1. 2006. 04. 18. szántott talaj (Bertók G.);
2. 2006. 04. 08. szántott talaj (Bertók G.);
3. 2006. 08. 05. napraforgó (Bertók G.);
4. 2012. 06. 06. búza (infrakép, Bertók G.-Gáti Cs.);
5. 2013. 06. 09. sarjadó kukorica (Bertók G.-Gáti Cs.);
6. 2012. 05. 31. búza (Bertók G.-Gáti Cs.);
7. 2012. 05. 11. búza (infrakép (Bertók G.-Gáti Cs.);
8. 2010. 01. 29. havas felszín (Bertók G.-Simon B.);
9. 2005. 03. 02. részben havas felszín (Bertók G.)

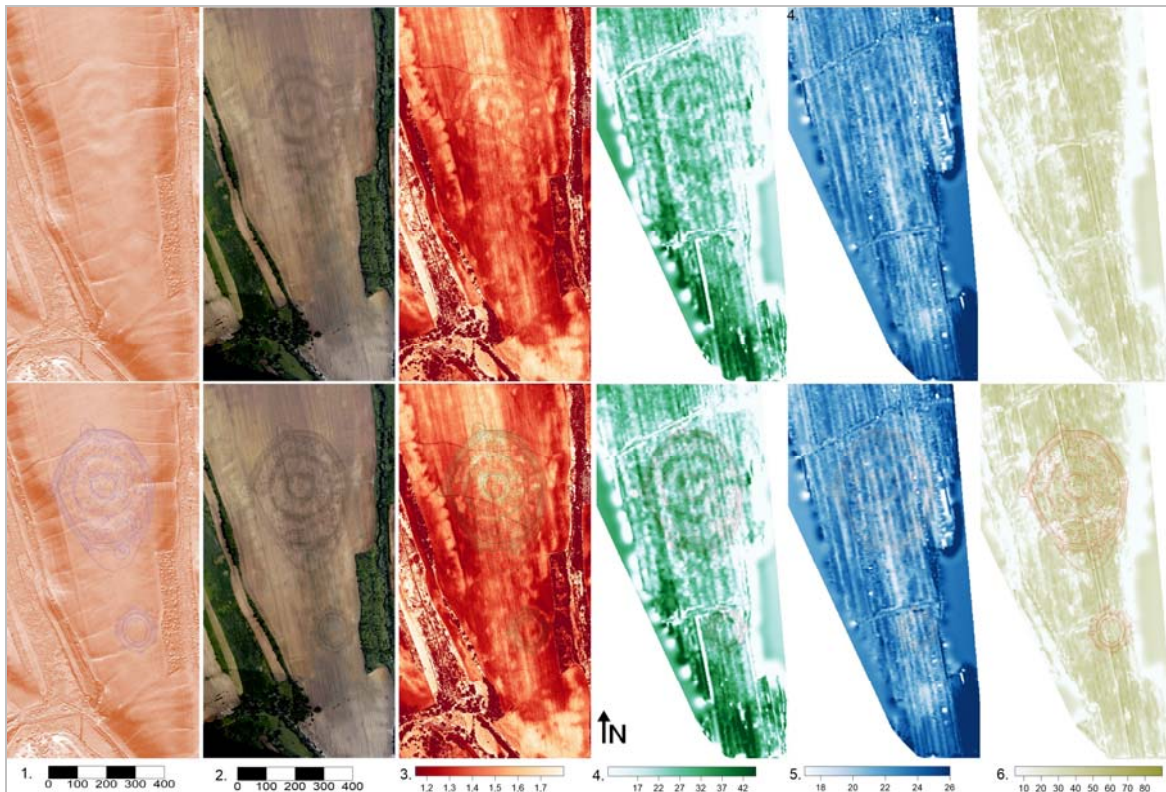
Fig. 2.: A compilation of aerial photographs of Szemely–Hegyes

A *Szemely I* árokrendszer három gyűrűből áll. Ebből a külső gyűrű 4 db, lekerekített hatszöget formázó, kb. 2 m széles árok, ahol a külső árok a déli kapu körül elválk a többitől, további 1,1 hektárral növelve a földmű területét. A középső gyűrű egyszeres árok, valószínűleg szándékosan elplanírozva. A belső gyűrű pedig egy egyszeresen megújított árok, melynek a belső peremén egy vékony paliszád árok fut, melynek délnyugati negyedét szintén megújították. Az árkokat négy, a fő égtájak felé irányított kapu szakítja meg. Az árokrendszer legbelső gyűrűjében és az egyes árokcsoportok között kisebb objektumokat jelző anomáliák figyelhetők meg.



3. ábra: Szemely–Hegyes magnetométeres felmérési képe (2006-2008)

Fig. 3.: Magnetogram of the Szemely–Hegyes enclosure complexes (2006-2008)



4. ábra: Szemely–Hegyes légifelvétel, LIDAR térképei valamint hozamtérképezési adatai

1. LIDAR alapú árnyékolt domborzatmodell, ötszörös függőleges torzítással, megvilágítás: H10°V36°; 2. Ortokorrigált légifelvétel (NATS 2013.jún. 09.); 3. LIDAR intenzitáskép (fedetlen talaj) (2013 febr.); 4. Pillanatnyi terméshozam (kukorica, tonna/óra átszámolva). (2013. okt. 06.); 5. A learott kukorica nedvességtartalma (%), 2013. okt. 06.; 6. Pillanatnyi terméshozam (kukorica, tonna/óra átszámolva). (2014. szept. 29)

Fig. 4.: Aerial photograph, LIDAR DTM, LIDAR intensity map, and yield maps of the Szemely–Hegyes site

A későbbi felmérések eredményeként pontosítani lehetett a *Szemely II* körárok-rendszer légifelvételéből nyert alaprajzát is: egyrészt igazoltuk, hogy a nagyobb, háromszoros árokrendszer valóban három fő tagból áll, ezek közül a középsőt betemették/megújították. A magnetométeres felmérés segítségével ki tudtuk mutatni, hol helyezkedhetnek el jelentősebb objektumok a körárok belső területén.

Kiderült továbbá, hogy mindkét árokrendszer esetében a külső gyűrű külső oldalához több félkör alakú, kisebb árokszakaszcsoport csatlakozik, melyek helyenként kettős, illetve hármascsoportokban helyezkednek el, valamint az is, hogy a nagyobb árokrendszer középső árkokat megszakító bejáratai előtt is kisebb, félköríves árokszakaszcsoportok találhatók.

Talajfúrások

2006-ban a Pécsi Tudományegyetem Földrajzi Intézetének munkatársai Dezső József vezetésével végeztek talajfúrásokat a *Szemely I* körárok középső részéből kiindulva észak (355 fok) és kelet (85 fok) irányba (Dezső et al. 2009, a fúrásprofilok elhelyezkedését ld. az 59. oldal 2. ábráján). Ezekon a szakaszokon ásítás nem történt, fúrások azonban több ponton is érintették a régészeti objektumokat. A fúrásminták, valamint a magnetométeres mérések alapján rekonstruálható a nagyobb objektumok (elsősorban az árkok) elhelyezkedése, szélessége és mélysége a vizsgált szakaszokon (vö. **3. ábra**).

Szondázó ásítás

Összesen három kutatóárkot ástunk eddig a lelőhelyen. 2006-ban ortokorrigált légifelvétel alapján kettős, a *Szemely I* árokrendszer fő tengelyei mentén kijelölt szondával (2×240 m és 2×140 m) átvágtuk annak árkait, majd 2008-ban egy 50 m-es kutatóárokkel a *Szemely II* körárok-rendszer három gyűrűjét. Az árkok mind lefelé V, vagy U alakban szűkülő formát adtak.

A *Szemely I* feltárása során kiderült, hogy a legbelső területet (valószínűleg cölöp) kerítéssel és egy széles, 1,9–2,4 m mély árokkal kerítették, melyet egyszer megújítottak.

A két ponton átvágott középső gyűrű árka 2,1–2,65 m mély volt. Déli szakaszán az árok meglévő alsó része felett egy teknőszerű, sekély, humuszos betöltésű mélyedés volt, mely a magnetométeres mérésekben is jól látható, 15×50 m-es anomáliaként jelentkezett. A külső, többszörösen összetett gyűrű keskenyebb, V alakú árkokból tevődik össze.

Itt a legbelső árokban a kaputól távolodva vékonyodó, áglyenyomatos paticsörmelékből álló réteget észleltünk, mely egy favázás, tapasztással ellátott kapuszerkezet maradványa lehetett. A paticsréteg mellett az árok fala is átégett, ami arra utal, hogy a még égő szerkezet dőlhetett be a 2,3 m mély és 2–2,2 m széles árokba.



5. ábra: Szemely–Hegyes lelőhely és környéke LIDAR alapú domborzatmodellje a 6. ábrán bemutatott adatsorok profiljaival

Fig. 5.: LIDAR DTM of the Szemely–Hegyes site and the surrounding area with the profiles shown in Fig. 6

A *Szemely II* árokrendszerénél a három gyűrűt egy 2×50 m-es kutatóárokkel metszettük át a keleti oldalán. Ezek eredményeként kettősnek bizonyult a feltárt szakaszon a belső és a középső körárok is, ám itt a két, párhuzamosan futó árok egyidejűleg is létezhetett. A feltárás itt pontosította a magnetométeres felmérés adatait, ott ugyanis ez a kettősség nem kivehető. Az árkok V és U keresztmetszetűek voltak. Szélességük 2,5–4 méter közötti, mélységük 2,9–4,25 m közötti.

Összességében azt is meg kell jegyeznünk, hogy az árkok betöltése csak minimális leletanyagot tartalmazott. A feltárások során előkerült leletek nagy része az árkok melletti kisebb-nagyobb gödrökből, és árkok felső részéből származtak.

C14 vizsgálatok

A 2006-os ásítás során lehetőségünk nyílt C14 mintavételezésre a *Szemely I* árokrendszer két pontján: a legbelső és a legkülső árkok alsó, mindkét esetben égett, paticsos omladékot tartalmazó betöltéséből vett faszénmintákból. A legbelső árokban mért faszénminták adatai 4950–4790 cal. BC (1σ) adatot adnak ki, a külső árokszakaszcsoportban pedig egy 4720–4530 cal. BC (1σ) időszakot.⁴

LIDAR felmérés (4/1 ábra és 5. ábra)

2012-ben és 2013-ban az *ArchaeoLandscapes Europe (ArcLand)* pályázat⁵ keretein belül nyílt módunk légi lézerszkennelést (airborne LiDAR, ALS) készíteni a területről. Az önmagában is figyelemre méltó, hogy a személyi körárok-rendszerek nyomai észlelhetők a pontfelhőkből generált mikrodomborzati képeken annak ellenére, hogy a terület az elmúlt évezredek alatt ki volt téve úgy természetes, mint ember által okozott erózióknak. A geofizikai felmérésekkel egybevetve ugyanakkor jól látszik, hogy a domborzati formák nem feleltethetők meg közvetlenül a felmért, és ásatással, illetve talajfúrásokkal igazolt régészeti objektumoknak, bár összességében ugyanazt a gyűrűs szerkezetet mutatják. *Szemely I* esetében valójában az árkok közötti, 25-30 méteres, régészeti objektumokkal tarkított sávok emelkednek ki enyhén (néhány deciméterrel). Ennek oka feltehetően, hogy az árkok ásásakor a kikerülő földet oda terítették, és az egykori árkok helye valójában sekély bemélyedésként jelenik meg a mai terepfelületen.

A LIDAR felmérés során nem csak mikrodomborzati adatokat kaptunk, hanem intenzitás adatok is a rendelkezésünkre álltak. A LIDAR intenzitás valójában egy szűk spektrumú (esetünkben 1064 nm-es hullámhosszon), a közeli infra sávban végzett felmérésnek feleltethető meg.⁶ A kapott értékek azt mutatják, hogy a lézersugarakat milyen mértékben verte vissza az adott felszín. Annak ellenére, hogy a LIDAR felmérés manapság már elterjedt távérzékelési módszernek számít, az intenzitás értékekkel kapcsolatban még kevés tanulmány született, és a kapott adatok pontos értékelése sem teljesen kiforrott egyelőre (régészeti felhasználásáról: Challis et al. 2006; Challis et al. 2011; Challis & Howard 2013). A kapott képek úgy tűnik, hogy a növényzet minőségét, valamint szántott talajon a talaj nedvességtartalmán túl a felszín alatti paleocsatornákat is jól kimutathatják. A rendelkezésünkre álló LIDAR felmérések tavaszi időszakban készültek, amikor az elvetett növényzet még nem fejlődött ki.

Bár részletes elemzésre nem volt módunk, érdemes ráirányítani a figyelmet néhány, a későbbiekben még vizsgálandó, a talaj minőségével összefüggő jelenségre. A nyers intenzitásértékekben jól kirajzolódik mind a két körárok képe. A belőlük készült szürkeárnyalatos képen jórészt ugyanazok az egyéb – régészeti és geológiai – jelenségek figyelhetők meg, mint a területet növényzeti fedettség nélkül mutató, látható fényben készült képeken. Mutatkoznak ugyanakkor eltérések, de nem elsősorban az anomáliák alakjának, hanem intenzitás-adatainak tekintetében. Így pl. a *Szemely I* körárok-rendszer középső gyűrűjének egyes szakaszai keletkezésük szerint ugyanabba a

kategóriába sorolható jelenségek, azaz betöltött/feltöltődött beásások, és látható fényben alacsony intenzitásúak, azaz sötétek (2/1,2,5 ábra). Mégis, ezen objektumok közül néhány a LIDAR hullámhosszán környezetéhez, illetve az egyéb árokszakaszokhoz, gödrökhöz képest magasabb intenzitást mutat, míg az árokrendszer többi részén a hasonló jelenségek mindkét sávban alacsony intenzitásúak (vö. 4/3 ábra). Hasonló jelenség figyelhető meg a *Szemely II* földmű intenzitásképén is: a neolitikus árkok alacsony intenzitásúak, viszont a rajtuk keresztül 2008-ban kiásott, majd géppel visszatemetett, „újrakevert” betöltésű kutatóárkok, hozzájuk képest magas LIDAR reflektanciát mutat, míg normál légi felvételeken nem, vagy sötétben vehető ki (9. ábra).

A személyi LIDAR intenzitás-adatok tehát nem mindenhol esnek egybe az egyéb távérzékelési adatokkal. Bár a nedvesebb talajnak (pl. a mélyedésekben, ahol csapadék esetén összegyűlik a víz) alacsony intenzitást kellene mutatnia, *Szemely* esetében ez csak részben bizonyul igaznak. Ennek pontos oka egyelőre még kérdéses, de gyaníthatóan szerepet játszik benne a talaj szervesanyag-tartalma, a látható felszín alatti geológia, és a domborzat is. E tényezők együttesen kihatással lehetnek a látható talajfelszín és a növényzet állapotára is. Ezzel összefüggően meg kell említeni, hogy a témában végzett szórványos vizsgálatok szintén azt mutatják, hogy a talajnedvességre legérzékenyebb a közeli infra tartomány 500–700 nm-es sávja, míg 900–1000 nm között az elnyelődés nagyobb nedvességtartalom esetén is kis mértékű, 1000 nm-től ismét fokozódik az elnyelődés, de nem éri el a 700–900 nm közötti sávét (Kaleita et al. 2005).⁷

"Agrárrégészet"

A légi régészetet lehetővé tevő alapvető hatásmechanizmus lényege, hogy a talaj minősége (porózussága, kémiai összetétele, szervesanyag- és nedvességtartalma), a humán eredetű bolygatások következtében a körülötte lévő, többé-kevésbé homogén mátrixhoz képest megváltozik. Megfelelő körülmények között ezek a különbségek érzékelhetően befolyásolják azt, hogy a talaj milyen mértékben nyeli el vagy veri vissza az elektromágneses sugárzás különböző fajtáit. Látható fény esetében a különbségek pl. a talaj színében és tónusában is észlelhetők. Ezek egy része a közeli infra tartományban is megfigyelhető. Ugyanezekre a talajban lévő elváltozásokra reagálva a talajt borító növényzet is kimutathatóan másképp fejlődhet, mint az intakt területeken. Ugyancsak fontosak a – sokszor a régészeti jelenségek maradványaként jelen lévő – (mikro)domborzati jelenségek, melyek a fényárnyék hatások mellett a talajnedvesség eloszlását is befolyásolva segítik az észlelést. Így például ahol vastagabb humuszréteg alakult ki (egykori beásások feltöltődése) ott a növényzet jellemzően nagyobbra

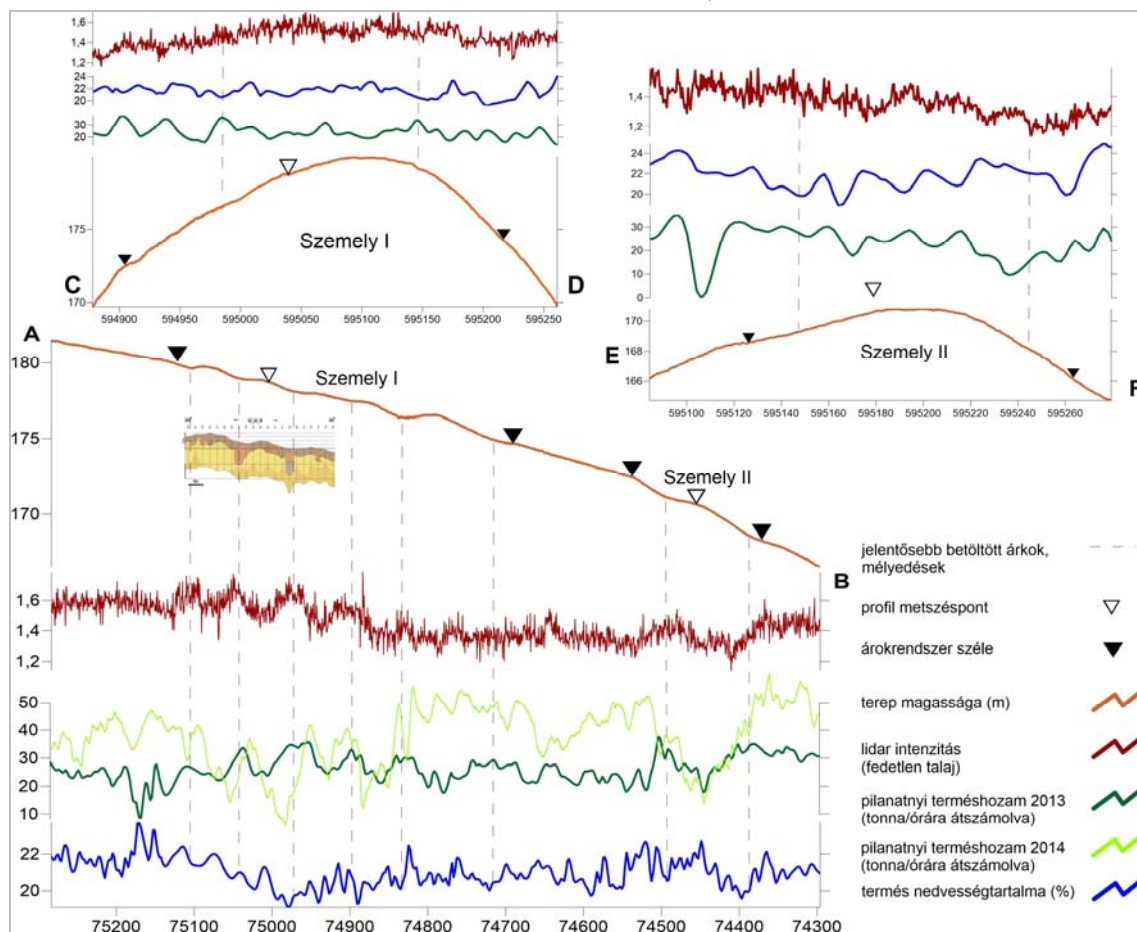
nő, míg az épített emlékek (falazatok, téglás-habarcos törmelések, egykori sáncok) esetében a növényzet gátolva van a növekedésben; ugyanakkor a mélyedésekben általában több víz gyűlik össze, nedvesebb a talaj, mint a kisebb magaslatocon, és hosszabb ideig meg is marad, ha a talaj nem jó vízáteresztő.⁸

A fenti alaptételhez mindez idáig főleg a közvetett észleléseken alapuló elméleti, és szórványos kísérleti alap társult (Vámos 2001), hiszen annyi tényező befolyásolja a régészeti objektumok láthatóságát, melyek számítása inkább csak valószínűsítést tesz lehetővé. A mezőgazdasági módszerek fejlődésével azonban lehetőségünk nyílik a tömegesen rendelkezésre álló terményadatok részletesebb, statisztikai elemzésére.

A modern precíziós növénytermesztés során alkalmazott arató-cséplő gépek legújabb típusait már olyan műszerezettséggel szerelik fel, mely viszonylag pontos GNSS pozícióadatokhoz⁹ társítva méri az éppen learatott termés mennyiségét, hőmérsékletét, nedvességtartalmát. A precíziós

növénytermesztés lényege, hogy a fenti adatok alapján készített hozamtérképeket felhasználva a talaj minőségének megfelelően akár méteres pontossággal is optimalizálni lehessen a műtrágyázást,¹⁰ illetve a területek termésátlagát maximalizálva, célzottan lehessen vetni.¹¹

A személyi lelőhelyet is magába foglaló területet (Szemely 5 tábla) a Belvárdgyulai Mezőgazdasági Zrt. műveli, akik készséggel rendelkezésünkre bocsátották a hozamtérképező berendezéssel felszerelt gabonakombájnok által 2013. és 2014. évben gyűjtött adataikat (korábbi adatok nincsenek a területről).¹² Mindkét esetben kukorica volt a mintaterületen, ugyanakkor a két év csapadékviszonyai, valamint ennek következményeként a termésátlagok is jelentős mértékben eltértek egymástól (**6. ábra A-B profil**).¹³ Az aratás mindkét évben közel ugyanakkor zajlott, 2013-ban szeptember 29-én, 2014-ben október 6-án, nem csak a régészeti eredmények, de pl. a termésátlag vonatkozásában is jelentős különbségek mutathatók ki (2013: 4.8 t/ha, 2014: 7.4 t/ha).¹⁴



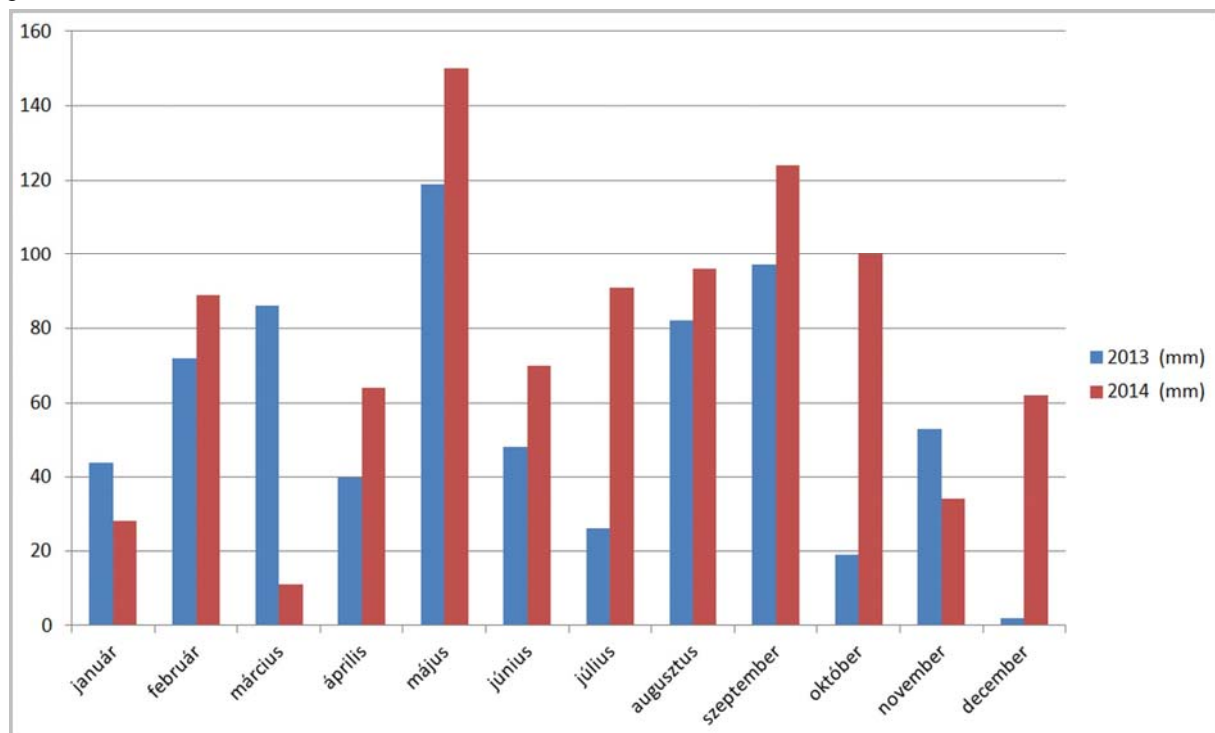
6. ábra: A 4. ábrán megadott profilok adatsorai. Az A-B profilba beillesztett árokmeteszeti azonos Dezső et. al. 2008, 63. 4. ábra, sz_25_35 fúrési profiljának képével.

Fig. 6.: Graphs showing the various data of the profiles shown in Fig 4. The vertical ditch profile inserted under profile A-B was taken from Dezső et. al. 2008, 63. Fig. 4.

A Szemely–Hegyesezen gyűjtött mérési adatok vízszintes térbeli felbontása 2013-ban hozzávetőlegesen 4×6 m, 2014-ben pedig 3,5×6 m. Egyszerű képfeldolgozási és térinformatikai programok segítségével a szabálytalanul elhelyezkedő pontokból álló adatsorokat raszterizálás¹⁵ után képileg is meg lehetett jeleníteni, és így további térinformatikai kiértékelések, összevetések is lehetővé váltak.¹⁶

A két év adatsoraiban jelentős különbség figyelhető meg (4/4-6 ábra, 6. ábra A-B profil). A 2013. év hozamtérképén (4/4 ábra) mindkét objektum jól látható, a szemnedvességi képen (4/5 ábra) pedig a nagyobb, Szemely I körárok egyes részei, ha nem is tisztán, de kivehetők. Az árkok hosszanti és keresztirányú metszetei (5. és 6. ábra) alapján jól látszik, hogy 2013-ban a geofizikai kép, a fúrási profilok és az ásatási adatok szerint árkokként

értelmezhető jelenségek feletti enyhe mélyedésekben nagyobb volt a betakarított gabona mennyisége, ami feltehetően a humuszban gazdagabb és/vagy nedvesebb talajnak köszönhető. A szemnedvesség ugyanakkor az árkok feletti szakaszon volt kevesebb, ami látszólag ellentmondásos az előbbi felvetéssel (nedvesebb talaj). Bár valós talajnedvességi adatok hiányában biztos magyarázattal nem rendelkezünk, a jelenség egyik lehetséges okaként felmerült, hogy az árkok fölött egységnyi területre a kezdeti kedvezőbb viszonyok miatt nagyobb zöldtömeg jutott, az érés idején viszont az egyes növények arányosan mégis valamivel kevesebb nedvességet tudtak felvenni, mint a „dombokon” lévő társaik. Előfordulhat ugyanakkor az is, hogy az árkok feletti gabona a kedvezőbb talajviszonyoknak köszönhetően hamarabb érett meg/száradt ki.



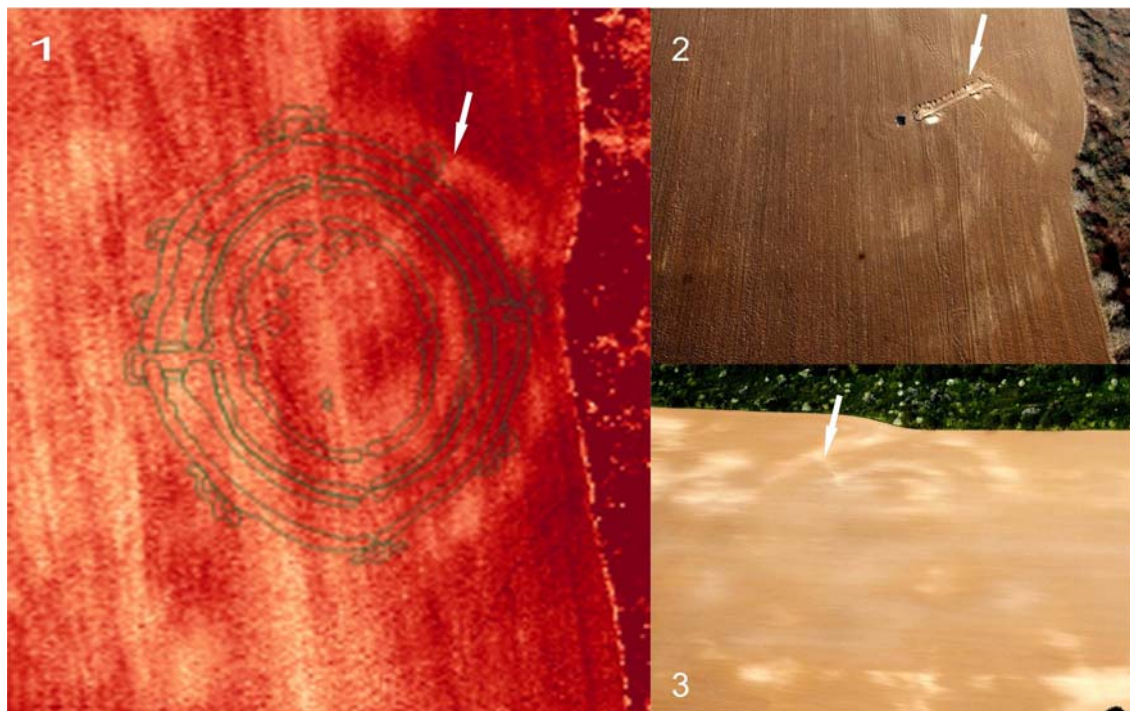
7. ábra: Pécs–Pogány meteorológiai állomás 2013. és 2014. évi csapadékadatai

Fig. 7.: 2013-2014 precipitation data measured at Pécs–Pogány meteorological station located 10 km west of the Szemely site.



8. ábra: Szemely–Hegyes műholdfelvételei a Google Earth-ön
a) 2012. 03. 18.; b) 2013. 07. 22.; c) 2013. 10. 27.; d) 2014. 10. 09.

Fig. 8.: Satellite images from Google Earth of the Szemely–Hegyes site



9. ábra: Szemely II körárok LIDAR intenzitásképe (1), 2008-as ásatásának légifelvétele (2) és 2011. 05. 11-én készült légifelvétele (3). Jól látható a kutatóárok és a neolitikus árkok intenzitásbeli eltérése.

Fig. 9.: LIDAR intensity image (1), aerial photograph of the 2008 trial trench (2), aerial photograph taken 3 years following the excavation (3) of the Szemely II enclosure. It is easily discernible that the intensity (brightness) of the backfilled trial trench is higher than that of the Neolithic ditches.

A 2014-es év adatainak az előzőekkel azonos módon történt feldolgozása és megjelenítése a fentiekől gyökeresen eltérő eredményt hozott: egyik objektum se vehető ki, a legkisebb mértékben sem (4/6 ábra és 6. ábra A-B metszet).¹⁷

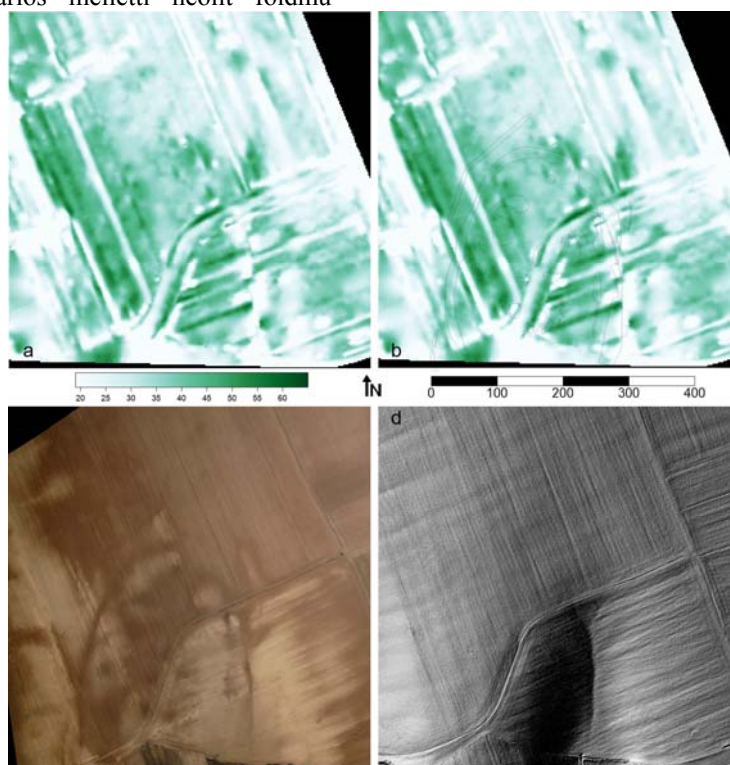
Röviden összefoglalva a két év ismert adatai közötti különbségeket, megállapítható, hogy azonos helyszín, növényfaj és talajviszonyok mellett a csapadék volt az, ami jelentősen eltért a két év során. 2014-ben október végéig több, mint 100 mm-el több csapadék hullott, mint 2013-ban, és annak is egy jelentős része a kukorica intenzív növekedési szakaszában, június-júliusban (7. ábra). A 2013-as év A–B metszetének vizsgálata arra is látszik utalni, hogy a termés- és szemnedvesség-adatoknak összefüggése lehet a mikrodomborzattal is, hiszen valójában a mikrodomborzat formái, és nem a szűk értelemben vett régészeti objektumok észlelhetők a hozam-, illetve nedvességtartalom-térképeken.¹⁸

A 2014. évi adatok ugyanakkor arra mutatnak, hogy ezeket a különbségeket a magasabb csapadékmennyiség az aratás idejére „felülírhatja”. Ugyancsak a mikrodomborzat kizárólagos szerepe ellen látszik szólni a mellékelt (bár részletesen nem elemzett), Magyarsarlós melletti neolitikus földmű

képe, ahol a terepmodellen nem azonosítható, de talajelszíneződésként szinte mindig látható ároknyom a 2014. év hozamtérképén jól nyomon követhető (10. ábra).

Még egy különbséget kell megemlíteni. A 2014. évben az előző, 2013-as év betakarítási adatait figyelembe véve történt a műtrágyázás, ami esetleg a kedvezőbb csapadékkal együtt kiegyenlítően hathatott a termésadatokra 2014-ben.

A hozamtérképek régészeti kiértékelése szempontjából tehát elmondható, hogy a betakarított növény termésmennyisége és szemnedvessége is számításba jöhet. E két tényezőt az időjárás, a talajban lévő tápanyag mennyisége, a szemek érettsége és a helyi domborzat határozza meg. A két év összehasonlítása során a kedvezőtlenebb időjárási feltételek és az ebből következő rosszabb termésátlag hozott régészeti eredményeket számunkra, ami egybecseng a légi-régészettel foglalkozó szakmunkák általános állításaival. A kevesebb csapadék miatt valószínűleg többet számított a növények számára a talaj szerkezete, vízmegtartó képessége és a humusz vastagsága, tehát jobban megmutatkozott a betöltött árkok és a környezetük közti különbség.



10. ábra: Magyarsarlós lengyeli lelőhely 2013 évi adatai: a) terméshozam-térkép (tonna/óra átszámítva); b) terméshozam-térkép a légi-régészeti objektumokkal; c) ortorektifikált légifelvétel (2006); d) LIDAR alapú árnyékolt domborzatmodell

Fig. 10.: Dataset of the Lengyel Culture site near Magyarsarlós a) 2013 yield map (t/h), b) yield map combined with the features of the aerial photo c) rectified aerial photo (2006) and d) hillshaded LIDAR DTM of the Lengyel Culture site by Magyarsarlós

Összefoglalás

A Szemely–Hegyesen végzett kutatások eredményei alapján általános következtetéseket egyelőre nem lehet levonni, de talán sikerült rámutatnunk a precíziós mezőgazdaság és a hozamtérképezési adatok (légi) régészeti szempontú kiértékelésében rejlő lehetőségekre. Az elmúlt évek eredményeivel összevetve ezeket az adatokat néhány új összefüggést is megfigyelhettünk, illetve nagy tömegű adattal tudjuk alátámasztani a légi régészeti felderítések során szerzett tapasztalatokat, melyek az egyes objektumok megjelenésére, láthatóságára vonatkoznak.

Az említett precíziós mezőgazdasági adatsorok hosszú távú alkalmazása egyelőre több szinten is kérdéseket vet fel: mennyire alkalmazható a "módszer" más gabonanövények esetében,

mennyire befolyásolja az adatokat a tárgyévi csapadék mennyiségi és időbeli eloszlása, milyen képet kapunk más talajviszonyok között, a precíziós termelés kiegyenlíti vagy gyengíti-e majd a most jelentkező anomáliák későbbi láthatóságát.

A hozamtérképezési adatok elemzése önmagában még úgy tűnik, hogy nem alkalmazható konkrét lelőhely-felderítésre, de a személyi példa azt mutatja, hogy nagyterjedésű lelőhelyeken, szerencsés év esetén kiegészítő adatokat kaphatunk külön anyagi, vagy jelentősebb időbeli ráfordítás nélküli is. Maga a precíziós mezőgazdasági termelés egyelőre még kevésbé elterjedt országos szinten, de várható a módszer növekvő térnyerése, ami talán új, nem várt kapukat nyit meg a régészet számára is.

Irodalom

- BERTÓK, G., GÁTI, CS. & VAJDA, O. (2008): Előzetes jelentés a Szemely-Hegyes lelőhelyen (Baranya megye) található neolitikus körárok-rendszer kutatásáról (Preliminary report on the research at the neolithic Kreisgrabenanlage at Szemely-Hegyes, Baranya county, Hungary). *Archeológiai Értesítő* **133** 85–106.
- BERTÓK, G. & GÁTI, CS. (2011): Neue Angaben zur spätneolithischen Siedlungsstruktur in Südostransdanubien. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **62** 1–28.
- BERTÓK, G. & GÁTI, CS. (2014): *Régi idők-új módszerek*. Archaeolingua Kiadó, Budapest-Pécs, 171 p.
- BRAASCH, O. (2007): Gallipoli ahead – Air Survey between the Baltic and Mediterranean. *Študijne Zvesti* **41** 84–97.
- CHALLIS, K., CAREY, C., KINCEY, M. & HOWARD, A. J. (2011): Airborne LIDAR intensity and geoarchaeological prospection in river valley floors. *Archaeological Prospection* **18** 1–13.
- CHALLIS, K., HOWARD, A.J., MOSCROP, D., GEAREY, B., SMITH, D., CAREY, CH. & THOMPSON, A. (2006): Using airborne LiDAR intensity to predict the organic preservation of waterlogged deposits. In: CAMPANA, S., FORTE, M. eds., *From Space to Place. 2nd International Conference on Remote Sensing in Archaeology*, *BAR 1568* 93–99.
- CHALLIS, K. & HOWARD, A.J (2013): The role of LIDAR intensity data in interpreting environmental and cultural archaeological landscapes. In: OPITZ, R. S., COWLEY D. C., eds., *Interpreting archaeological topography. Airborne laser scanning, 3D data and ground observation. Occasional publication of the Aerial Archaeology Research Group* **5** 161–171.
- DEZSŐ, J., BERTÓK, G., BOGNÁR, A., KAPOSVÁRI, F., DARÁNYI, V., PETHE, M., CSABAI, Z., PÁLL-GERGELY, B. & SIPOS, GY. (2009): Pedológiai-szedimentológiai vizsgálatok lösszel borított területeken, Szemely-Hegyes későneolitikus körárokrendszer példáján = Case study of pedological and sedimentological investigations on loess-covered terrain (Szemely-Hegyes lateolithic ring-ditch complex) - *Archeometriai Műhely* **6/3** 57–72.
- JONES, R. J. A. & EVANS, R. (1975): Soil and crop marks in the recognition of archaeological sites by air photography. In: WILSON, D.R., ed., *Aerial reconnaissance for archaeology*. Derry and Sons Ltd., London 1–12.
- KALEITA, A. L., TIAN, L. F. & HIRSCHI, M. C. B. (2005): Relationship between soil moisture content and soil surface reflectance. *American Society of Agricultural Engineers* **48/5** 1979–1986.
- M. ERDŐS, K. (2000): *Magyarország természeti földrajza*. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, 245 p.
- MUSSON, CH., PALMER, R. & CAMPANA, S. (2013): Flights into the past. Aerial photography, photo interpretation and mapping for archaeology. Published by the Aerial Archaeology Research Group (Occasional Publication No. 4) in partnership with the ArchaeoLandscapes Europe (ArcLand) Project of the Culture 2007-2013 Programme of the European Union. 1–545. urn: nbn:de:bsz:16-propylaeumdok-20096.
- DÖVÉNYI Z. szerk. (2012): *A Kárpát-medence földrajza*. Akadémiai Kiadó, Budapest. 1352 p.
- PUSZTAI, R. (1956): *Kőrézkori ház Szemelyen*. *Archeológiai Értesítő* **83** 39–44.
- RILEY, D.N. (1987): *Air Photography and Archaeology*. Gerald Duckworth & Co. Ltd, London. 152 p.
- SCOLLAR, I., TABBAGH, A., HESSE, A. & HERZOG, I. (1990): *Archaeological Prospecting and Remote Sensing*. Cambridge University Press, Cambridge. 674 p.
- STEFANOVITS, P., FILEP GY. & FÜLEKY, GY. (1999): *Talajtan*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 470 p.
- VÁMOS, G. (2001): Növényjelenségek a borostyánkő út magyarszeceői szakaszán. *Savaria* **25/3** 201–232.

Jegyzetek

¹ A cikk Simon Béla ötlete nyomán íródott, melynek kiváltó oka egy mezőgazdasági gépkiallításról tudósító internetes cikk volt: http://totalcar.hu/magazin/kozelet/2015/02/02/agrog_ep_show/

² Az itt felsorolt eredményeink egy része a korábbi közlésinek összefoglalója: Bertók et al. 2008; Bertók & Gáti 2011; Bertók & Gáti 2014. A lelőhely régészeti értelmezésétől így jelen tanulmányunkban eltekintünk.

³ A felméréshez Gemsys GSM 19GW Overhauser magnetométert használtak 1×1 m-es rácshálóban; ugyanilyen műszert és felbontást alkalmaztuk 2008-as méréseink során is.

⁴ A méréseket a Magyar Tudományos Akadémia, Atommagkutató Intézete (ATOMKI, Debrecen) végezte (azonosító: deb-14830, deb-14829).

⁵ A pályázat a Európai Unió Culture 2007 keretprogramján belül, Magyarországon az NKA több éves támogatásával valósulhatott meg. Az ArcLand pályázat honlapja: <http://www.arcland.eu>

⁶ Az Envirosense Kft. által alkalmazott Leica ALS 70 szenzor lézérének hullámhossza.

⁷ A talajnedvesség-tartalom értelemszerűen a mezőgazdasági termelés és terménykövetés számára lehet fontosságú.

Esetünkben tehát a nedvességtartalom mellett más tényezők – a betöltés eltérő kémiai/fizikai tulajdonságai is kiválthatják az erősebb reflektanciát.

⁸ A légirégészet és a talaj/növényzet összefüggéseiről bővebben lásd a téma alaplíműveit, többek közt: Jones & Evans 1975; Riley 1987, 17–40; Scollar et al. 1990, 38–79; Musson et al. 2013, 60–78 (bár többnyire angliai esettanulmányokat vettek alapul).

⁹ Az általunk használt minták átlagos HDOP értéke 1.11, VDOP értéke 1.58, PDOP értéke 1.93 volt, a DGPS-szel mért pozícióadatok valós pontossága a pontok elhelyezkedése alapján 1-2 m-en belüli lehetett.

¹⁰ A műszerekről és az alkalmazott mérési technológiáról lásd bővebben: <http://www.agleader.com/products/yield-monitoring/>

¹¹ A gabona mennyiségi/minőségi eloszlását az időjárási és régészeti előzményeken túl nyilvánvalóan befolyásolja a talajminőség, domborzat, növények fekvése (dombtető, domboldal, keleti, nyugati lejtő stb.) is.

¹² Ezúton szeretnénk köszönetet mondani a Zrt.-nek és külön Szűcs Imre termelési igazgatónak és Kóbor Szabolcs műszaki ágazatvezetőnek az adatok rendelkezésünkre bocsátásáért és szakmai tanácsaikért.

¹³ Az adatok forrása a Vízügyi Hivatal hivatalos honlapja: <http://www.ddvizig.hu/hu/hidrometeorologiai-tajekoztato>

¹⁴ Kóbor Szabolcs szíves szóbeli közlése.

¹⁵ A 3×3 m-es felbontásra interpolált rasztereket és a diagramokat Golden Software Surfer 12 programmal állítottuk elő.

¹⁶ Hozamtérképezéshez a műszert gyártó cég SMS nevű célszoftverét használják.

¹⁷ Az ugyancsak teljességgel értékelhetetlen 2014-es szemnedvesség-térképet területi okokból kihagytuk.

¹⁸ Igaz ugyanakkor, hogy ebben szerepe lehet a hozamtérkép viszonylag alacsony felbontásának is.