



CZAJLIK ZOLTÁN

# A LÉGIRÉGÉSZET ALAPJAI

Ez a mű a Creative Commons Nevezd meg! - Ne add el! - Így add tovább! 4.0 Nemzetközi Licenc feltételeinek megfelelően felhasználható.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



## **A légrégészet alapjai**

The Basics of Aerial Archaeology

**Czajlik Zoltán**

<https://orcid.org/0000-0003-0340-2841>

Régészet, archeometria, tájrégészet / Archaeology, archaeometry, landscape archaeology (12971)

légrégészet, tájrégészet, légi fényképezés, távérzékelés

aerial archaeology, landscape archaeology, aerial photography, remote sensing

ISBN 978-963-646-496-7 (pdf)

DOI: <https://doi.org/10.56037/978-963-646-496-7>



<https://openaccess.hu/>

CZAJLIK ZOLTÁN

# A LÉGIRÉGÉSZET ALAPJAI

EGYETEMI TANKÖNYV

BUDAPEST  
2025

© Czajlik Zoltán, 2025

© ELTE BTK Régészettudományi Intézet, 2025

© L'Harmattan, 2025

A könyv megírásához szükséges kutatásokat az OTKA 43762-es 68824-es, 77325-ös, 108667-es és 111058-as, az NKFIH 119520-as és SNN 134635-ös pályázatai támogatták.



NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI  
ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL



ELTE  
EÖTVÖS LORÁND  
TUDOMÁNYEGYETEM

Lektorálta:

Holl Balázs

Dr. Visy Zsolt DSc, professor emeritus

Dr. Zatykó Csilla PhD

A kiadásért felel Gyenes Ádám.

Tördelés: Timár Lőrinc

Borítóterv: Kára László és Timár Lőrinc

L'Harmattan France

7 rue de l'Ecole Polytechnique

75005 Paris

T.: 33.1.40.46.79.20

L'Harmattan Italia SRL

Via Bava, 37

10124 Torino–Italia

T. / F.: 011.817.13.88

ISBN 978-963-646-496-7 (pdf)

DOI: <https://doi.org/10.56037/978-963-646-496-7>

A kiadó kötetei megrendelhetők, illetve kedvezménnyel megvásárolhatók:

L'Harmattan Könyvesbolt

1053 Budapest, Kossuth L. u. 14–16.

Telefon: +36-70-554-3177

[www.harmattan.hu](http://www.harmattan.hu)

A borítóhoz felhasznált légi fényképeken egy félköríves szentélyzáródású kerek templom, illetve az őt körülvevő védőárok nyoma figyelhető meg Páty határában (2004. április 1., 2020. június 24., Czajlik Zoltán felvételei).

## TARTALOMJEGYZÉK

|           |                                                                             |    |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.        | <b>Bevezetés</b>                                                            | 5  |
| 2.        | <b>Kutatástörténet</b>                                                      | 8  |
| 2.1.      | A régészeti célú légi fényképezés kezdetei                                  | 9  |
| 2.2.      | Az első légirégészeti expedíciók                                            | 12 |
| 2.3.      | A légirégészet kezdetei Közép - Európában                                   | 15 |
| 2.4.      | A korai hazai kutatások                                                     | 18 |
| 2.5.      | Légrégészeti kutatások Európában 1945-től az 1990-es évekig                 | 19 |
| 2.5.1.    | A ferde tengelyű légi fényképezés elterjedése                               | 19 |
| 2.5.2.    | Szisztematikus légirégészeti kutatások Európában 1945-től az 1990-es évekig | 20 |
| 2.5.3.    | A hazai kutatások 1945-től az 1980-as évek végéig                           | 23 |
| 2.6.      | Légi fényképes kutatások Közép - Európában az 1990-es években               | 24 |
| 2.7.      | A rendszeres magyarországi kutatások kialakulása az 1990-es évektől         | 24 |
| 3.        | <b>A távérzékeléses régészetet meghatározó természeti adottságok</b>        | 28 |
| 3.1.      | Alapvető összefüggések                                                      | 29 |
| 3.2.      | A földtani, a geomorfológiai és a talajviszonyok hatása                     | 29 |
| 3.3.      | A felszínborítás és a parcellaméretetek hatása                              | 31 |
| 3.4.      | A csapadék/talajnedvesség hatása                                            | 33 |
| 4.        | <b>A régészeti jelenségekre utaló jelek típusai</b>                         | 36 |
| 4.1.      | Alapvető összefüggések                                                      | 37 |
| 4.2.      | A domborzati eltérések észlelése                                            | 40 |
| 4.2.1.    | Az árnyékhatás                                                              | 40 |
| 4.2.2.    | A hó-jelek                                                                  | 42 |
| 4.2.3.    | Az elöntéses jelek                                                          | 42 |
| 4.3.      | A felszín alatti struktúrák észlelése                                       | 42 |
| 4.3.1.    | A talaj-jelek                                                               | 45 |
| 4.3.2.    | A nedvesség-jelek                                                           | 47 |
| 4.3.3.    | A fagy-jelek                                                                | 47 |
| 4.3.4.    | A növény-jelek                                                              | 49 |
| 4.3.4.1.  | Őszi búza/árpa ( <i>Triticum aestivum</i> / <i>Hordeum vulgare</i> )        | 49 |
| 4.3.4.2.  | Tritikálé ( <i>Triticale</i> /búzarozs)                                     | 52 |
| 4.3.4.3.  | Legelő/kaszálók                                                             | 52 |
| 4.3.4.4.  | Kukorica ( <i>Zea mays</i> )                                                | 52 |
| 4.3.4.5.  | Repce ( <i>Brassica napus</i> )                                             | 54 |
| 4.3.4.6.  | Napraforgó ( <i>Helianthus annuus</i> )                                     | 54 |
| 4.3.4.7.  | Borsó ( <i>Pisum sativum</i> )                                              | 54 |
| 4.3.4.8.  | Cukorrépa ( <i>Beta vulgaris</i> )                                          | 54 |
| 4.3.4.9.  | Facélia ( <i>Phacelia tanacetifolia</i> )                                   | 54 |
| 4.3.4.10. | Burgonya ( <i>Solanum tuberosum</i> )                                       | 54 |
| 4.3.4.11. | Lucerna/lóhere ( <i>Medicago sativa</i> / <i>Trifolium pratense</i> )       | 54 |
| 4.3.4.12. | A gyomnövények                                                              | 56 |

|           |                                                                                                                 |            |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>5.</b> | <b>A kisgépes régészeti célú légi fényképezés részletes módszertana</b>                                         | <b>58</b>  |
| 5.1.      | Bevezetés                                                                                                       | 59         |
| 5.2.      | Adatgyűjtés, felkészülés                                                                                        | 59         |
| 5.2.1.    | Szemponatok az előzetes adatgyűjtéshez                                                                          | 60         |
| 5.2.2.    | Az időablakok kiválasztása                                                                                      | 61         |
| 5.3.      | Technikai adottságok                                                                                            | 64         |
| 5.3.1.    | Repülőeszközök, logisztika                                                                                      | 64         |
| 5.3.2.    | Fényképező eszközök                                                                                             | 67         |
| 5.3.3.    | Helymeghatározó és navigációs eszközök                                                                          | 70         |
| 5.4.      | Kutatási és repülési stratégia                                                                                  | 74         |
| 5.5.      | A légi felvételek és az adatok feldolgozása                                                                     | 76         |
| 5.5.1.    | Elsődleges feldolgozás, archiválás                                                                              | 76         |
| 5.5.2.    | Részletes feldolgozás                                                                                           | 79         |
| <br>      |                                                                                                                 |            |
| <b>6.</b> | <b>Légi kutatás közel függőleges kameratengelyű eszközök segítségével</b>                                       | <b>84</b>  |
| 6.1.      | A katonai felderítési, vagy térképészeti célú archív légi felvételek régészeti alkalmazásának lehetőségei       | 85         |
| 6.2.      | A közel függőleges kameratengelyű modern fotó-platformok felvételeinek régészeti célú felhasználási lehetőségei | 90         |
| 6.2.1.    | Az űrfelvételek használata a régészetben                                                                        | 90         |
| 6.2.1.1.  | A DISP-adatok felhasználása                                                                                     | 91         |
| 6.2.1.2.  | A kereskedelmi műholdas adatok felhasználása                                                                    | 93         |
| 6.2.1.3.  | A Google Earth felvételek régészeti felhasználása                                                               | 93         |
| 6.2.2.    | Az optikai műholdas adatok feldolgozásának lehetőségei                                                          | 94         |
| 6.2.3.    | A modern ortofotók (MePAR) felhasználása                                                                        | 97         |
| 6.2.4.    | A drónos légi fényképezés                                                                                       | 100        |
| <br>      |                                                                                                                 |            |
| <b>7.</b> | <b>Záró gondolatok</b>                                                                                          | <b>104</b> |
| <br>      |                                                                                                                 |            |
| <b>8.</b> | <b>Irodalomjegyzék</b>                                                                                          | <b>107</b> |

## 1. BEVEZETÉS

Alig több, mint 100 éve, 1923-ban tartotta a Királyi Földrajzi Társaságban O.G.S. Crawford azt a légirégészetről szóló előadást, amelynek záró mondata a következő volt: „*A paper of this kind seems called for to inaugurate what will prove to be a new epoch in the history of British archaeology*” (CRAWFORD 1923, 360). A mindenképpen merész, ma már talán kissé önteltnek ható jóslat igaznak bizonyult. Ha lépésről lépésre is, de a légi perspektíva megváltoztatta és talán mind a mai napig alakítja azt, amit régészet és topográfia, régészet és táj viszonyáról gondolunk. A földrajzos végzettségű Crawford jól érzett rá, hogy a nagy topográfiai összefüggések bemutatásához szükség van arra a látványos, könnyen megérthető eredményekre képes módszerre, amit a régészeti jelenségek légi fényképezése biztosít. A szerencsés történelmű európai országokban, így mindenekelőtt Nagy-Britanniában a módszer alkalmazása már az 1930-as években mérföldkőnek bizonyult a régészeti topográfiai kutatások területén is.

Kezdetben Magyarország jóformán szinkronban volt Nagy-Britanniával, hiszen Neogrády Sándor 1924-ben készítette az első régészeti célú légi felvételeket (NEOGRÁDY 1948 – 1950, 289), a rendszeres kutatások azonban csak közel 70 évvel később, 1990-ben indulhattak meg. Éppúgy, mint Rómer Flórisnak, több fiatalabb kutatógeneráció számára is csak a földi perspektíva adatott meg. Miközben a terepbejárás módszerek a Magyarország Régészeti Topográfiaja program keretében folyamatosan fejlődtek, közben Nyugat-Európa jelentős részén a légi fényképezéssel támogatott lelőhely-kutatás intézményes kereteit sikerült megeremteni. 32 éve, 1993-ban jöhetett létre az ELTE Régészettudományi Intézet Légirégészeti Archívuma, majd egy évre rá a PTE Légirégészeti Téka.

A szerző szerencséje, hogy az első tervezgetésektől résztvevője, alakítója az ELTE kutatásainak, a jelen munka tehát nagymértékben építhet a személyes tapasztalatokra. Ezeket egyfelől 1993 – 2000 között, a René Goguey-val lefolytatott 173 órányi közös repülés, másfelől 1998 – 2025 között, Magyarországon, Romániában, Szerbiában, Szlovéniában és Szlovákiában 767 órányi önálló légi kutatás és az ezekhez kapcsolódó laboratóriumi munkák, publikációs tevékenység, stb. során sikerült megszerezni.

Három évtizedre visszanyúló légi fényképezéseink el sem kezdődhettek volna a Szabó Miklós által létrehozott magyar-francia kutatási együttműködés és a Raczkó Pálnak köszönhető Térinformatikai Kutatólaboratórium nélkül. Ebben az időszakban Holl Balázs és Marton Ádám, később Bödőcs András segítették a légi fényképezések előkészítését és az eredmények feldolgozását. 2009-től mindmáig részese ennek a kutatásnak Rupnik László. A mai napig tartó intézményi támogatásért Borhy László és Vida Tivadar intézetigazgatókat, továbbá Bartus Dávid intézetigazgató-helyettest illesse a köszönet, csakúgy, mint azon egyetemi hallgatók és doktoranduszok (Winkler Móni, Szakos Éva, Kovács András és Ďurkovič Éva) tevékenységét, akik kisebb-nagyobb mértékben ugyancsak bekapcsolódtak az első látásra izgalmas és szép, de aztán annál több türelmet és kitartást kívánó témakör művelésébe.

A kéziratok publikálási folyamatában mindig kitüntetett szerepe van az értő lektorálásnak. Hálás vagyok Holl Balázsnak, Visy Zsoltnak és Zatykó Csillának, hogy számos fontos javaslattal, továbbá az óhatatlanul előforduló hibákra figyelmemet ráirányítva, támogatták munkámat. Külön köszönöm segítőkész gyorsaságukat.

A légirégészet a kezdetektől szerepelt az ELTE Régészettudományi Intézetében évtizedek óta oktatott Régészeti topográfia kurzus tematikájában, önálló tárgyként a légi fényképek feldolgozásának Bödőcs András és e sorok írója által vezetett gyakorlatain, illetve a mesterszakos képzésben jelent meg.

Bár a módszer repüléseken való alkalmazásának elsajátítása során rendkívül fontos az egyéni képzés, a tréningek és a közös tapasztalatok, mindezek jóval hatékonyabbak, ha könyvből megtanulható fundamentumokra épülhetnek. Meggyőződésünk továbbá, hogy a korszerű topográfiai kutatások egyik alapját jelenti a légi úton beszerezhető adatok kiértékelése, így tankönyvünket mindenkinek ajánljuk, aki a szakterület iránt érdeklődik. Szeretnénk ugyanakkor elejét venni az önálló kísérletezésnek, hangsúlyozva, hogy a régészeti célú légi fényképezés munkarepülésnek számít, amelyet csak felkészült repülővezetővel és megbízható karbantartási/felkészítési háttérrel szabad kipróbálni.

E célkitűzéseknek megfelelően készítettük el a témakör hazai kutatástörténetének nemzetközi keretek között való feldolgozását, a légitérésgészetet meghatározó természeti tényezők szerepének és kölcsönhatásainak rövid összefoglalását, a kisépés, ferde tengelyű légi fényképezés részletes módszertanának bemutatását, valamint az alternatív lehetőségek rövid ismertetését.

A régészeti célú légi fényképezés mindig két ember, a repülővezető és a régész-légifotós koncentrált helytállását követeli meg. Következzék tehát itt azok névsora, akik a fedélzeten váltak részeseivé az elért eredményeknek: Bakai Csaba, Bencze Zoltán, Simion Câmpăanu, Eugen Chincea, Cziráki Péter, Dávid Csaba,

Emődi József, Franczer Attila, Fűri Viktor, Hernádi Tamás, Horváth Dániel, Michal Holcim, Jakab Tamás, Jankovich István, Kóré Vilmos, Aleksandar Lodinović, Máté Attila, Nagy Tamás, Papp Géza, Petrovski Gábor, Szabó Levente, Szanyi Imre, Ürmös Péter, Talabos Gábor, Tóth Csaba, Tóth Géza, Urbán Gergő és Zsuppányi Zoltán.

Családom tudja, hogy életem fontos, néha talán túlzottan sok időt elvevő része a régészet. Mindig igyekeztem azonban a hétvégeket és az ünnepnapokat otthon tölteni. Egyetlen kivétel volt és van: ha megfelelő az időjárás és repülni kell, akkor elengednek a családi ebédre is. Kitartó türelmüket, különösen feleségem támogatását hálással köszönöm.

## 2. KUTATÁSTÖRTÉNET

Az aviatika, a képrögzítés, a régészet és a földrajz összekapcsolódásával kialakult légrégészetnek kezdetektől az intézményesülés időszakáig tartó történetéről számos munka született. Nem felsorolva valamennyit, háromra szeretnénk a figyelmet felhívni. A 20. századiak közül az egyik legalaposabb, összefoglaló jellegű művet L. Deuel írta (DEUEL 1969), legutóbb pedig M. Gojda készítette el a téma részletes feldolgozását (GOJDA 2020. Magyarul Szabó M. írta meg a régészeti célú légi fényképezés legfontosabb pillanatainak képekkel gazdagon illusztrált összefoglalását (SZABÓ 2018). A friss munkáknak köszönhetően nem lehetett célunk a tudomány-

ág teljes történetének és minden egyes momentumának kiértékelése, továbbá Európa határait is csak néhány esetben léptük át. Ugyanakkor igyekeztünk a jelen fejezetben azokat az egyéniségeket és azokat a fordulópontokat bemutatni, amelyek egyfelől érthetővé teszik szakmai elődeink lehetőségeit, módszereit és gondolkodását, másfelől – tapasztalataink alapján – máig meghatározó jelentőséggel bírnak e diszciplína művelői számára. A fejezet egyes részei meg-egyeznek a korábbi munkánkban megjelentekkel (CZAJLIK 2022, 108-124; 139-143), azonban számos ponton bővítésre kerültek.

### **2.1. A régészeti célú légi fényképezés kezdetei**

Fontos pillanat volt a légi fényképezés történetében, amikor 1858 októberében Nadar (eredeti nevén Gaspard Félix Tournachon) egy ballon kosarából Párizs házai fölé emelkedve felvételeket készített (1. ábra). Talán meglepő, de a XIX. században már nem a repülés jelentette a fő problémát, hanem a képrögzítés. Az első igazolt pilótával történő meleg levegős ballonrepülés ugyanis a Montgolfier-fivéreknek köszönhetően már 1783-ban megtörtént Franciaországban, sőt Th. Baldwin 1785-ös Chester-i repüléséről 1786-ban már metszetekkel illusztrált könyvet (Airopaidia) jelentetett meg (BALDWIN 1786; lásd: BARBER 2011, 11-13). Chillicothe (Ohio, USA) környékén J. Wise már 1852-ben megfigyelt egy régészeti lelőhelyet (NEWHALL 1969, 68), amelyről fotó még nem, csak rajz készült (GOJDA 2020, 53). Nadar volt az első, aki a két technológiát, a fényképezést és repülést össze tudta kapcsolni. Magyarországon emberrel történő léggömbfelszállás először 1811-ben volt. J. G. Manner, bécsi születésű, Pesten praktizáló orvos a Városligetből indulva a Gyöngyös melletti Gencspusztáig jutott el (SZABÓ 1991, II. 20; LOVAS 2021).

Az új technológia már a 18. század végén felkeltette a hadseregek érdeklődését és 1859. június 24-én, a Solferinói csatában elkészült az első harcászati célú légi felvétel. Ettől kezdve a légi fotózás a polgári kísérletek (pl. a Bostonról 1860. október 13-án készült felvétel, GOJDA 2020, 38) mellett jelentős mértékben



1. ábra. G. F. Tournachon (művésznéven Nadar, 1820-1910) ballonos légi fényképezése Párizs felett (1862)

a katonai alkalmazásoknak köszönhetően fejlődött. A korai ballon-fotók általában életlenek voltak, hiszen az akkori technika hosszú expozíciós időt kívánt, amely alatt a repülőeszköz elmozdulhatott. A 19. század találmánya volt a pilóta nélküli fényképező eszköz, vagyis a kiterítőkamera megalkotása. A Batut könyvében már a régészet is szerepelt a potenciális felhasználók között (GOJDA 2020, 40). A pillanatfotózás bal-



2. ábra. Katonai ballonrepülés során készített légi fénykép (P. H. Sharpe hadnagy felvétele, 1906, BARBER 2011, 20) a Stonehenge-i kőkörőről és a külső földművekről

lonkamerák megjelenésével (1877) és a ferde tengelyű felvételek függőleges tengelyűvé alakításával már lehetővé vált a légi fényképezés térképészeti alkalmazása (SZABÓ 2018, 32-35). Továbbra is problémát jelentett azonban a repülőeszköz irányíthatósága, a ballonisták csak nyugodt időjárás esetén, kiszámítható szélviszonyok mellett tudtak dolgozni. A manőverezési problémákra utalhat, hogy Ph. H. Sharpe hadnagy Stonehenge-ről készített – egyébként kitűnően exponált – ballonos fotójának témája nincs középen, a külső földmű az egyik oldalon épphogy belefért a képtérbe (2. ábra). A valószínűleg véletlenszerűen kiválasztott lelőhelyről (vö. BARBER 2011, 21) már egy évvel később megjelent egy ferde tengelyű fotó az *Archaeologia* c. folyóiratban (CAPPER 1907). Az 1906 száraz nyarán készült, erőtel-

jes növényzeti eltéréseket mutató felvételek M. Barber elemzése szerint kikötött, de a szél által kissé mozgatott ballonról készülhettek (BARBER 2011, 37, vö. GOJDA 2020, 55), ami magyarázhatja a fent említett – és részben a ferde tengelyű képen is megfigyelhető – kompozíciós nehézségeket.

Egy nemrég felfedezett, valószínűleg ugyanebből a Stonehenge-i „repülésből” származó fotó komponálása viszont kifogástalan, ugyanakkor alulexponáltra sikerült, ami – a légi fényképezések során gyakran változó – fényviszonyokkal, a helyes megvilágítási idő kiválasztásával kapcsolatos problémákra hívja fel a figyelmet (BARBER 2011, 255). Az erős szín/megvilágítási kontrasztot mutató területek fotografálásának gondjai tükröződnek azon a két, 1893-ban



3. ábra. A Traianus-fal egy szakasza 1918. március 11-én. A Constantában állomásozó német légierő hadnagyának, E. Lommatzschnak Friedrichshafen típusú hidroplánból készült felvétele, C. Schuchhardt (vagy Th. Wiegand?) szervezésében. A korábban közöletlen (mozaik) fotó Th. Wiegandon és G. Bersun keresztül jutott el O. G. S. Crawfordhoz, aki publikálta azt (CRAWFORD 1954, pl. 6, vö. MASON 2016)

készült ballon-fotón is, amelyeken a távolban régészeti lelőhelyek láthatók (BARBER 2011, 40).

Vitathatatlan, hogy a Stonehenge-i felvételek gyors, régészeti folyóiratban történt közlése mérföldkő volt a légitérészet fejlődésében, ugyanakkor a 19-20. század fordulóján Európa-szerte népszerű ballon-repülések során más régészeti lelőhelyekről is készültek légi felvételek. A Forum Romanum-ot és környékét az 1899-től indított ásatások alatt, rögzített ballonnal fényképezték, 1912-ben pedig már Közép – Európában is készültek fotók: a Vilbeli (Hessen) római villa megörökítését

K. Maynek köszönhetjük (BEWLEY 1997, 12-13). Példáink azt mutatják, hogy a rögzített ballonos légi fényképezés a 20. század elején elérte azt a technológiai színvonalat, ami az ismert régészeti lelőhelyek kutatásában hasznosnak bizonyult, ráadásul látványos és jó minőségű felvételeket eredményezett.

Technikai szempontból azonban az előrelépéshez más módszerre volt szükség. Ennek egyik első példáját jelentette az ókori ostiai kikötő foto-térképezése (3. ábra) 1911-ben (CERAUDO 2005), ahol repülőgépes légi fotók is készültek GOJDA 2020, 53). A sokkal jobban irányítható, egészen másfajta manőverezést lehetővé tévő, sikló repülő eszközök használata döntőnek bizonyult. A repülőgépek gyors mozgásához azonban alkalmazkodni kellett a fotó-technikának is, a ballonos fotográfusok által használt készülékek legrövidebb, 1/100 másodperces zárideje (SZABÓ 2018, 35) alacsonyabb magasságban dolgozva túl hosszúnak bizonyult. A problémát – a képrögzítés fejlesztésével együtt – olyan Zeiss-kamerákkal lehetett orvosolni, amelyekkel akár 1/600-as záridővel is lehetett fotografálni (SZABÓ 2018, 47). Mind a repülőgépek, mind a fényképezés tekintetében a katonai felderítés igényei voltak az elsődlegesek, az új technológia az I. világháború alatt terjedt el.

A háborúban harcoló, térképészeti/fényképészeti ismeretekkel rendelkező régészek közül többen is készítettek régészeti lelőhelyekről légi felvételeket a folyamatosan fejlődő technológia segítségével. A K. Leidorf által összegyűjtött példák (LEIDORF 1996, 33) közül említésre érdemes a francia L. Rey, aki 1916-ban Makedóniában antik településeket fényképeztetett, illetve a francia légierő által Trójáról készített légi fényképek. Th. Wiegandnak (1864-1936), az 1899-ben alapított isztambuli Német Régészeti Intézet igazgatójának kezdeményezésére a német légierő 1916-tól a Sinai-félszigeten, a Negev-sivatagban, több „régészeti bevetést” teljesített, amelyek során kb. 300 felvétel készült régészeti lelőhelyekről (LEIDORF 1996, 33). Ugyancsak az I. világháború alatt, 1918-ban készültek az első régészeti légi felvételek C. Schuchhardt szervezésében Romániában, a



4. ábra. Samarra (Irak) mezopotámiai romvárosának fotómozaik-térképe (G. A. Beazeley és a Royal Air Force baqubai repülőszázadának légi fényképezései alapján, 1917-1918; BEAZELEY 1920)

Traianus-falról (SCHUCHHARDT 1918, vö. OBERLÄNDER-TÂRNOVEANU 2010, 389 és MASON 2016).

„*Surveys of areas for archaeological research can in the future be greatly assisted by air photography, and I give a few interesting examples that I came across in connection with my survey work in ancient Mesopotamia.*” kezdte első beszámolóját G. A. Beazeley

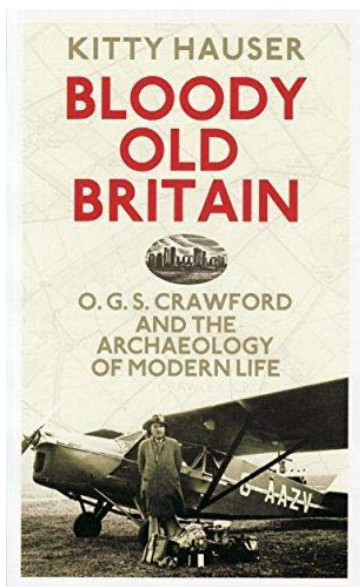
(1870-1961) alezredes, aki a Royal Air Force segítségével kutatott Bagdad környékén, a Tigrisz és az Eufrátész mentén, óriási romvárosokat, régi csatorna-rendszereket, stb. azonosítva (BEAZELEY 1919). Leírásából kiderül, hogy a légi fényképezések 1917-ben kezdődtek, segítve a Samarra környéki romvárosok térképezését, majd Beazeley – a Lewis géppuska használatára gyorsan kiképezve - 1918. márciusában a Baquba-i repülőszázaddal már az ellenséges vonalak mögé repült. „*On one day owing to clouds three separate flights had to be made to complete a trip, which meant 11 hours in the air that day, including 5 hours' actual work*” (BEAZELEY 1920, 113). Elképesztő elszántságról tanúskodnak ezek a sorok, hiszen a régészeti légi fényképezésben ma is 7 óra körül van a napi repülési idő raci-

onális határa. A kutatások során ferde tengelyű és vertikális fotókat egyaránt készítettek, utóbbiakból Beazeley lenyűgöző fotómozaik-térképet állított össze Samarra környékéről (4. ábra).

## 2.2. Az első légirégészeti expedíciók

G. A. Beazeley 1919-es jóslatának valóra váltója O. G. S. Crawford volt, aki az I. világháborúban (MASON 2016, 333) Belgiumban és Észak-Franciaországban végzett légi fényképezéseket és nyilvánvalóvá vált számára a módszer jelentősége a régészeti kutatásokban. 1921 száraz nyarán készítette a RAF azokat a felvételeket Dél-Angliában, amelyeken Crawford 1923-ban azonosította és térképekre rajzolta (5. ábra) a felszínen nehezen értelmezhető „Celtic fields”-ek, vagyis az őskori parcella-rendszerek talaj/növényzeti elszíneződés révén megmutatkozó nyomát (CRAWFORD 1923). Az eltemetett régészeti jelenségek és a gabona növekedése közötti összefüggés felismerése egyébként jóval korábbi, az ismert régiségbúvár, J. Leland Calleva Atrebatum római kori város 1540 körüli meglátogatásakor jegyezte fel a következőket: „*A curious phenomenon observed at Silchester*



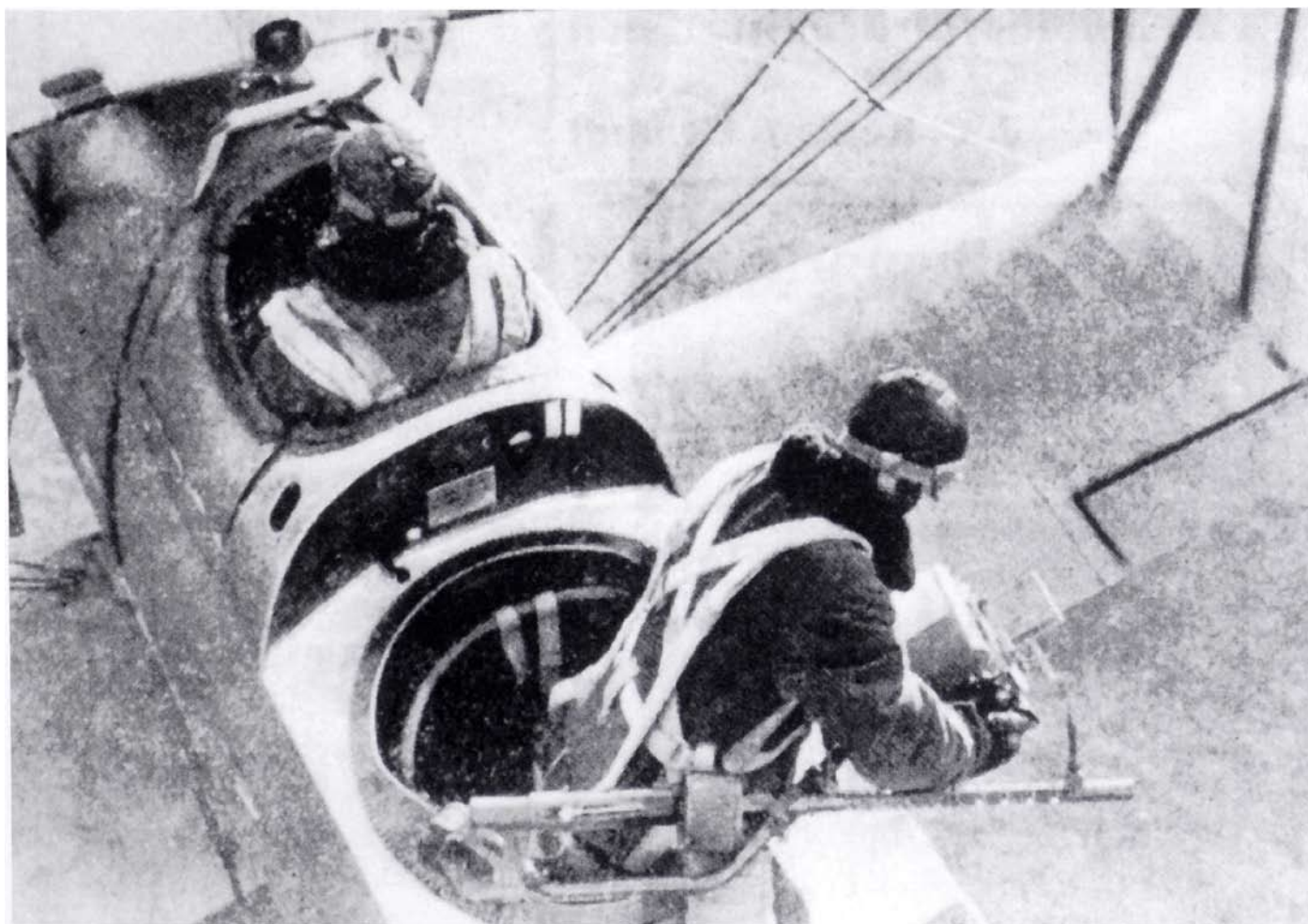


6. ábra. O.G.S. Crawford (1886 - 1957). K. Hauser életrajzi kötetének címlapfotója (HAUSER 2008)

hangsúlyozta, hogy már egy ideje kereste-kutatta a megfelelő módszert. Nemcsak Sharpe, Wiegand, Beazeley és mások munkáját ismerte korábban, nemcsak a növény-jelekről rendelkezett – földi – tapasztalatokkal, de tisztában volt az árnyékhatás jelentőségével is a földépítmények

kutatásában (CRAWFORD – KEILLER 1928, 5). Az első sikereken felbuzdulva, 1924 nyarának rossz időjárása ellenére A. Keiller-rel rendszeres légi fényképezéseket végeztek Dél-Angliában, ezek eredményeit jelentették meg 1928-ban, „Wessex from the Air” című könyvükben, ami az első eredményes légirégészeti felderítés-sorozatról szóló összefoglaló kötet lett (CRAWFORD – KEILLER 1928).

Miközben Crawford bizonyos mértékig hasznosította a háború során a sivatagos, félsivatagos zónákban szerzett tapasztalatokat, Wiegand és Beazeley kutatási lehetőségei megszűntek (SZABÓ 2018, 52-53). A. Poidébard-nak köszönhetően azonban ezeken az egészen más megfigyelési lehetőségeket kínáló – és jóval veszélyesebb – területeken is komoly eredmények születtek az 1920-as, 1930-as években (POIDÉBARD 1934). A. Poidébard atlasza és egyéb légirégészeti munkái is főként a szíriai római kori emlékekkel (utakkal, táborokkal, feliratos emlékekkel) foglalkoztak, sőt minden valószínűség szerint ő fényképezett először levegőből



7. ábra. Légi fényképezés Németországban, az 1930-as években (GRUNWALD 2002, Abb. 9)

vízalatti régészeti lelőhelyet (GOJDA 2020, 77). Így a klasszika archaeológia és Mezopotámia ókora után újabb aspektusa mutatkozott meg a módszer alkalmazásának. Itt kell megemlítenünk J. L. Baradez Észak-Afrikában végzett fényképezéseit (BARADEZ 1949) és hasonlóan fontosak voltak a római limes megismerése szempontjából Stein A. (Sir Aurel Stein, 1862 - 1943) magyar származású keletkutató 1938-1939-ben Irakban és Transzjordániában végzett – sokáig közöletlen – légirégészeti kutatásai (GREGORY – KENNEDY 1985). Érdekes adalék, hogy az 1930-as években amerikai légirégészeti expedíció dolgozott Iránban, egyebek között Persepolis dokumentálását készítették el (GOJDA 2020, 79-80).

### **2.3. A légirégészet kezdetei Közép - Európában**

Németországban az I. világháborút követő repülési tilalom 1926-os feloldása után (GRUNWALD 2008, 70) készültek először légi felvételek régészeti lelőhelyekről. A Luftverkehr Strähle cég (Schorndorf, Württemberg) a Bopfingen melletti Ipf vaskori erődített településéről és a Federsee melletti buchai ásatásokról készített felvételeket (BRAASCH 1997, 29). 1928-ban kezdődött a Hansa Luftbild cég régészekkel való együttműködése, elsőik között Haithabu (Hedeby) 8-11. századi településének fényképezésével (BRAASCH 1997, 29). A Hamburg környékén 1929-től végzett repülések célkitűzése pedig már az volt, hogy a nagyváros környékén tervezett területfejlesztéshez térképezni lehessen a különféle föld- és kőépítményeket („feste Denkmäler”). Úgy gondolták, hogy a függőleges kameratengellyel, 2000 m-es magasságból készült légi felvételek alapján – a terepi felmérésnél jóval olcsóbban – lehet majd az 1:5000-es méretarányú térképeket előállítani (HANSEN 1932a, 1932b, 145; vö. BRAASCH 1997, 29, GRUNWALD 2002, 223). Az eredmények annyira meggyőzők voltak, hogy azokat W. Hansen 1930. szeptemberében Zürichben, a Nemzetközi Fotogrammetriai Kiállításon (GRUNWALD 2002, 224), majd 1932 augusztusában Londonban, egy nemzetközi konferencián mutathatta be (HANSEN 1934).



8. ábra. Iža – Leányvár (Szlovákia) vertikális légifotója 1936-ból (A 3. Pozsonyban állomásozó csehszlovák repülőezred felvétele, MENCL 1937, I. tábla)

Hamburg környékén a különféle repülőiskolák segítségével is számos – ferde tengelyű – légi felvétel készült (7. ábra; GRUNWALD 2002, 224-227), majd 1937-től a légierő fényképész kiképzésre használta a területet. Ennek során sikerült H. Schrollernek a werlai ásatásokról olyan fotósorozatokat készíteni, amelyek 60%-os átfedésük miatt sztereoszkópos (azaz 3D) feldolgozásra is alkalmasak voltak, segítségükkel ma is jól használható dokumentációt állítottak elő (GRUNWALD 2002, 228-230). Az intenzív fényképezéseknek köszönhetően, 1938. márciusában talaj/növényzeti elszíneződés révén megmutatkozó lelőhelyeket is azonosítottak: halomsírmezők nyomait Hibben – Sehnsen-nél (GRUNWALD 2002, Abb. 11) és Deblinghausennél (GRUNWALD 2002, Abb. 12). Megjegyzendő, hogy az akkor alkalmazott nitrófilmek rendkívül tűzveszélyesek voltak, így a kiképzés során készült negatívokat rendszeresen elégették (GRUNWALD 2002,



9. ábra. Légi fényképészek az új Fokker XI. repülőgép előtt: (balról jobbra) Gersi István, Kruttschnitt Aurél, Lendvay (?), Neogrady Sándor és a repülővezető (BALLA – HRENKÓ 1991, 39, vö. BAKÓ 2013a)

231-232). Feltehetően csak a pozitív (papír) másolatok egy része maradt meg.

1937-től több régészeti intézmény, így a Römisch-Germanischen Kommission (Frankfurt) részvételével, G. Schroller vezetésével, repülésben jártas régészek bevonásával egész Németországra kiterjedő légi fényképezési program indult (GRUNWALD 2004, 83). Ennek keretében alkalmazták 1937. augusztus 15. – november 15. között J. Wernert, az RGK akkor fiatal kutatóját, a légierő tartalékos tisztjét a Hansa Luftbild által végzett munkában. A fő cél a jól látható régészeti lelőhelyek/ásatások lefényképezése volt, felderítésre alig került sor (BRAASCH 1997, 29-30). O. Braasch szerint J. Werner esetében az utóbbi összefügghetett a növényzeti jelek szempontjából szerencsétlenül kiválasztott őszi időponttal (BRAASCH 1997, 31).

1938. márciusában volt Berlinben a Lilienthal Társaság szervezésében az a tudományos ülés, ahol nemcsak W. Hansen és H. Schroller, hanem O. G. S. Crawford – akkor a Prehistoric Society elnöke – is előadást tartottak. A tanácskozáshoz légi fénykép

kiállítás kapcsolódott és – a Hansa Luftbild támogatásával – régészeti légi felvételekkel gazdagon illusztrált könyv jelent meg (BUTTLER et al. 1938).

Ausztriában az első régészeti légi fényképezések 1924-ben voltak, J. Czech von Czechenherznek köszönhetően. F. Hauptmann, a Kismartoni Múzeum alapítója már az 1930-as években légi fotózott. Az első fennmaradt légi fotókat azonban E. Nischer Falkenhofnak köszönhetjük, aki a Hainburg melletti Braunsberg kelta oppidumáról készített térképészeti célú felvételeket. Az újjáalakult osztrák légierő pedig *Carnuntumot* fényképezte 1935-ben (DONEUS et al. 2013b, 16-17; GOJDA 2020, 71).

Mindeközben Közép-Európából még a ballonos fényképezés, pontosabban annak rögzített változata sem tűnt el teljesen. Nem az egyetlen, de talán a legismertebb példa erre a lengyelországi Biskupin erődítésének kutatása. Az először szláv településnek gondolt, később a Lausitzi kultúra híres lelőhelyévé vált területet kiemelt érdeklődés övezte, az ott folyó ásatásokat már 1935-től – akár 150 m magasságra felemelkedő! – ballonról dokumentálták (RĄCZKOWSKI

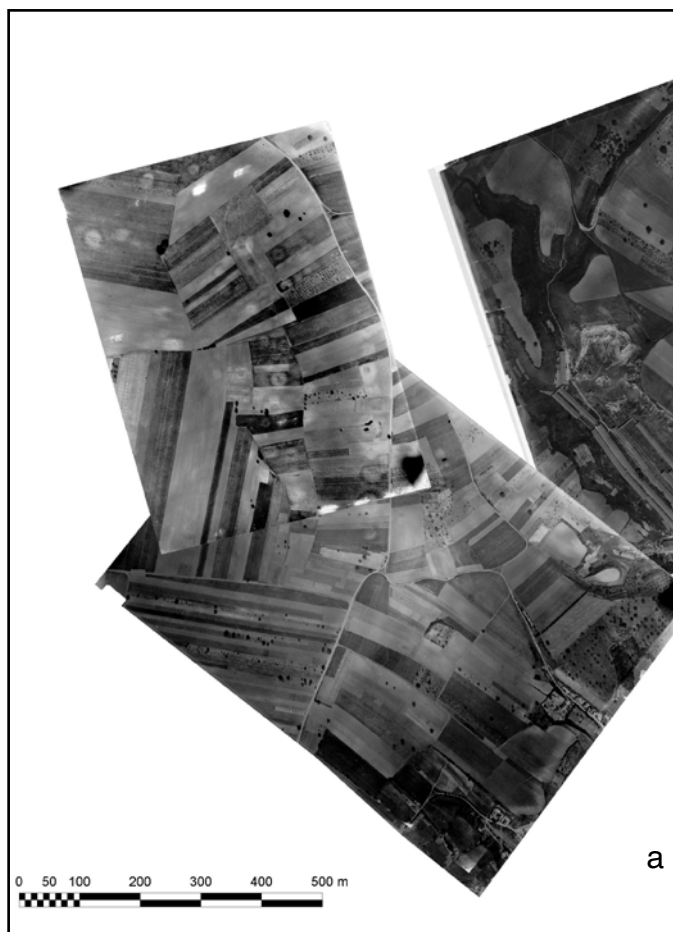


10. ábra. Nagyberki – Szalacska (Somogy vármegye), a kora vaskori halomsírmező északi halomcsoportja. Neogrády S. archív felvétele, 1929. július. A törött üvegnegatívot Suba J. azonosította az MN Hadtörténeti Intézet gyűjteményében, digitális restaurálását és EOTR 1:10.000-es térképbe való beillesztését Holl B. készítette el 2005-ben

2005, 154). Lengyelországban egyébként már korábban, 1929-ben fényképezett a légierő, Rzucewo neolitikus ásatását (RĄCZKOWSKI 2005, 154). Az ismert régészeti lelőhelyek légi fényképezése az egykori Csehszlovákiában 1929-ben kezdődött meg (ČIŽMAŘ – KNECHTOVÁ 2021, 30). Más lelőhelyek mellett Staré Hradisko vaskori oppidumáról 1935-ben készült felvétel (PLATICOVÁ 2010, 306, ČIŽMAŘ – KNECHTOVÁ 2021, 30). A hazai kutatók számára az egyik legérdekesebb fotó Izsa (Iža) – Leányvárnak a csehszlovák légierő által lefényképezett római katonai táborát ábrázolja 1936-ból (8. ábra; MENCL 1937, I. tábla; vö. HANZELYOVÁ et al. 1996, 194 és BEWLEY 1997, 10). Ebben az időszakban készült légi fotó a stomfai (Stupava) római katonai tábor ásatásáról (ONDROUCH 1941, Tab. I) és

számos felvidéki középkori városról (Pozsony/ Bratislava, Trenčsén/Trenčín, Selmecbánya/ Banská Štiavnica, Nagytapolcsány/Topolčany, Kisucaújhely/Kisucké Nové Mesto, MENCL 1938).

Ezek a légi fényképezések azonban legfeljebb egy-egy kiemelt jelentőségű régészeti lelőhely esetében voltak rendszerezettek és jóformán kizárólag ismert, többnyire köemlékek megörökítését jelentették. Ebben a trendbe illeszkedik, hogy Romániában – a *Traianus*-fal korábban említett 1918-as légi fényképezésén kívül – 1928 – 1943 között rendszeres fotózás folyt az ókori *Histria* zónájában (STEFAN 2019, 10-12).



11. ábra. Százhalombatta – Százhalom és Százhalombatta – Földvár (Pest vármegye) lelőhelyek részletei régészeti célú légi felvételeken.

a: Gersi I. közel függőleges kameratengellyel készített, régészeti célú felvételei (1934. július, a Magyar Nemzeti Múzeum gyűjteményében, illesztés: Holl B.).

b: Az 1934-es felvétel északkeleti részén sötét csikként azonosítható vaskori sánc régészeti célú, ferde tengelyű légi fotója (2003. január 12, Czajlik Z.).

c: Körárokra utaló elszíneződés ferde tengelyű légi fotója őszi vetésű gabonában (2017. június 9, Czajlik Z.). A jelenséget eddig függőleges kameratengelyű felvételeken nem figyeltük meg.

## 2.4. A korai hazai kutatások

A hazai régészeti légi fényképezés úttörője Neogrády Sándor (1894-1966) volt. Felderítő fényképészként volt ott az I. világháborúban, az olasz fronton. Legkorábbi harctéri légi felvételeit 1917-ből tartjuk nyilván. A háborút követően a Honvéd Térképészeti Intézetben megindított légifotó-alapú térképezések egyik vezetője lett. A régészettel való kapcsolatba kerüléséről így írt 1950-ben megjelent, megmaradt fényképeit bemutató munkájában:

„Kora tavasztól késő őszig, néha decemberrig, amíg az első hó le nem hullott, az ország különböző részeiben dolgoztam és igen sok alkalmam nyílt repüléseim alatt érdekes megfigyeléseket tenni. A szántóföldeken, mezőkön, különös formájú, emberkéz alkotta

nyomokat fedeztem fel, amelyeket meg is örökítettem, mert ösztönszerűleg sejtettem, hogy ezek a nyomok a régészeti kutatásokkal valamilyen kapcsolatba hozhatók” (NEOGRÁDY 1948-1950, 285).

Neogrády 1920 nyarától végzett térképészeti légi fényképezéseket, de a trianoni repülési tilalom miatt 1921-22-ben nem repülhetett (BAKÓ 2012). Légi megfigyelőként a fotótérképezést 1923 nyarán kezdte újra, 1924-től 1934-ig régészeti légi fényképezéssel is foglalkozott (NEOGRÁDY 1948-1950, 289). A vezető légi fényképész ezt követően Gersi I. őrnagy (a százhalombattai halomsírmezőről készített légi fényképeit lásd: CZAJLIK – HOLL 2013, 27), 1939-től pedig Buday L. százados volt. Neogrády a felvételeket a gép oldalára akasztott, majd a géptörzsbe beépített, üveglemezes (9. ábra) fényképezőgé-

pekkel készítette, utódai a harmincas évektől – a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően – már filmes készülékeket használtak (BAKÓ 2013). Az üveglemezt az 1923-tól felváltó nagyfelbontású légi filmek jelentősen megkönnyítették a fotórepüléseket (SCHNEIDER 1974, 6).

Amíg O.G.S. Crawford képzett régész volt és A. Poidébard sem csak a levegőből kutatta és légi fotók alapján publikálta a római kori emlékeket, a fényképész-térképész Neogrády-nak régész-támogatóra lett volna szüksége felderítéseire rendszeressé tételéhez és régészeti feldolgozásához. Szalay Ákossal dolgozott együtt, aki a dunabogdányi római *castellum* ásatásánál hazánkban először használt fel légi felvételeket, mégpedig minden bizonnyal Neogrády S. fotóit (SZALAY 1933, vö. ERDÉLYI-SÁGI 1984, 274). Szalay tragikus halálát követően Neogrády legfőbb mentora, Márton L., a Magyar Nemzeti Múzeum címzetes igazgatója volt. Feltehetően az utóbbi őskor iránti elkötelezettségének köszönhető, hogy a római kor mellett gyakran jelennek meg őskori lelőhelyek (pl. Nagyberki – Szalacska (10. ábra), Tihany – Óvár, Balatonboglár, Vál, Nagydém) Neogrády felvételein (NEOGRÁDY 1948-1950). 1934-ben azonban váratlanul Márton L. is meghalt, így Neogrády támogató nélkül maradt. Vállalkozása az „Aerofotó Neogrády” sem lett sikeres, legutolsó ismert felvétele 1940. júniusában készült a Sajónémeti földvárról (NEOGRÁDY 1948-1950, 326).

Neogrády nem ismerte O.G.S. Crawford és F. Keiller 1928-as könyvét, csak Crawford (és társai) egy későbbi munkáját (BUTTLER et al. 1938), így azt hitte: „*hogy a (régészeti) légikutatás vonalán a megindulásnál a külföldet bizonyos mértékig megelőztük*” (NEOGRÁDY 1948-1950, 289). Az adatok összevetése alapján ez biztosan nem így volt, azt azonban kijelenthetjük, hogy a hazai munkálatok ugyanabban az évben, 1924-ben kezdődtek el, mint Angliában, mégha a legkorábbi – Neogrády tanulmányában fennmaradt fotók – csak 1928. júliusi keltezésűek is. Ez azt jelenti, hogy rendelkezésünkre álló információk alapján a közép-európai régióban minden valószínűség szerint az elsők között ő végzett légirégészeti kutatásokat (vö. VISY 2013, 166, SZABÓ 2018, 68-73). Más kérdés, hogy Neogrády közölt felvételei néhány kivétellel (pl. Sárkeresztúr, római út, NEOGRÁDY 1948-1950, 310-311) – régészekről

(vö. CZAJLIK 2020, 31), és/vagy L.F. Marsigli (1726!) mappáiról (Dunapentele (ma Dunaújváros), Ko(s)zider asztal, NEOGRÁDY 1948-1950, 299) származó információk alapján készülhettek, miközben Crawford, vagy Poidébard nagykiterjedésű, korábban ismeretlen lelőhely-komplexumokat fedezett fel és térképezett. Régészeti felkérésre készíthette el a Magyar Királyi Légierő a korábban említett százhalombattai felvételeket a vaskori halomsírmezőről, illetve Hódmezővásárhely – Nagytatársánc légi fényképezését. Az utóbbi kezdeményezője Banner J. volt, aki terepi kutatásaival kiegészítve 1940-ben fotótérképként publikálta az eredményeket (BANNER 1939). 1940-ben a Légierő Parancsnokság irányítása alatt megalakult a Légi Fényképező és Kiértékelő Csoport (BAKÓ 2016), amely az elsők között készítette el a Dunamente légi felvételeit. Ezek alapján – L.F. Marsigli térképeivel összevetve – sikerült Radnai Lorándnak a római út és az őrtornyok, valamint a Nagy Fehér Szék nevű, akkor még szántatlan területen egy nagyobb település meghatározása Dunapentelénél (RADNAI 1940). Hasonlóképpen az 1940-es években készült térképészeti célú katonai légi fényképek segítségével vált lehetségessé a daciai limes Meszes-hegységi szakaszának meghatározása (RADNÓTI 1944-1945).

Érdekes adalék a térség légirégészeti kutatásához, hogy O. G. S. Crawford 1931-ben és 1932-ben Romániába látogatván a Csörsz-árok rendszeréhez tartozó jelenségekről szerzett tudomást: „... *two long linear earthworks between the Siebenburgen mountains on the east and the Theiss on the west ...*” (CRAWFORD 1950, 218-219).

## **2.5. Légirégészeti kutatások Európában 1945-től az 1990-es évekig**

### **2.5.1. A ferde tengelyű légi fényképezés elterjedése**

A II. világháború előtt Magyarországon a régészeti célú légi fotókat (lásd pl. Százhalombatta és Hódmezővásárhely – Nagytatársánc esetében) függőleges kameratengellyel készítették (HOLL – CZAJLIK 2013, 27 és BANNER 1939), csakúgy, mint a pannoniai (RADNAI 1940),

vagy a daciai limes térképészeti célú felvételeit (RADNÓTI 1944-1945). Neogrády Sándor 1948-ban egyenesen értelmetlennek tartotta a ferde tengelyű felvételek készítését: (a képeknek) „*függőlegesen kell készülnie. Ferde-tengelyű, úgynevezett panorámafelvételeknek nincsen olyan jelentőségük, legfeljebb festőibb és laikusok részére élvezhetőbb képet mutatnak.*” (NEOGRÁDY 1948-1950, 289).

Azonban éppen ezzel a „laikus” módszerrel kísérletezett Neogrády kortársa, G. W. G. Allen 1932 – 1939 között. A Temze-völgyében végzett kutatásai során rájött, hogy a növény-jelek azonosításában jóval eredményesebb a ferde tengelyű, mint a vertikális légi fényképezés. Kitapasztalta a vegetációs ciklus alkalmas időablakait és a napszakok jelentőségét a régészeti jelenségek azonosításában (GOJDA 2020, 69). Az akkor új módszer (11. ábra) terjedését paradox módon éppen a háborús tapasztalatok segítették. Az angol és amerikai vadászpilóták által a II. világháborúban kialakított „*strafing*” technika alapján, alacsony repülési magasságból, a repülési irányt gyakran változtatva, körözve, az azonosított régészeti jelenséget folyamatosan megfigyelve, a legkedvezőbb pozícióból készülhettek el a fényképek (vö. GOGUEY – SZABÓ 1995, 14, 91). Alkalmazását, a ferde tengelyű fényképezésnek az 1970-es évekre a felderítő légirégészetben való általánossá válását nagyban segítette az erős és jól manőverezhető sportrepülőgépek (pl. Cessna, Robin) elterjedése. A kisgépek fedélzetén azonban legfeljebb középformátumú (6x4,5, 6x6, vagy 6x7 cm-es, pl. Hasselblad, Mamiya), de inkább kisformátumú (24x36 mm-es, pl. Leica) professzionális kézi kamerákkal lehetett dolgozni. Ugyanakkor felgyorsult a régészeti jelenségek megörökítése, növelve a repülések hatékonyságát. További előnye a módszernek, hogy bár sok neves régészeti felderítő eredetileg pilóta volt (pl. O. Braasch, R. Goguey), mégis egyre több régész dolgozhatott a repülőgépeken, - általában a felderítő és a fényképezési feladatokat átvéve.

A régészeti célú légi fényképezés első nagy korszaka a II. világháborúval lezárult. Az „*út-törők*” a szó szellemi és fizikai értelmében egyaránt igen bátor, elhivatott, egyesek közülük már-már kalandor-hajlamú személyiségek

voltak. A repülés és főként a fotótechnika, továbbá fotogrammetria (lásd bővebben: SZABÓ 2018, 86-87) fejlődését kihasználva, sok más diszciplínával együtt, sőt gyakran más tudományos kutatásokat megelőzve mutattak példát a régészetben egy, a háborúknak „*köszönhető*” technológia békés alkalmazására.

### **2.5.2. Szisztematikus légirégészeti kutatások Európában 1945-től az 1990-es évekig**

Neogrády S. összefoglaló tanulmányában nemcsak a háború előtti kutatások történetét, az általa ismert nemzetközi hátterét írta meg, hanem hírt adott a Szovjetunióban, az Aral-tó-tól délnyugatra, az egykori Hvárezm területén közvetlenül a II. világháború után lefolytatott légirégészeti expedícióról (NEOGRÁDY 1948-1950, 384). Sz. P. Tolszov vezetésével 1946 júliusa és októbere között négy misszióval vizsgálták a sivatagos terület egykori csatorna-rendszereit, ókori és középkori településeket, várakat azonosítottak (TOLSZTOV 1950, 41-66).

Ami az európai országok háborút követő légirégészeti kutatásait illeti, gyors fejlődésről csak Nagy-Britanniában, (pontosabban Angliában) beszélhetünk. J. K. S. St. Joseph (1912-



12. ábra. J. K. S. St Joseph angol régész, geológus és RAF-veterán (1912 - 1994), a Cambridge-i Egyetem régészeti légi fotó gyűjteményének (CUCAP) létrehozója. Az Upper Tisza Project keretében az 1990-es évek elején Magyarországon is készített légi fényképeket



13. ábra. Középkori szántóföldek művelési nyomai Angliában (BERESFORD – St. JOSEPH 1958)

1994) régész, geológus és nem utolsó sorban a RAF korábbi légi fénykép értelmezője (12. ábra) már 1944 decemberében egy 3-4 éves programot vázolt fel (St. JOSEPH 1945, 59). Így jött létre 1947-ben az első komoly, és közel 500.000 felvételével máig az egyik legnagyobb régészeti légi fotó gyűjtemény a Cambridge-i Egyetemen (Cambridge University Collection of Aerial Photography (CUCAP). A gyűjtemény kialakításának célja nem pusztán a régészeti adatgyűjtés volt, az újfajta értelmezésre is lehetőséget adott. Sőt, M. W. Beresford és J. K. S. St. Joseph 1958-ban megjelent, a középkori Angliáról írt monográfiája nemcsak a régészek, hanem a történészek és a történeti földrajz kutatói számára is mérföldkőnek bizonyult. A légi felvételek segítségével ugyanis a múlt gazdasági tevékenységének helyszínei, tágabb értelemben a fizikai környezet egykori használatának módja (13. ábra) vált tanulmányozhatóvá (BERESFORD – St. JOSEPH 1958).

A Nagy-Britanniában rendkívül sikeres módszer kontinentális adaptálásában komoly szerepe volt az 1940-es évek 2. felében lezajlott apuliai projektnek. A II. világháborúban pilótaként Itáliában szolgáló J. S. P. Bradford ismerte fel a különféle talaj- és főként a növény-jelek igazi jelentőségét (BRADFORD 1957). Hasonlóan nagy szerepe volt Franciaországban a kutatások megindításában R. Chevallier-nek (1929 - 2004), aki 1961-től volt az École pratique des hautes études (Párizs) oktatója. Több kézikönyvet írt a légirégészetről

(pl. CHEVALLIER 1964, 1971) és tanulmányt a római földbirtokrendszer kutatásáról Tunéziában (CHEVALLIER 1958).

Fontos rögzíteni, hogy Nyugat-Európában sem csak a II. világháború akadályozta az 1930-as években megkezdett régészeti célú repülések folytatását, hanem – főként eleinte – a kontinens nyugati felén is fennálló korlátozások. Franciaországban (GOGUEY 2004) és Olaszországban csak az 1950-es évek második felétől, Nyugat-Németországban (BRAASCH 1997, 29-31; LEIDORF 1996, 35) és Ausztriában H. Friesingernek köszönhetően az 1960-as évektől (DONEUS et al. 2013b, 18), Belgiumban az 1960-as évek közepétől (LÉVA 1999, 111), Svájcban pedig 1988-tól (LECKEBUSCH – NAGY 1999, 156) alakult ki a rendszeres légirégészeti tevékenység.

Franciaországban az 1950-es évek végétől számos régióban kezdődtek szisztematikus kutatások (DELÉTANG 1999, 5), közülük nemzetközileg a legismertebbé R. Agache (1926 – 2011; Champagne és Picardie), R. Goguey (1921 – 2015; Bourgogne és Alsace) és H. Delétang (Loir-et-Cher) eredményei váltak. A két világháború közötti kisebb próbálkozásokat követően Németországban 1960-ban indultak meg a tervszerű légirégészeti kutatások, I. Scollar (1928 - 2021) vezetésével. Dél-Németország jelentős részén, különösen Bajorországban óriási mennyiségű (több mint 20.000) új lelőhely azonosítása fűződik O. Braasch-hoz (1936 - 2021). Az ő és K. Leidorf munkájának köszönhetően a Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege régészeti légifotói már az 1990-es évek közepén meghaladták a 700.000 darabot, ami így a világ egyik legnagyobb hasonló profilú gyűjteményévé vált (LEIDORF 1996, 35-37).

Közép-Európában, a szocialista országokban sem voltak mindenütt azonosak a lehetőségek (vö. VISY 2013, 168). Csehszlovákiában már 1949-ben sikeres légi fényképezésre került sor a Podoli – Žuraň-nal talált langobard királysír kutatásánál (VISY 1997, 24). Ebben bizonyára szerepet játszott az, hogy J. Böhm, a II. világháború előtti időszak egyik vezető cseh régésze külön tanulmányban hívta fel a figyelmet a módszer fontosságára (BÖHM 1939,



14. ábra. Sântana (Arad megye, Románia, 1965. augusztus 18). Kora vaskori erődítés-rendszer (STEFAN 1999, 264)

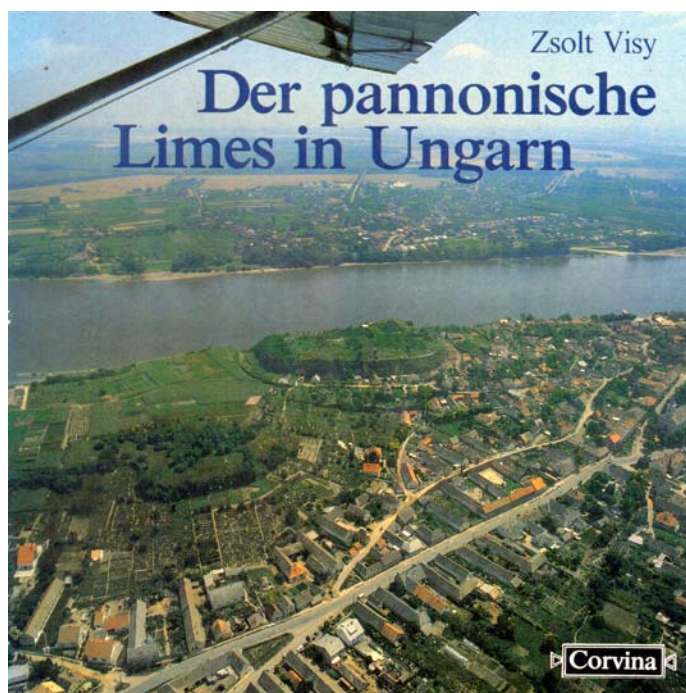
vö. GOJDA 2020, 70-71). Az 1950-es évek végén indult meg a szláv várak (Mikulčice, Pohanská, Sady) légi fényképezése (VISY 1997, 24) és 1961-ben a Prosiměřice-i kora bronzkori erődítésről is készültek légi fotók (PERNICKA 1961).

A kutatások folytatásában minden bizonnyal fontos szerepe volt a Prágában 1967-ben megrendezett francia légirégészeti kiállításnak (HÁSEK 1968). Az 1970-es években folytatódó repülések (PAVELCIK 1976, ČERNÝ 1978) mellett kuriózumnak számított Těšetice-Kyjovice újkőkori lelőhelyének légi fényképezése, ami egy távirányítású modellrepülőgép segítségével valósult meg (VISY 1997, 24). Egyes, felderítő kutatásokból származó információk már az 1970-es években napvilágot láttak (SEDLÁČEK – VENCL 1975), azonban az első szisztematikus légirégészeti programot M. Bálek és J. Kovárník indította 1983-ban (PLATICOVÁ 2010). Eredményeiket csak kisebb, cseh nyelvű közlésekben jelentették meg, így a nemzetközi kutatás a cseh-

országi lehetőségeket elsősorban M. Gojda 1990-es évek elején elkezdett munkája révén ismerte meg (GOJDA 1994).

Lengyelországban az 1960-as években kezdődött újra a légirégészeti tevékenység, főként kora középkori várak – gyakran helikopteres – kutatásával. Az 1970-es – 80-as években már egyre nagyobb számban használták a katonai és polgári térképészeti célú légi felvételeket (RĄCZKOWSKI 2005, 154-155).

Romániában az 1970-es évektől egészen 1986-ig rendszeres légirégészeti tevékenység folyt (STEFAN 1986, vö. CZAJLIK et al. 2020, 7-8), miközben számos szocialista országban csak nagyon korlátozottan volt lehetőség régészeti repülésekre egészen az 1990-es évek elejéig. Csehszlovákiához hasonlóan általában a már ismert lelőhelyek légi fényképezését folytatták. Így az egyik legfontosabb eredményt az 1965-ös vertikális légi felvételeken már jól azonosítható Santana-i őskori erődítés kutatása jelentette (STEFAN 1999, különösen 262-265, 14. ábra).



15. ábra. Visy Zsolt pannoniai limesről írott, 1988-ban megjelent könyvének borítója. A mű jelentős részben légi fényképes kutatásokra támaszkodik. Szentgyörgyi György felvétele Dunaszekcsőt (Baranya vármegye) ábrázolja, a limesút a 6-os főúttal párhuzamosan futott, a háttérben, a Duna-parton őskori földvár, a későbbi Lugio/Florentia auxiliáris-tábor látható (VISY 1988)

### 2.5.3. A hazai kutatások 1945-től az 1980-as évek végéig

Neogrády S. korábban többször idézett, metodikai szempontból is úttörő munkájához (NEOGRÁDY 1948-1950) képest visszalépetést jelentettek a magyar légierő által, 14 magyarországi kövarról készített, ferde tengelyű, dokumentációs célú légi fényképek. 1955-ös publikálásuk azonban az akkori lehetőségeket, azaz a polgári célú légi fényképezés teljes tiltását figyelembe véve mégis fontos volt (GERŐ 1955). Csakúgy, mint Gunst P. 1958-ban közölt ismertetése M. W. Beresford és J. K. S. St. Joseph korábban már említett monográfiájáról (GUNST 1958), amelyre azonban akkor kevesen figyeltek fel.

Minthogy ferde tengelyű régészeti célú légi fényképezésekre egészen az 1980-as évekig nem volt lehetőség, a Tisza II. vízlépcső építését megelőzően, illetve a meg nem valósult nagymarosi gát előkészítése során ortofotózások történtek, ezek alapján igyekezett Patay P. régészeti lelőhelyeket azonosí-

tani (PATAY 1968, 1971). Jóval sikeresebbnek bizonyult a Csörsz-árok kutatása, meghozva azt a tapasztalatot, hogy térképészeti célú légi felvételekkel viszonylag könnyen azonosíthatók a hosszú vonalas objektumok (GARAM et al. 1983, 2003).

Hasonlóképpen, az 1970-es és 80-as években, nagyrészt térképészeti célú archív légi felvételek segítségével sikerült Visy Zsolt-nak a pannoniai limes számos útszakaszának, őrtornyának és táborának/erődjének azonosítása (VISY 1978, 1988, 1989, 2000, 2017). A térképészeti célú archív légi fotók felhasználása mellett Visy Zs. *limesről* szóló munkáiban ferde tengelyű felvételeket is találunk (pl. VISY 1988, 65, 73, 75, 80, 84, 123; 15. ábra). Az eredmények – először a hazai légitérészeti kutatásban – jelentős nemzetközi publicitást nyertek, hiszen a XII. Limeskongresszushoz kapcsolódóan a dunaujvárosi Intercisa Múzeumban 1976-ban kiállítás jött létre (VISY 1978, 1981).

Ugyancsak az 1970-es évek közepén kezdődött a Szombathely környéki római kori úthálózat szisztematikus térképezése, amelynek során archív légi fényképeket is felhasználtak (CSERMÉNYI – TÓTH 1984, 176).

Ebben az időszakban publikálta Erdélyi B. részletes módszertani tanulmányát a témakörben (ERDÉLYI 1982), sőt neki és Sági Károlynak köszönhetően elkészült az első részletes, számos ponton forrásértékű kutatástörténeti közlemény is (ERDÉLYI – SÁGI 1984). Az 1980-as évek végétől pedig újra lehetőség nyílt a régészeti célú légi fényképezésre. Talán nem véletlen, hogy eleinte a térképészetben alkalmazott módszerekhez hasonlóan készültek a felvételek, példaként Csáky Gy. Öcsöd – Kováshalomról (RACZKY 1990, 75) és Nagyrév – Zsidóhalomról (BÓNA 1994, 9) készített felvételeit említjük. Ugyanakkor a Békés megyei régészeti topográfiai kapcsolódó tájrégészeti munkálatok során már ferde tengelyű felvételek is készültek (CUCARZI 1992, 20-23; JEREM et al. 1992, 63-65) és ugyanezt a módszert alkalmazta Zalai-Gaál I. a dél-dunántúli újkőkori körárok kutatásában (ZALAI-GAÁL 1990).

## **2.6. Légi fényképes kutatások Közép - Európában az 1990-es években**

Amint azt korábban kifejtettük, egyre több adattal rendelkezünk arra vonatkozóan, hogy a közép-európai térségben sokféle kezdeményezés, sőt a fokozatosan bővülő lehetőségekkel egyes országokban (egy ideig Romániában, bővülő mértékben Ausztriában, Csehszlovákiában és Lengyelországban) már-már rendszeres légirégészeti kutatások alakultak ki az 1980-as évek végére. Ugyanakkor az is megfigyelhető, hogy ezek a kezdeményezések egymástól részben elszigetelten folytak, részben a nyugat-európai technológiai lehetőségektől erősen elmaradtak. Az eredmények jelentős részét legfeljebb a nemzeti nyelveken publikálták, így a nyugat-európai kutatás számára a terület – néhány kivételtől eltekintve – *terra incognita* maradt. Óriási problémát okozott továbbá az a tény, hogy amíg Nyugat-Európában – akkor már kb. 30 éve – fokozatosan szabaddá vált a repülés, addig Közép – Európában csak a semleges Ausztriában lehetett már a vasfüggöny lebontása előtt a nyugat-európai módszereket megismerni és alkalmazni. Komoly akadályt jelentett ebben, hogy a 90-es években – Ausztria kivételével – sem a repülési infrastruktúra, sem – néhány kivételtől eltekintve – a régészek számára elérhető fotótechnika nem állt rendelkezésre.

Az 1990-es évek közép-európai rendszerváltásainak egyik fontos hozadéka volt a légtér polgári célú használatának megnyitása, ami számos országban tette lehetővé légirégészeti kutatási programok létrejöttét (összefoglalóan lásd pl. OEXLE 1997). Ezzel nemcsak a vasfüggöny mögötti országok kutatóinak régi vágya teljesült, O. G. S Crawford már az 1930-as évektől a lehető legnagyobb kooperációt szorgalmazta, ezért járt Németországban és Romániában is (MASON 2016).

Crawford utódai ezt hasonlóképpen látták. A nyugat-európai kutatóknak nemcsak a tapasztalataira, hanem a fényképezőgépeikre, a műholdas vevőikre, sőt eleinte a repülőikre is szükség volt számos országban ahhoz, hogy az első komoly eredmények megszülessenek. Ezt szolgálták a nemzetközi oktató-táborok, amelyek közül az egyik legjelentősebb 1996-

ban Siófokon, Bálint Cs. és Visy Zs. szervezésében, magyar részről Bertók G., Miklós Zs. és Zatykó Cs. részvételével zajlott le (BEWLEY et al. 1996, VISY 1996). Később a hazai kutatók válhattak oktatóvá, az utolsó, 2011-es kostolaci (Szerbia) tréning gyakorlati képzésében már Czajlik Z. és Rupnik L. (ELTE) is részt vettek.

Atudás-átadásban a legaktívabbak O. Braasch (az egykori NDK-ban, valamint Magyarországon mellett Ausztriában, Csehszlovákiában, Lengyelországban és Svájcban), R. Goguey (Magyarország mellett Csehszlovákiában), R. Palmer (Csehszlovákiában, Magyarországon, Horvátországban, Szerbiában, Romániában, Örményországban) és D. Grosman (Szerbiában) bizonyultak. Az együttműködés eredményeképpen számos fiatal közép-európai kutató kapott egyéni kiképzést (M. Gojda, W. Raczkowski, Bertók G., I. Oltean és V. Glavas Nagy – Britanniában, Czajlik Z. pedig Franciaországban).

Az 1990-es évek nagy nemzetközi projektjeinek fontos eredménye, hogy Közép – Európa kutatási lehetőségeit ma már egész Európában ismerik és elismerik. Ennek is köszönhetően M. Gojda (Csehország), M. Doneus (Ausztria), W. Raczkowski (Lengyelország) és I. Kuzma (Szlovákia) már az 1990-es években a szakterület vezető kutatóivá váltak.

## **2.7. A rendszeres magyarországi kutatások kialakulása az 1990-es évektől**

A rendszeres hazai kutatások kialakulásában meghatározó szerepe volt annak a két bilaterális együttműködésnek, amelyek kezdetei az 1990-es évek elejére nyúlnak vissza. Az ELTE BTK RTI Légirégészeti Archívuma R. Goguey 1993-2000 közötti kutatásaihoz (16. ábra; GOGUEY – SZABÓ 1995; GOGUEY 1995, 1997, 2000; összefoglalóan CZAJLIK 2007), a PTE BTK Légirégészeti Tékája pedig O. Braasch 1994-2010 közötti misszióihoz (BRAASCH 1995, 1997, 2003; összefoglalóan: SZABÓ 2018, 163-165) kapcsolódva jött létre. A kooperációban közvetlenül résztvevő hazai kutatók (Budapesten Czajlik Z., Pécsen Bertók G., majd Szabó M.) más módon nagyon nehe-



16 ábra. Százhalombatta – Százhalom (Pest megye), a 120-as halom és környéke. A magyar-francia légirégészeti együttműködési program egyik első felvétele (1993. június 13, R. Goguey)

zen elsajátítható gyakorlati tudásra tettek szert a külföldi kutatókkal folytatott közös repülések, illetve a felvételek földrajzi azonosítása és elemzése során.

Más utat követett Miklós Zs. Első repülései Tolna megyében (Őcsény – Oltovány, 1990; Kurd – Sánc, Tevel – Schanzberg és Váralja – Várfő, 1991), az Őcsényi Repülőklub segítségével (MIKLÓS 2001, 14) voltak. A klub egyik legképzettebb, a műrepülésben is jártas repülővezetője volt Talabos G., akivel Miklós Zs. pályafutása során mindvégig együtt dolgozott, a várak légi fényképezésének hatékony módszereit közösen alakították, fejlesztették ki. Miklós Zs. számára a földvárkutatás eredményes folytatása a kezdetektől megkövetelte, hogy ne csak a kora nyári időszakban (amelyet a külföldi kutatók az új lelőhelyek azonosítása miatt kizárólagosan használtak), hanem egész évben foglalkozzék a légirégészettel. Így az 1990-es években a hazai kutatók közül egyedül ő volt az, aki nemcsak a növényzeti jeleket figyelhette meg, hanem a különböző

felszínborítási és időjárási viszonyokhoz alkalmazkodva, komoly gyakorlatra tett szert a tavaszi és az őszi, majd a téli légi fényképezések során (17. ábra).

Köszönhetően a gyorsan kialakuló szakmai kapcsolatoknak, a magyarországi légi fényképezéses kutatásban résztvevő kutatók már az 1990-es években nemzetközi konferenciákon vehettek részt Potsdamban (1994; GOGUEY 1995, VISY 1995) és Oxfordban (1995), illetve ezt követően a szakterület legfontosabb nemzetközi szervezete, az Aerial Archaeology Research Group (AARG) éves találkozóin. E folyamat egyik fontos elismerése volt, hogy 2012-ben az ELTE rendezhette meg az AARG konferenciáját Budapesten (CZAJLIK-BÖDŐCS 2013a).

A légi felvételeket könnyű volt a szélesebb nyilvánosság elé tárni, így jöhetett létre az ELTE magyar-francia együttműködésének eredményeit bemutató kiállítás a magyarországi Francia Intézetben, amely később Debrecenbe, Kaposvárra, sőt Lyonba is eljutott (GOGUEY – SZABÓ



17. ábra. Miklós Zsuzsa (1948 - 2014). Topográfiai programjaiban a rendszerváltás után azonnal alkalmazta a légi fényképezést. Várkutatóként a hazai régészek közül elsőként, már az 1990-es években minden évszakban végzett repüléseket

1995, GOGUEY 2002).

A nemzetközi együttműködés fejlesztését több európai uniós projekt segítette. 1996-1997-ben, öt ország részvételével zajlott le a Raphael program, amelyben a magyarországi eredmények Bertók G., O. Braasch, R. Goguey és Visy Zs. révén jelentek meg (OEXLE 1997). A 2000-2002 közötti, a kelta oppidumok topográfiai feldolgozását segítő *Culture 2000* programba az ELTE (Czajlik Z. és Timár L.) légi fotózásokkal kapcsolódott be (oppida.org). A *Danube Limes Unesco World Heritage* pályázatba illeszkedett a pannoniai limes részletes kutatása, amelyben Szabó M. és Visy Zs. szerepe volt meghatározó (VISY et al. 2011, FARKAS et al. 2020). A 2012-ben indult *Archaeolandscapes* projekt hazai részről Baranya megye részletes légirégészeti felderítését tűzte ki célul, ebben Bertók G. és Gáti Cs. működtek közre (BERTÓK – GÁTI 2014).

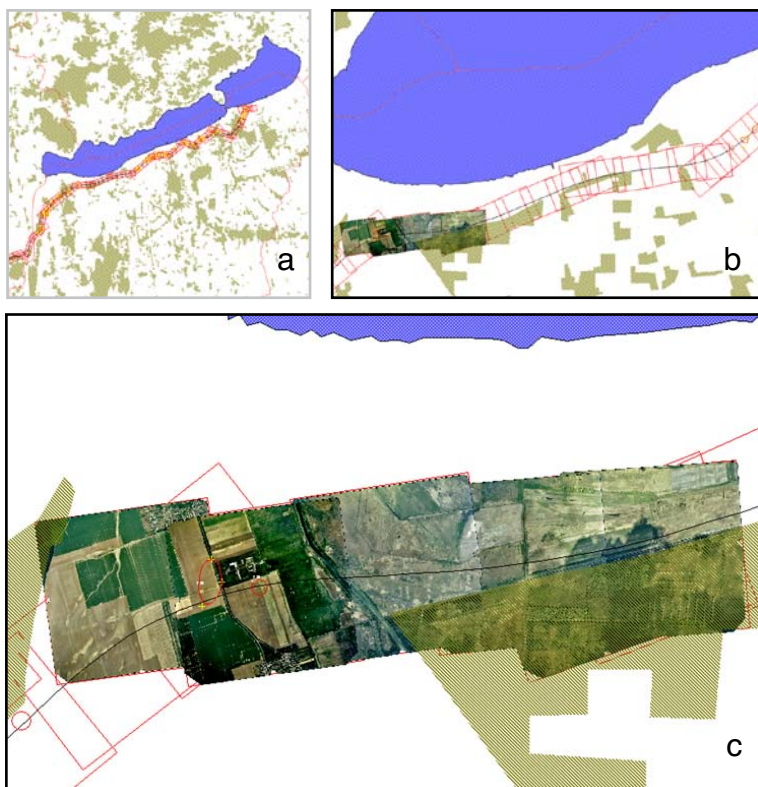
Az intenzív kutatási tevékenység és az eredmények visszaigazolásként a hazai régészetben a módszer a 2000-es évek elejére elfogadottá vált. A Régészeti Kutatások Magyarországon periodika 2002-től egészen annak megszűnéséig publikálta az ELTE, Miklós Zs., később Szabó M. évi jelentéseit. A légirégészet bekerült a hazai konferenciák témái közé (VISY 2003a), az összefoglaló művekbe (VISY 2003b, 2003c, BÖDŐCS 2009,

CZAJLIK 2009) és az új Régészeti Kézikönyvbe (MIKLÓS et al. 2011). Visy Zsoltnak (VISY 2000, 2003d) és Miklós Zsuzsának (MIKLÓS 2007) köszönhetően a légirégészet eredményeire következetesen építő monografikus feldolgozások jöttek létre.

A 2000-es évek második felében már külföldi projektek is elindulhattak. A Pécsi Légirégészeti Téka kutatói (Szabó M., Visy Zs.) 2007-2016 között Erdélyben, elsősorban a *daciai* keleti *limest* kutatták (VISY 2008, VISY et al. 2008a, 2008b, VISY 2009a, 2009b, PÁNCZÉL et al. 2011). Ugyancsak a Maros Megyei Múzeummal (később a Gyulafehérvári Múzeummal) együttműködve dolgozott 2009 – 2019 között Czajlik Z. Erdély keleti és középső részének régészeti légi felderítésén. Az utóbbi programhoz marosvásárhelyi, gyulafehérvári és budapesti kiállítások is kapcsolódtak (BERECKI et al. 2012).

A fent felsorolt eredmények az archív anyagok feldolgozásán túl döntően a kisérték ferde tengelyű légi fényképezés meghonosodását jelzik. Ugyanakkor a modern térképészeti felvételezés régészeti célú alkalmazására is volt példa. Az 1990-es évek végén és a 2000-es évek elején nyomvonalas létesítmények megelőző régészeti felderítéséhez került sor átfedéssel készült ortofotók alkalmazására. Az ELTE BTK Régészettudományi Intézetének Térinformatikai Kutatólaboratóriuma az M7-es autópálya beruházás (Zamárdi – Letenye szakasz) előzetes nyomvonal-vizsgálatában használt fel egy kb. 800 m-es magasságból készített ortofotó-sorozatot. A 23x23cm-es színes fordítós filmről készített kontakt másolatok alapján több régészeti lelőhely is azonosítható volt, annak ellenére, hogy a fényképezés a régészeti szempontból nem ideális tavaszi időszakban valósult meg (18. ábra).

A hazai kutatások 1990 utáni helyzetével kapcsolatban úgy összegezhetünk, hogy jól érzékelhető volt a nyugat-európai kutatók részéről az egész közép-európai térség iránti fokozott érdeklődés, ami a fent említett két hosszútávú együttműködés, egyszersmind két regionális szinten jelentős légifotó gyűjtemény (ELTE BTK RTI Légirégészeti Archívum, illetve PTE BTK Légirégészeti Téka) felépítését tette lehetővé. A nemzetközi programok sikeressége mellett fontos szerepe volt egyfelől a légi fényképezéssel kapcsolatos hatósági



A színes fordítós filmre (23x23cm-es képméret) készített légifotó-sorozat illesztése. A repülés 800 m-es terep feletti magasságból, a leendő M7-es autópálya tengelyvonalát követve, összekapcsolódó egyenes szakaszok révén valósult meg. A felvételek elhelyezkedését és a terepbejárással megismert lelőhelyekkel való összevetését mutatják meg a következő ábrák:

- a teljes nyomvonal a felvételek illesztési területeivel (a),
- a közel egyenes szakaszokból összeállított repülési nyomvonal, az átfedésekkel, beillesztett, rektifikált fotókkal (b),
- rektifikált, illesztett, függőleges tengelyű légi felvételek a Balatonszárszó környéki szakaszon (c),
- rektifikált, illesztett, függőleges tengelyű légi felvételek, valamint a terepbejárások során azonosított S35-ös és S36-os lelőhelyek a Balatonszárszó környéki szakaszon (d),
- az előző ábra nagyítása: az S35-ös, kiterjedés nélküli lelőhelyként azonosított terület körül lekerített négyzet alakú árkot figyelhetünk meg (e).



18. ábra. Az M7-es autópálya Zamárdi – Létenye közötti szakaszának előzetes légi fényképes dokumentációja (ELTE BTK Régészettudományi Intézet, Térinformatikai Kutatólaboratórium; rektifikálás, térinformatikai feldolgozás: Holl B., Bödöcs A., 1999)

korlátozások fokozatos csökkenésének, másfelől a technológiai lehetőségek (fotótechnika, korai GIS-alkalmazások) bővülésének.

Miközben a kisebb költséggel fejleszthető, a később utolsó generációsnak bizonyult (Kodachrome és Fujichrome) fordítós filmekre és a Leica-formátumú kézikamerákra alapozott fotótechnika az 1990-es évek folyamán gyors tempóban zárkózott fel Nyugat-Európához, aközben a repülési infrastruktúra csak a 2000-es évek közepétől, azaz az uniós csatlakozásoktól vált igazán ütőképpé a térség legtöbb országában. Sajátos módon azonban nagyjából ugyanekkorra az alig 10-15 éve átvett filmes technológia el is avult. Ezt nemcsak a digitális tükörreflexes

kamerák elterjedése okozta, hanem azoknak a nanokristályos zoom-objektíveknek a megjelenése is, amelyek rajzolata és fényereje elérte, vagy túlszárnyalta a korábbi fix objektíveket. Annak is nagy jelentősége volt, hogy az ezredfordulót követően általánosan elérhetővé váltak az olcsóbb navigációs műholdas vevők. (Rövid, szakszerű elnevezésük GNSS-vevő, minthogy azonban a hazai régészetben a GPS kifejezés rögzült, a továbbiakban ezt fogjuk használni.). Az új technikai lehetőségek pedig nagyon megnövelték a motoros kisépés légi fényképezés hatékonyságát, teljesen átalakították a fedélzeti, valamint a laboratóriumi feldolgozási és elemző munkát, ezért indokolt – immáron egész Európában – a 2000-es évek közepét-végét korszakhatárként rögzíteni.

### 3. A TÁVÉRZÉKELÉSES RÉGÉSZETET MEGHATÁROZÓ TERMÉSZETI ADOTTSÁGOK

### 3.1 Alapvető összefüggések

A régészeti célú légi fényképezés, mint módszer kereteit egyfelől a természeti adottságok, másfelől olyan, legalább 100 éves felismerések, mint az árnyékhataás, a különféle talaj-, növény-, stb. jelek határozzák meg. A természeti adottságok egy része, vagyis a földtani, geomorfológiai, talajtani háttér állandónak tekinthető, más részük viszont, így az időjárás különféle elemei nagy változatosságot mutatnak. Egy rendkívül komplex, részben egymáshoz kapcsolódó, részben egymástól független elemekből álló rendszerről van szó, aminek megismerését elsősorban a tapasztalatszerzés és intuíció tették lehetővé a pionír-generáció számára. 1998 júniusában R. Goguey az Air France menetrendszerű járatával érkezett Budapestre. A Kisalföld felett átrepülve úgy döntött, hogy még aznap délután abban a régióban kezdjük meg a felderítő repüléseket. A korábbi próbálkozások során ugyan megismertük a táj adottságait, a missziók azonban nem voltak sikeresek. A tapasztalatokon és a megérzésen alapuló stratégia helyesnek bizonyult: számos új, köztük igen látványos légi fotó lelőhelyet sikerült lefényképezni. Az utóbbi évtizedek fejleménye, hogy egy-egy terület kutatásában korábban már megszerzett tapasztalatok és intuíció mellett jobban segítik a munkát a természeti adottságokra vonatkozó, egyre könnyebben összegyűjthető információk (pl. földtani és felszínborítási térképek, csapadék-adatok, stb.).

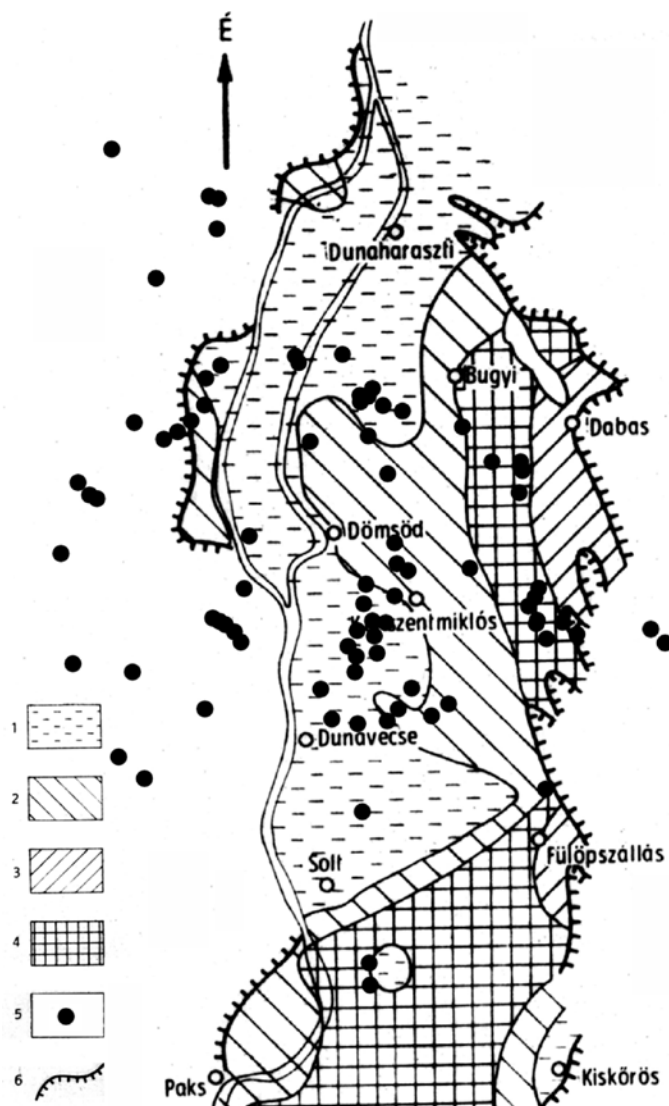
Az itt tárgyalandó alapvető összefüggések (földtani, geomorfológiai és talajviszonyok; felszínborítás és parcella-méret; csapadék), amelyek a régészeti célú légi fényképezések szempontjából döntő jelentőségűek a más platformokról végzett légi kutatásokat is meghatározzák. Az M. Gojda által „Air Survey” néven összefoglalt (GOJDA 2020) módszer-csoport a modern régészeti topográfiai kutatások önálló része, amelynek egyes eljárásait a távérzékeléses technika köti össze. A „távérzékeléses régészet” a klasszikus régészeti célú légi fényképezés mellett magába foglalja az archív légi felvételek, a drónnal készült fotók, a modern ortofotók és a műholdas rendszerek által elérhetővé vált felvételek tanulmányozását. A légi fényképes, azaz a látható fénytartományban dolgozó távérzékelés mellett terjednek a NIR (Near InfraRed, azaz a közeli infravörös), a termális (HILL et al. 2020) módszerek, léteznek

távérzékeléses geofizikai eljárások (Балков et al. 2019) és külön szakterületté vált légi lézeres letapogatáson (ALS, Airborne Laser Scanning) alapuló domborzat-modellezés.

### 3.2. A földtani, a geomorfológiai és a talajviszonyok hatása

A földtani-geomorfológiai tényezők közül a kavicsos (homokos) hordalékkúpokon kialakuló síkságok kitüntetett szerepét hosszú ideje felismerték. Először G. W. Allen szisztematikus repülései a Temze-völgyében irányították rá a figyelmet ezeknek a területeknek a kedvező adottságaira (GOJDA 2020, 67), sőt a geomorfológiai háttér mellett a vékony talajrétegek fontosságát is jelezték (BOWEN – BUTLER 1960). A kavics-hordalék szerepét svájci (LECKEBUSCH 1991), és osztrák (DONEUS 1995) szerzők is hangsúlyozták. Bajorországban (CHRISTLEIN – BRAASCH 1982, Abb. 20) és Közép – Csehországban, az Elba-medencében is nagyon eredményes ezeknek a régióknak a kutatása. Az utóbbi területen az 1993 – 2009 között növény-jelek segítségével azonosított légifotó-lelőhelyek 75%-a kavicsos-homokos zónában van, további 22%-uk pedig löszös területen (HEJCMAN – SMRŽ 2010). Egyes hordalékkúp-síkságok fontossága, különösen a Pesti-síkságé már az ezredfordulóra nyilvánvaló vált a hazai kutatásban is (19. ábra). A Champagne-ban légirégészeti módszerekkel nagy számban azonosított lelőhelyek jelentős részben az ottani nagykiterjedésű, mezőgazdasági művelés alatt álló mészkőfelszíneknek köszönhetőek (LAMBOT 1996), az utóbbiak fontosságát saját kutatásaik alapján brit szerzők is említik (RILEY 1944, 4; EVANS – JONES 1977, 75).

A földtani háttérnek alapvető hatása van a geomorfológiai viszonyokra. Champagne kivételével Európában mindenütt megfigyelhető, hogy az újonnan azonosítható lelőhelyek jelentős része az alluviális síkságokon, illetve a medenceterületeken (pl. CZAJLIK et al. 2014) található. A hazai tapasztalatok alapján ez egyfelől nem jelenti azt, hogy minden alluviális terület jól kutatható, másfelől a dunántúli meridionális völgyekben és dombháton, illetve más dombvidékeinken is viszonylag jó eredmények érhetők el. Hasonló kettőség más, jobban kutatott régiókban is megfigyelhető, - Ausztriában a Lajta völgy kutatása volt kiemelkedően sikeres (DONEUS – GRIEBL



19. ábra. R. Goguey által 2000-ben azonosított légi fotó lelőhelyek Budapest és Kalocsa között, Erdélyi M. 1955-ben publikált (ERDÉLYI 1955) üledékföldtani térképére vetítve (GOGUEY et al. 2000, 6. kép). Jelmagyarázat: 1. 0–10 m kavicsréteg; 2. 10–20 m kavicsréteg; 3. 20–30 m kavicsréteg; 4. 30–40 m kavicsréteg; 5. légrégészeti lelőhely; 6. A Dunavölgy morfológiai határa. A lelőhelyek többsége a kavics hordalékkúp síkságon található, noha a kutatási intenzitás a Duna jobb partján nagyobb volt

2015), ugyanakkor Alsó-Ausztria dombvidékein is sok lelőhely azonosítható. A geomorfológiai háttér elemzésének érdekes sajátossága, hogy maga is felhasználója a távérzékeléses, így a légi fényképes adatoknak. Ennek egyik szembetűnő példáját jelentik a hazai alluviális területeken vegetációs időszakon kívül azonosítható, egész régiókra jellemző egykori meanderek sorozatai (TÍMÁR et al. 2005). Sőt, nemcsak a vertikális felvételeken, hanem a régészeti célú légi fényképeken is számos esetben figyelhetünk meg geomorfológiai szempontból releváns információkat, amelyek felhasználásával, illetve a régészeti és

geomorfológiai információk és összefüggések tudatos dokumentálásával a repülések során, georégészeti elemzések készíthetők (CZAJLIK et al. 2014).

Természetesen a talaj-adottságok nem függetlenek a földtani/geomorfológiai háttértől, mindazonáltal az alluviális területek talajviszonyai egymástól nagyon különböznek és egy-egy régió belül is változatosak lehetnek, ami megnehezíti a fent leírt összefüggések talajtípusokkal való összekapcsolását. Csehországban a gabonák növekedési eltérései legjobban a homokos talajok esetében látszanak, ezzel szemben – R. Evans és R. J. Jones (1977) idézett eredményeivel összhangban – agyagos talajokon ezek az eltérések jóformán egyáltalán nem detektálhatók (GOJDA – HEJCMAN 2012). Magyarországon, a nagyobb adatsorokon, statisztikai módszerek alkalmazásával végzett összehasonlítás érdekes eredményre vezetett. A három mintaterület (Duna – Tisza-köze, Sió – Sárvíz-völgy, Rábaköz) elemzése különböző faktorok jelentőségét emelte ki az egyes zónák esetében, azaz a talajtípusoknak a légi fotó lelőhelyek azonosíthatóságára csak közvetett, más tényezőktől is függő hatása van (CZAJLIK et al. 2021). Érdekességként megemlíti, hogy ebben a munkában egy olyan talaj-adatrendszert használtunk fel, amely maga is részben távérzékeléses adatok alapján készült el (PÁSZTOR et al. 2018).

A közép-európai térségben fontos alapkutatásokat végzett el G. Stunk-Lichtenberg. Különböző talaj-adottságú (kavicsos/homokos, vulkanitos és löszös) területeken vizsgálta a talaj-rétegekbe mélyített régészeti jelenségek kitöltésének különbségét a környező, természetes talajszerkezetekhez képest. Kavicsos/homokos és löszös területeken is azt tapasztalta, hogy a kitöltésben a szemcseméret kisebb, ami lényegesen nagyobb szemcsefelszínt jelent, ezen keresztül magasabb víztartalom megtartását teszi lehetővé. A vulkanitos területen az objektumok kitöltésében magasabb volt a biológiai aktivitás, nagyobb az átszellőzés, ezen keresztül magasabb vas-oxid tartalom volt tapasztalható, ezen faktorok révén magyarázatot adva a sötétebb szín kialakulására. Mindezek a különbségek a felszín közelében nem, vagy alig, nagyobb mélységben (70 cm) viszont határozottan jelentkeztek (STUNK-



20. ábra. Veszvény határa (Győr-Moson-Sopron vármegye). Ismeretlen korú település nyoma a gabona-táblában, egy korábbi vízfolyás partján. Az érett gabona sötétre színeződött részein éles határú, világos, magassági eltéréssel is jelentkező régészeti jelenségek és ezeknél kevésbé kontúros, csak színeltérés alapján észlelhető foltok vannak. Az utóbbiak esetleg lokális, talajkémiai eltérésekre utalhatnak. Czajlik Z. légi felvétele, 2020. június 30.

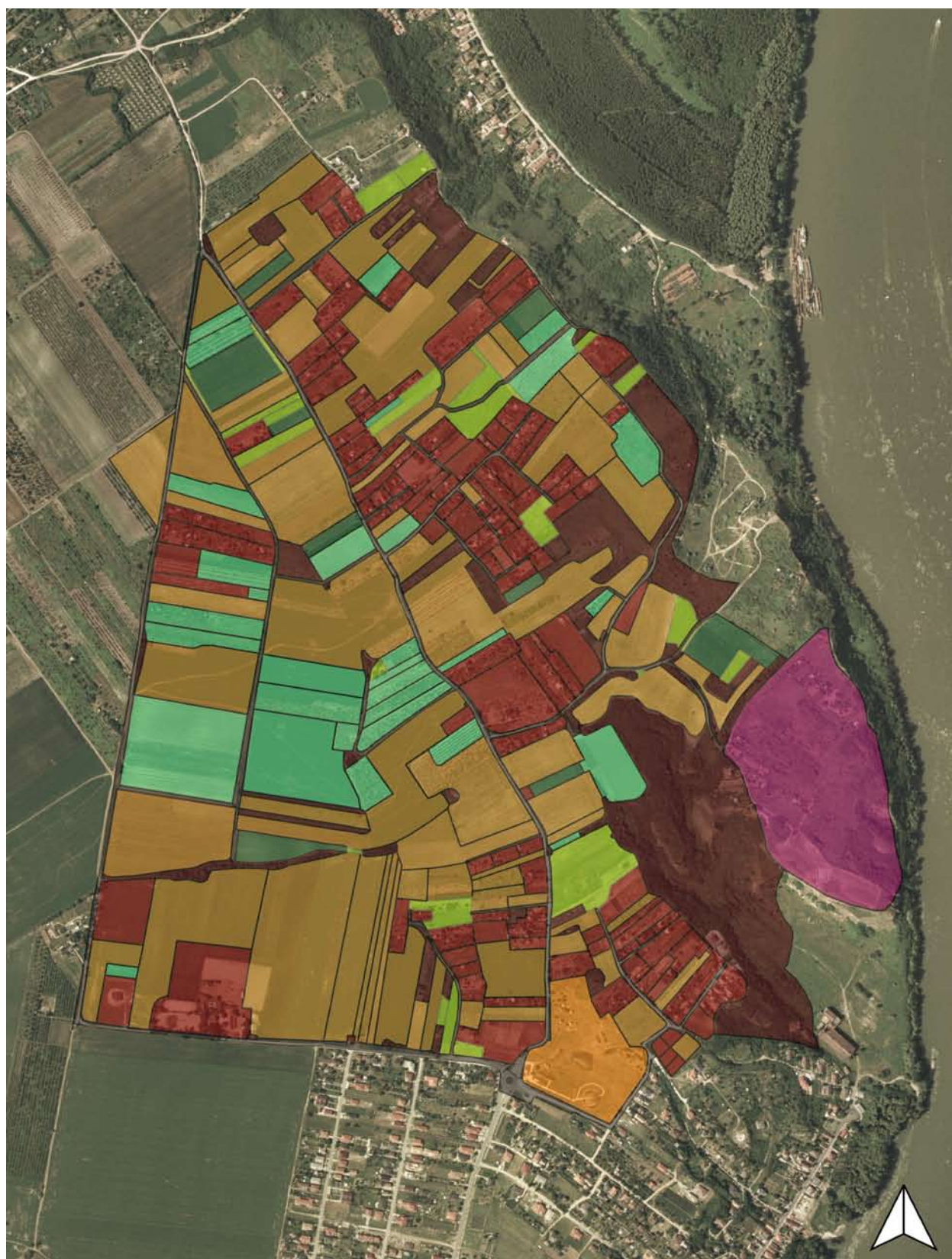
LICHTENBERG 1965). Harminc évvel később H. Stanjek és J. Fassbinder löszös területeken vizsgálták tovább a kérdést. A legfeltűnőbb eltérést a szervesanyag-tartalomban mérték, - a régészeti kitöltésekben 100-160-szoros emelkedést tapasztalva (STANJEK – FASSBINDER 1996). Ezek az eredmények jól korrelálnak G. Stunk-Lichtenberg korábbi eredményeivel.

Újabban a kérdéskör kémiai aspektusa került előtérbe. A növény-jelekkel kapcsolatos legfontosabb talajkémiai vizsgálatok Csehországban folytak. M. Hejzman és szerzőtársai (2013) kimutatták, hogy a talaj pH-értékében és tápanyag-ellátottságában megfigyelhető eltérések összefügghetnek az egykori őskori településeken folytatott tevékenységgel. Ott, ahol a tavaszi árpa régészeti jelenségeket jelzett, magasabb szervesanyag-tartalmat, pH-t, P, Ca, Mg, Cu és Zn-értékeket mértek az altalajban és ezeken a szántóföldeken a fenti értékek általában is magasabbak voltak. M. Gojda és M. Hejzman kutatásai alapján a pozitív növekedési eltérés különösen jellemző a temetkezések felett, aminek

oka az eltemetett testből származó foszfor lehet (GOJDA – HEJCMAN 2012). Magyarországon a növény-jelek és a talajkémiai háttér összefüggéseire vonatkozó vizsgálatok tudomásunk szerint még nem történtek. Egyes, légi fényképezéssel azonosított települések esetében sejthető, hogy a régészeti jelenségek háttérében megmutatózó növényzeti inhomogenitás egy részét lokális talajkémiai eltérések okozhatják (20. ábra).

### 3.3. A felszínborítás és a parcellaméretetek hatása

Közép – Európában a felszínborítással kapcsolatos adatok három nagy csoportba sorolhatók: a beépítésre került területek, az erdővel, bokrokkal, gyümölcsösökkel/szőlőkkel, legelővel, kaszálóval hasznosított, nem vagy csak lassan változó zónák és végül az intenzív mezőgazdasági művelés alatt álló föld-darabok. Települések környezetében a beépítést megelőzi, vagy sajátos beépítésnek fogható fel a zártkert



### Jelmagyarázat

|                    |                   |                                                     |
|--------------------|-------------------|-----------------------------------------------------|
| szántó             | elkerített telkek | dűlőút                                              |
| rét/legelő         | szőlő             | régészeti park területe                             |
| fás/bokros terület | gyümölcsös        | erődített telep (a jelenlegi nyilvántartás szerint) |

0 200 400 600 m

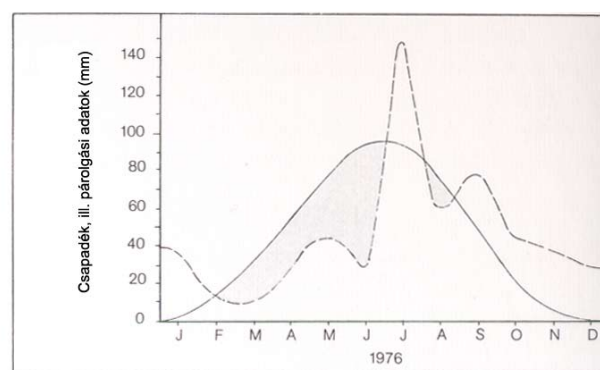
21. ábra. Felszínborítási/területhasználati típusok az Érd/Százhalombattai platón (Rupnik L., 2019, cf. CZAJLIK et al. 2023, 4. ábra). Részben a lelőhely-komplexum méretei, részben a rendkívül mozaikos és változó területhasználat miatt az 1993 óta folyó intenzív légi fényképezések ellenére mindmáig új részletek figyelhetők meg a levegőből

használat, ami légi fényképes szempontból majdnem annyira nehezen kutatható, mint a nagyvárosok. A lassan változó felszínborítású zónák légi fényképes kutathatósága nagyon különböző. A bokros/bozótos fedettségű és a tűlevelű erdővel borított területeken ritkán van értelme fotózni, a lombhullató erdők, a szőlők és gyümölcsösök jelentős része vegetációs időszakon kívül kutatható, a legelők és a kaszálók pedig állapotuktól függően lehetnek alkalmasak a kutatásra.

A mezőgazdasági művelés alatt álló föld-részletek vegetációs időszakon kívül, illetve attól függően kutathatók, hogy milyen növényvel vannak bevetve (lásd még: CZAJLIK 2019). Az erdős területek téli légirégészeti kutatásával először az Amerikai Egyesült Államokban kezdtek el foglalkozni (GOJDA 2020, 86). Ott már az 1930-as években rendszeres légi fényképezést folytattak, Európában ezekben a zónákban csak a II. világháború után indultak el a repülések.

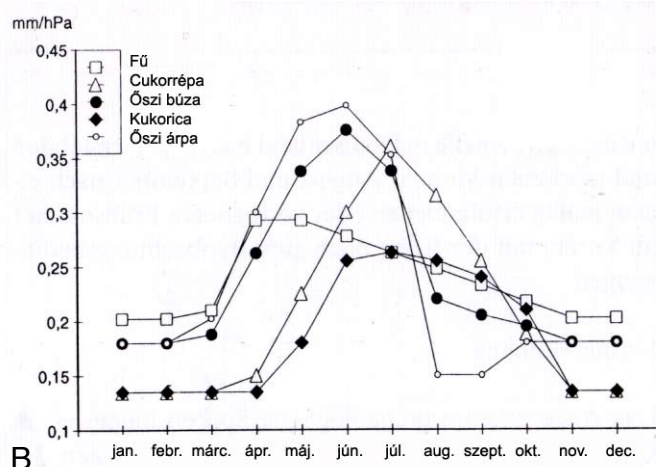
A felszínborításnak nemcsak a minősége, de a méretei is fontosak: a régészeti jelenségek felismerése szempontjából előnyt jelentenek a nagy parcellák. Egységes, azonos vágásfordulóval rendelkező erdőkben jobban követhetők a sáncok, teraszok, nagyméretű, azonos növényvel vetett táblákban nemcsak a lelőhelyek figyelhetők jól, de az „intakt” részokről jogosan feltételezhetjük azt is, hogy valóban nincsenek ott régészeti jelenségek. A kisparcellás művelés, a mozaikos területek nehezítik az észlelést és a feldolgozást, hosszabb távon azonban nem akadályozzák meg jó eredmények elérését (21. ábra).

A Központi Statisztikai Hivatal (a továbbiakban KSH) adatai alapján 2022. június 1-én Magyarország földterületének 45%-át hasznosították szántóként. 80% feletti volt arányuk Békés vármegyében, továbbá Észak- és Kelet-Dunántúlon, 76% feletti a részesedésük Somogy, Pest, Jász-Nagykun-Szolnok és Csongrád-Csanád vármegyében. Közel 2,5 millió hektáron gabonát, valamivel több, mint 1 millió hektáron pedig ipari növényeket termesztettek. A vetésterület nagysága szempontjából kiemelkedő az őszi búza + árpa, a kukorica, a napraforgó, a repce és a lucerna szerepe, ami kedvez a régészeti lelőhelyek észlelésének (<https://www.ksh.hu/s/kiadvanyok/a-fontosabb-novenyek-vetesterulete-2022-junius-1/>). Az elmúlt 30 év



A

- Párolgás
- Csapadék
- Vízhiány (a párolgás mértéke meghaladja a csapadék mennyiségét)



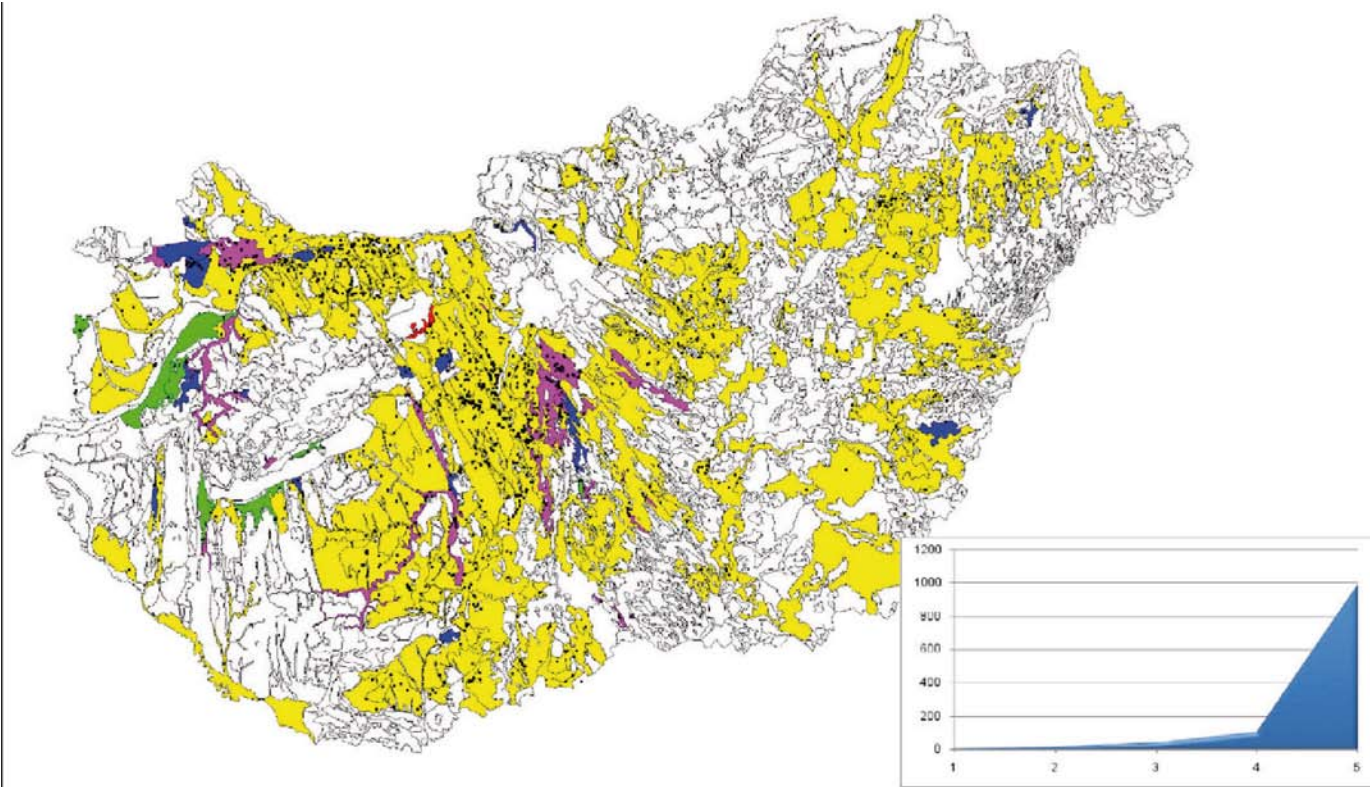
B

22. ábra. A csapadékmennyiség, a párolgás és a szántóföldi növénykultúrák összefüggései. A: A csapadék/párolgás révén kialakult vízhiány egy gabonátábla melletti (Neuburg an der Donau, Németország) mérőállomás adatai alapján (CHRISTLEIN – BRAASCH 1982, Abb. 19 alapján). B: Különböző szántóföldi növénykultúrák párolgási együtthatói (BRAASCH 1994, Abb. 121)

adatsorai alapján enyhén csökkenő a gabonánövények, növekvő az ipari növények aránya, csökken a cukorrépa, a burgonya és a borsó vetésterülete ([https://www.ksh.hu/stadat\\_files/mez/hu/mez0012.html](https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0012.html)). Ezek a változások – a gabonaféléktől az ipari, méginkább az olajnövények felé történő eltolódás – bizonyos mértékig rontják a légirégészeti kutatási lehetőségeket.

### 3.4. A csapadék/talajnedvesség hatása

A szántóföldi művelés alatt álló területek légirégészeti kutatásában meghatározó szerepe van a csapadéknak. Mennyisége már a vegetációs időszakon kívül is befolyásolja a talaj-jelek



23. ábra. Az ELTE BTK RTI Légitérégészeti Archivumában őrzött, 2008-ig azonosított légi fotó lelőhelyek és a talajvastagsági adatok összehasonlítása. A sárga színű területeken (5-ös érték a grafikonon) a talajvastagság meghaladja a 100 cm-t (Bödöcs A., 2013, cf. CZAJLIK – BÖDŐCS 2013, fig. 4)

kialakulását és a haszonnövények növekedését, a késő tavaszi / kora nyári időszakban pedig döntő szerepe van a növényzeti jelek intenzitásának és rajzolatának változásaiban. A légitérészek már évtizedekkel ezelőtt felismerték, hogy a téli – tavaszi csapadék adatok alapján következtetni lehet a mezőgazdasági haszonnövények késő tavaszi – kora nyári állapotára. A csapadék mennyiségén kívül nagyon fontos tényező a beszivárgás és ezen keresztül a talajnedvesség mértéke. A beszivárgás sebessége extrém módon függhet a földtani háttértől, karbonátos kőzeteken nagyon gyors, miközben agyagokon jelentéktelen sebességű. A beszivárgáson túl a talajnedvesség függ a talajtípustól és a talaj állapotától. A növény fejlődését végeredményben a gyökérzethez eljutó víz, azaz a talajnedvesség határozza meg. R. Evans és R. J. Jones (1977) szerint a gabonafélék növekedési különbsége akkor kezd kialakulni, amikor a talajnedvesség hiánya eléri az 50 mm-t.

Fontos felismerés, hogy a talajnedvesség csökkenésében közrejátsszik a növényzet párologtatása, vagyis önmagában az is hiányhoz vezet, ha a párologtatás mértéke meghaladja

a csapadék mennyiségét (EVANS – JONES 1977, 63-64). Különösen fontos volt a szezonon belüli összefüggések felismerése szempontjából az 1976-os év, amikor Bajorországban februártól egészen júniusig lényegesen alatta maradt a lehullott csapadék mennyisége a növények növekedése szempontjából szükségesnek (29.A ábra). Erre a gabonák élénken reagáltak, így abban a szezonban – nemcsak Bajorországban – rengeteg új régészeti lelőhelyet lehetett azonosítani. A Baden – Württembergben végzett adatgyűjtések alapján az is kimutatható volt, hogy a csapadékhiány kritikus időszaka a különféle szántóföldi kultúrák esetében ugyan eltérő, de márciustól júliusig befolyásolja leginkább a növekedést (29.B ábra). Magyarországon először O. Braasch vizsgálta a kérdést, az Országos Meteorológiai Szolgálat által gyűjtött talajnedvességi adatok alapján. A 2002. júniusi mérések segítségével jól beazonosíthatók azok a területek, amelyek talajnedvességi értékei kritikusán alacsonyak a haszonnövények szempontjából (BRAASCH 2003, Abb. 13). A csapadék-adatok alapján 2003-ban sejteni lehetett, hogy régészeti légi fényképes szempontból jó eredményekre van kilátás, a szárazság miatt

mind a Jászságban, mind a Kisalföldön számos lelőhelyet tudtunk azonosítani (CZAJLIK 2004). Az OMSZ-től beszerzett 2006-2007-es talajnedvességi adatok mindkét irányban alátámasztják az összefüggést. A 2006-os csapadékbősség viszonylag kevés légifotó-lelőhely azonosítását tette lehetővé. 2007-ben a kritikus júniusi időszakban a Kelet – Dunántúlon, a Duna-Tisza-közén és az Észak-Alföldön a talajnedvesség a 20mm-es érték körül, vagy az alatt alakult, ami az előző évhez képest négyszer annyi új lelőhelyet eredményezett (CZAJLIK – BÖDŐCS 2013, 880-881). M. Gojda és M. Hejzman Csehországban azt is kimutatták, hogy a kisebb kiterjedésű jelenségek, így a sírok kimutathatósága a növényzet segítségével sokkal inkább múlik a csapadék mennyiségén, mint más régészeti struktúrák esetében (GOJDA – HEJCMAN 2012). Ugyanakkor a csapadékhiány azonos időben a különböző növény típusoknál nagyon eltérően jelentkezhet. Ezzel magyarázható, hogy a legelőkön/kaszálókon csak jóval nagyobb deficit hatására alakulnak ki különbségek, mint a búzában/árpában (EVANS – JONES 1977, 75).

A csapadék hasznosulásában a talajvastagság eltéréseinek a szerepe sem hanyagolható el. Evans és Jones szerint, ha a talajvastagság nem éri el a 60 cm-t, akkor 50 mm-es vízhiány már növény-jelek kialakulásához vezet. Vastagabb talajrétegeknél ugyanakkor jóval nagyobb, 90 mm-es vízhiány hatására következik be a növényzet régészeti jelenségektől függő növekedése (EVANS – JONES 1977, 75). E tekintetben figyelemreméltó, hogy a 2008-ig végzett repüléseink alapján azonosított magyarországi légifotó-lelőhelyek túlnyomó többsége (több mint 1000 lelőhely) esetében a talajvastagság elérte, vagy meghaladta a 100 cm-t (23. ábra). Ez egyfelől gyakori és jelentős csapadékhiányt jelez 1993 – 2008 között, másfelől magyarázatot adhat azokra a szezonokra, amikor a növényzet növekedési eltérései alapján nem, vagy alig tudunk régészeti jelenségeket azonosítani.

#### 4. A RÉGÉSZETI JELENSÉGEKRE UHALÓ JELEK TÍPUSAI

#### 4.1. Alapvető összefüggések

A régészeti célú légi fényképezés során más topográfiai módszerekhez hasonlóan ismert lelőhelyek dokumentálását, új jelenségek megismerését, korábban ismeretlen régészeti lelőhelyek azonosítását végezzük el. A kutatástörténeti fejezetben láthattuk, hogy a dokumentálás és a felderítés kettőssége végigkíséri a régészeti légi fényképezést, a kezdetektől egészen napjainkig. *Ostia* ásatásának felvételei, a ballonos légi fényképek túlnyomó többsége ismert jelenségeket örökített meg, az első repülések célja jóformán mindenütt a már azonosított lelőhelyek felkeresése és lefényképezése volt, - az új, madártávlati perspektívából. O.G.S. Crawford tevékenysége 1923-ban valóban új fejezetet nyitott, nem a régészeti légi fényképezéssel, hanem annak korábban csak Európán kívül kipróbált felderítő változatával. Miközben a régészeti célú légi felderítés az 1960-as évektől Nyugat-Európa egyre több országában már prioritássá vált, Közép-Európában a rendszerváltásig jóformán csak az ismert lelőhelyek fotografálására nyílt több-kevesebb lehetőség. A dokumentációs fényképezések az álló emlékek rögzítését lehetővé tették még olyan időszakokban is (pl. az 1950-es – 1960-as évek Magyarországon), amikor felderítő célú légi fényképezésekre egyáltalán nem volt lehetőség.

A különbségek nyilvánvalóan politikai okokra vezethetők vissza, ugyanakkor fontos rávilágítani arra is, hogy a két különböző cél, főként a mai gyakorlatban, eltérő platform-használatot igényelhet. A ballonok megfeleltek egy-egy lelőhely dokumentálására, viszont alkalmatlanok voltak a felderítésre. Az utóbbi feladatra mindmáig a repülőgép a legjobb eszköz. Ugyanakkor, noha az elmúlt 100 év dokumentációs célú régészeti légi fényképeinek túlnyomó része repülőgépről készült, ezen az alkalmazási területen a drónos légi fényképek szerepe egyre nő.

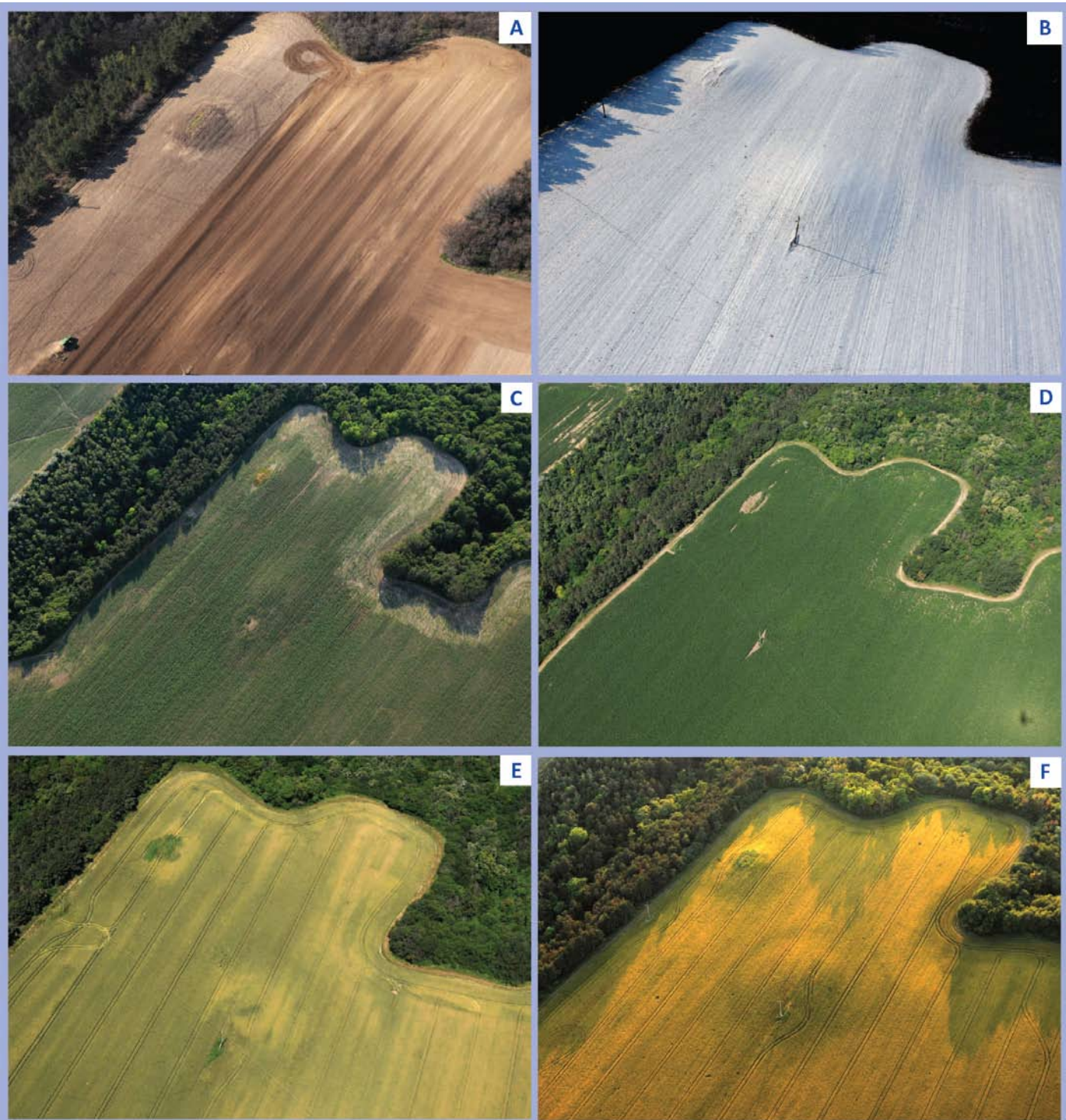
A nem régészeti céllal készült archív légi fényképek zöme a lelőhelyek korábbi állapotát mutatja meg, ugyanakkor számos esetben, így a *ripa Pannonica* kutatásában (pl. VISY 1978, 1988), a térképészeti fotóknak alapvető szerepük volt/van a felderítésben is. A régebbi állapot

megismerése a légi fotók segítségével sokszor még akkor is fontos, ha régészeti jelenségek a felvételeken nem figyelhetők meg. A légi fotó ugyanis az egykori terepviszonyok, a beépítés, stb. a térképeknél részletesebb, hűbb őrzője, ami főként a régóta kutatott lelőhelyek, de akár a gyorsan változó táj megismerésében is fontos lehet.

Ezeket az előnyöket a hazai régészeti topográfia legnagyobb 20. századi vállalkozása, az MRT készítése során is látták, ahol és amennyire lehetőség volt rá, figyelembe vették és felhasználták. Ugyanakkor az O.G.S. Crawford által szorgalmazott felderítő repülésekre Magyarországon az 1990-es évekig várni kellett. Az ebben rejlő lehetőségek ma már nyilvánvalók, így elsősorban ezzel a módszerrel foglalkozunk a továbbiakban. A régészeti célú légi felderítés során kedvező esetekben akár nagy területre kiterjedő lelőhely-együtteseket ismerhetünk meg, ami az adott zóna minden korábbi, földmunkával járó beavatkozását és ezek összefüggéseit (MIKLÓS 2010, 853) is felismerhetővé teszi. Egy-egy terület folyamatos kutatásával pedig olyan légifotó-térképek (pl. STOERTZ 1997) állíthatók össze, amelyek a humán beavatkozások mellett az adott táj természeti változásai is bizonyos mértékig követhetővé válnak.

A régészeti jelenségek a levegőből a magassági és színbeli eltérések, a talaj és a növény-jelek révén, illetve ezek kombinációjával figyelhetők meg. A kutathatóságot erősen befolyásolja a felszínborítás; eltérő módszereket igényel a mezőgazdasági művelés alatt álló parcellák, a legelők/rétek, a gyümölcsösök és az erdővel fedett területek légi fényképezése.

Azokat a jeleket, amelyek révén a régészeti jelenségek távérzékeléses módszerekkel, kiemelten régészeti célú légi fényképezéssel azonosíthatók, az összefüggések megértése és a helyes értelmezés érdekében érdemes hierarchikus rendbe szervezni. Már az első felderítő kutatók, így Angliában O. G. S. Crawford, Magyarországon Neogrády S. is megtették ezt, megkülönböztetve az árnyékhatást, a talaj-jeleket és a növény-jeleket CRAWFORD 1938; NEOGRÁDY 1948-1950, 288-290). Az alapvető összefüggéseket D. N. Riley publikálta (RILEY 1944), de térségünkben, sőt azon



24. ábra. Fotósorozat a süttöi (Komárom-Esztergom vármegye) halomsírokról (Ék-i csoport). A két halom és annak egyes konstrukciós elemei a művelési állapottól, a fényképezés időpontjától és megvilágítástól függően különbözőképpen érzékelhetők (Czajlik Z. légi felvételei):

- A. talaj-jelek a részben frissen tárcsázott felületen (2014. március 13.).
- B. árnyékhatás a hóborította halmokon (2018. február 28.).
- C. a kukoricával bevetetett területen a sírkamrákat jelzi a növény hiánya (2015. június 30.).
- D. egy évvel korábban, ugyanez a növény csak az egyik halomnál jelzett eltérést (2014. június 18.).
- E. széles gyűrűk jelzik a halmok körüli árkot, vagy inkább a halmok aljában az erózió miatt megvastagodó humuszt (2016. június 21.).
- F. egyértelmű, keskeny gyűrű jelzi a körárkot és mindkét halom jól látható az árnyékhatás révén (2013. június 19.)



25. ábra. Pocsaj – Leányvár (Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegye). A talaj-elszíneződés látványosan és pontosan jelzi az őskori erődítés vonalát, ugyanakkor a talajművelés következtében jelentős elcsúszások, rövid szakaszokon hiányok alakultak ki a védművön (Google Earth-felvétel, 2011. május 14.)

túl is a témában gyakran idézett munka R. Christlein és O. Braasch összefoglaló tanulmánya (CHRISTLEIN – BRAASCH 1982, vö. LEIDORF 1996, DELÉTANG 1998, fig. 4-5). A legfontosabb hatások és jelek jól szemléltethetők a süttöi kora vaskori halmokról készített fotósorozatunk segítségével (24. ábra).

R. Goguey (és számos más úttörő-kutató) tapasztalataiból kiindulva az alapvető különbséget az állandó és a tűnékeny jelek között húzta meg. A tájban végzett egykori emberi beavatkozások azon elemeit, amelyek légi fényképezéssel mindig dokumentálhatók (pl. a kőrakásokat vaskori parcellák határán Burgundiában, az erődített települések sáncait, a régi utakhoz tartozó útbevágásokat, sőt a parcella-rendszer átöröklődő elemeit is, állandó jeleknek, a csak bizonyos körülmények között megfigyelhető jelenségeket, így a talaj-jeleket és különösen a növény-jeleket tűnékeny jeleknek határozta meg (GOGUEY – SZABÓ 1995, 9-12).

Ehhez a felosztáshoz feltétlenül hozzá kell tenni, hogy a talaj-jelek jelentős része a mezőgazdasági növényekkel nem, vagy gyengén borított állapotában ugyancsak állandóan látszik, mégha a láthatóság mértéke változó is (CZAJLIK 2022, 127). Ennek fontossága különösen az erődítések és a lineáris struktúrák kutatásában mutatkozik meg, de alapvető minden olyan platform (ortofotók és műhold) felvételeinek feldolgozásában, amelyek működési időablaka jellemzően a vegetációs időszakon kívül esik.

Más szerzők (RILEY 1987, 17-40; WILSON 2005, 38-87; SCOLLAR et al. 1990, 33-76; ILLE 1993; LEIDORF 1996, 38-44) rendszerét felhasználva, részletes felosztást alakított ki M. Doneus (DONEUS 2013, 161-180). Ennek alapelve a domborzati eltérés alapján, illetve a (mikro)relief révén nem detektálható (besimuló) jelek megkülönböztetése. Ebben a csoportosításban nincs jelentősége a jelek állandóságának, tűnékenységének, átalakulásának, periodicitásának, azaz az időfaktoroknak. Ugyanakkor világos meghatározását

adja mindazon lehetséges tényezők túlnyomó részének, amelyek révén a tájban egykor történt humán beavatkozások a levegőből felderíthetővé válnak.

Már a pionír-kutatók észlelték és azóta is folytonos figyelem övezi a különféle jelek értelmezésében a talajművelés és az ahhoz kapcsolódó erózió szerepét (GOJDA 2020, 126). A jelek ugyanis nemcsak a régészeti jelenségekről tudósítanak, kinézetük a lelőhelyek pusztulási folyamatát is jellemezheti. Erősödésük az évtizedek során általában intenzív roncsolásra utal, azaz a leglátványosabb légi fotók nem feltétlenül utalnak a lelőhelyek jó állapotára (25. ábra). Ebben a folyamatban érdemes megkülönböztetni azokat a régészeti jelenségeket, amelyek a mai talajszint felett találhatók, az egykori rétegekbe bevágott struktúráktól. Az előbbiek nyomának esélye a fennmaradásra és az észlelésre nyilvánvalóan kisebb, mint az árkoknak, gödröknek és hasonló objektumoknak. Ez a régészeti terepkutatásban általános megfigyelés a légirégészetre is igaz, a különféle jelek túlnyomó többsége a beásott struktúrákról tudósít.

Az általunk alkalmazott felosztás követi az újabb rendszereket, ugyanakkor röviden utalunk az adott jel révén észlelhető leggyakoribb jelenség-típusokra, visszahozzuk az időfaktor szerepét és felhívjuk a figyelmet az egyes tényezők közötti lehetséges kölcsönhatásokra. Minthogy a légi fotó lelőhelyek azonosításában kiemelkedő jelentősége van a növény-jeleknek, ezek növény-fajtákra bontott jellemzését is megadjuk.

A különféle jelek egy része nemcsak ferde tengelyű légi fényképezéssel, hanem más platformok segítségével (pl. drón, ortofotó, műholdas távérzékelés) is észlelhető. Különösen a domborzati eltérések, vagy a növényi növekedési különbségek egyképes észlelésében azonban jóval eredményesebb a régészeti légi fényképezés. Ezek az eltérések csak részben detektálhatók ortofotók fotogrammetriai feldolgozásával, a megoldást gyakran az ALS jelenti. Számtalan példa bizonyítja, hogy a ferde tengelyű légi fényképezéssel azonosítható jelek nagyon gyakran

először adnak hírt egy régészeti lelőhelyről, vagy anomáliáról, biztosítva az összes létező távérzékelési, vagy terepi módszer célzott és hatékony felhasználását.

## **4.2. A domborzati eltérések észlelése**

Az egykori terepszint felett még meglévő régészeti jelenségek túlnyomó többsége a domborzati eltérések révén figyelhető meg a levegőből. Ezeket az egykamerás kisgépes légi fényképezések során legtöbbször az árnyékhatás révén észleljük. A megfelelő átfedéssel készített sorozat-felvételezések alapján fotogrammetriai úton is kimutathatók a relief különbségei (lásd: CZAJLIK 2022, 149-151), illetve a kézi kamerás fotókat is el lehet ezzel az igénnyel készíteni, azonban ez a technológia egyelőre nem terjedt el a légirégészetben. Speciális lehetőséget jelent a domborzati jelek kimutatására a havas időszak, az idézett szerzőktől eltérően megkülönböztetjük a hó-borítás és a hó-jel kategóriákat. Ugyancsak a relief nem természetes változásaira hívhatják fel a figyelmet az árvízi elöntéses jelek.

Az 1920-as években elkezdett légi fényképezések során Nagy-Britanniában a régészeti lelőhelyek jelentős részét domborzati jelek segítségével azonosították. Köszönhetően annak, hogy a Brit-szigetek jelentős részén a középkor végén felhagytak a szántóföldi növénytermesztéssel és az állattartásra tértek át, nagyon sok régi (akár újkőkori) lelőhely, területhasználati nyom maradt érzékelhető a relief eltérései révén (GOJDA 2020, 64). Az 1950-es évek közepétől ez a helyzet megváltozott, nő a szántott területek mennyisége Angliában is, ami a domborzati jelek fokozatos eltűnésével jár (GOJDA 2020, 103). Hasonló hatása volt Európa számos részén a kisparcellákról az óriás földterületek művelésére való áttérésnek. Magyarországon az 1960 előtti archív légi felvételek kis száma miatt a folyamat régészeti lelőhelyekre gyakorolt hatása egyelőre csak elszigetelt esetekben dokumentálható (26. ábra).

### **4.2.1. Az árnyékhatás**

A magassági eltérések, domborzati különbségek megfigyelését általában az árnyékhatás

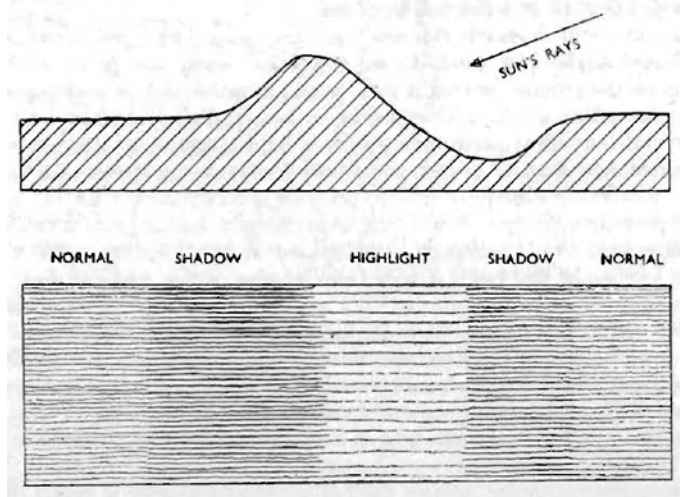


26. ábra. A domborzati jelek „átalakulása” növény-jelkévé. Sárbogárd – Cifrabolondvár (Fejér-vármegye) külső védműve a kisparcellás művelés megszűntével ma már csak növény-jelként figyelhető meg. A: 1934. július, Neogrády S. felvétele (NEOGRÁDY 1948-1950, 307). B: 2002. június 15., Czajlik Z. felvétele

teszi lehetővé, ami évszaktól és napszaktól egyaránt függő erősségű. A Nap látszólagos mozgása során télen egész nap alacsony a napszög, azaz lapos megvilágítás van. Ezzel szemben nyár elején csak kora reggel és késő délután vannak jól észlelhető vetett árnyékok (vö. NEOGRÁDY 1948-1950, 21-22. ábra). Minél kisebb a magassági eltérés, annál ferdebb megvilágításra van szükségünk, továbbá az árnyékhatás nagysága függ a fényképezendő régészeti jelenség (pl. sánc) irányításától. Erős árnyék révén a kép kissé „térhatásúvá” válhat, függően bizonyos mértékig attól, hogy az árnyékolt, vagy a napsütötte oldalról készítjük a felvételt. Egyenletes, azonos felszínborítás (háttér) esetén (pl. alacsony fű, hó-borítás) az árnyékhatás fokozott mértékben mutatkozhat meg (CHRISTLEIN – BRAASCH 1982, 27; DONEUS 2013, 161). A hótakaró az egyébként egyenetlen (pl. részben avarral, részben talajjal, részben száraz fűvel borított) terepet homogén fehérré teszi, amiben jobban észlelhetők az enyhe magassági eltérések.

Az árnyékhatás révén észlelhető információt mindig egy jel-együttes mutatja meg. Amint

azt D. N. Riley sokat idézett tanulmányában (RILEY 1944) szemléletesen bemutatta, egy sánc és annak árka (amennyiben az árok irányából süt a Nap) egy árnyékos – egy erősen megvilágított – majd egy újabb árnyékos terület váltakozása nyomán válik láthatóvá. Az alacsony napszög (a ferde megvilágítás) miatt a nem megvilágított részek árnyékba kerülnek, a sánc oldalán viszont a beesési szög magasabb lesz, így a Napfény erősebben reflektálódik, azaz a felszín lokálisan jobban megvilágított lesz (27. ábra). Amennyiben más irányú a megvilágítás, vagy az árok már feltöltődött, illetve egyszerűbb jelenségek (pl. teraszok) esetében az egyik árnyékjel nem, vagy csak minimálisan lesz érzékelhető. Lineáris jelenségek esetében minél nagyobb szöget zár be a megvilágítás iránya és a fényképezendő jelenség irányítása, annál jobban érzékelhető lesz a kérdéses struktúra. Ferde tengelyű légi fényképezéssel a megvilágítással azonos irányból, esetleg a repülési magasság csökkentésével, az erős reflexióval érintett területek kiemelhetők. Ilyenkor az árnyékjelet részben, vagy teljes egészében kitakarhatja a régészeti jelenség, ellenkező irányból fényképezve viszont a



27. ábra. Árnyékhatás kialakulása egy sáncból és árokból álló erődítésen. Ha a Nap az árok irányára merőlegesen, a védett területen kívülről süt, akkor az árok nagyrészt árnyékba kerül, a sánc oldalát az erős reflexió kiemeli, a sánc mögötti rész viszont árnyékban van (RILEY 1944, 2)

jelenségek árnyéka fog elsősorban látszódni, nem az erősen megvilágított zónák (vö. DONEUS 2013, 161). Az extrém alacsony napszög (lapos megvilágítás) segítségével egészen kis domborzati különbségek is kimutathatók, ilyenkor azonban nagyon gyorsan változnak a fényviszonyok, így csak néhány lelőhely, vagy egy kisebb zóna légi fényképezése oldható meg egy-egy alkalommal (28.A ábra).

#### 4.2.2. A hó-jelek

Földépítmények (erődítések, halomsírok) dokumentálását gyakran segíti a hó-borítás. A vastag hó kiemeli a domborzati különbségeket (pl. MIKLÓS 2007, 151). Előfordulhat, hogy ezt a hófúvás hatása felerősíti, általában azonban sokkal nagyobb jelentősége van annak, hogy az olvadó hó és a domborzat kontrasztja révén fontos részletek mutakozhatnak meg (MIKLÓS 2011, 3. ábra; vö. DONEUS 2013, 162). A hó olvadását számos körülmény befolyásolja. Napsütéses időszakban még nagy hidegben is eltűnik a hó a déli hegyoldalokról, miközben a mély árkok, vagy az árnyékos északi oldalak mikroklímája sokáig megtarthatja a havat. Az olvadás/száradás azokon a területeken halad a leggyorsabban, amelyek a besugárzás irányával a legnagyobb szöget zárják be (28.B-C ábra).

#### 4.2.3. Az elöntéses jelek

Folyók és patakok völgyében, megemelkedett vízállásnál, árvíz esetén a magasabb terepszintet elérő régészeti jelenségek, így leggyakrabban a halomsírok, esetleg az erődített települések légi fényképezéssel látványosan dokumentálhatók. A vízszint által kijelölt domborzati különbség főként a kisebb, más légi fényképes módszerrel nehezen, vagy egyáltalán nem észlelhető régészeti jelenségek azonosítása szempontjából fontos. Nemzetközileg ismertté vált lelőhelyeket fényképezett O. Braasch Dittenheimnél (Bajorország, CHRISTLEIN – BRAASCH 1982, 232-233), Riedlingennél (Baden – Württemberg, Németország, BRAASCH 1994, Abb. 109) és Altmühlnél (Németország, DONEUS 2013, Abb. 52). Az árvízi helyzetekben (vö. DONEUS 2013, 163-164) azonosítható új lelőhelyek száma azonban véges, hiszen az elöntések általában az alacsony, esetleg a magas árteret érintik, amelyeken az állandó települések, temetők kialakítását a régészeti korokban igyekeztek elkerülni. Nem lehet véletlen, hogy a fent említett zónákban halomsírok épültek, amelyek más lelőhely-típusokhoz képest „vízálló” konstrukciónak minősíthetők (28.D ábra).

#### 4.3. A felszín alatti struktúrák észlelése

M. Doneus a következőkben bemutatandó jelet a domborzati eltérésként nem észlelhető halomzba sorolta be (DONEUS 2013, 163). Noha valóban célszerű a jelek osztályozását egymással párba állítható nagyobb csoportok szerint elvégezni, ebben az esetben ezt nem tartjuk követhetőnek. A reliefként megjelenő régészeti jelenségek ugyanis az erózió és szántóföldi művelés következtében egytől egyig eljuthatnak abba a fázisba, amikor domborzati eltérésként még azonosíthatók, ugyanakkor talaj-jelként, növény-jelként, stb. már észlelhetők. Az általunk javasolt elnevezés tehát nem húz merev határt, az alább ismertetendő típusok mindegyike megjelenhet a még meglévő domborzati eltérések kísérőjeként is. Az igazi közös jellemző – M. Doneus-szal egyetértve – az alábbi jel-fajtáknál az, hogy egykori – természetes, vagy humán – talaj-átrendeződésekre, vagy beavatkozásokra utalnak, amelyek vagy önmagukban, vagy különféle tényezők révén a levegőből észlelhetők



28. ábra. Az árnyékhatás, a domborzat és a hó-jelek összefüggései:

A: Az extrém alacsony napszög miatt már csak a feltárás alatt lévő lelőhely legmagasabb része, vagyis a dombon lévő templom, a körülötte mélyített sírok és a körárok kibontott szakaszai „emelkednek ki” a már árnyékba borult környezetből. Perkáta – Nyúli-dűlő (Fejér vármegye), középkori falu, feltárásvezető Kovács L. O., 2010. június 28., Czajlik Z. felvétele.

B: A napsugárzás hatására a vár DNy-i részén és a meredekebb sáncoldalakon elolvadt hó miatt a domborzat jobban megfigyelhető. Sajónémeti – Várhegy (Borsod – Abaúj – Zemplén vármegye), motte típusú vár maradványai a dombtetőn (NOVÁKI et al. 2007, 95-96). 2006. március 8., Czajlik Z. felvétele



*C: A domb déli oldalán a hó már elolvadt, kivéve a sánc vonalát, ahol a domb lejtése rövid szakaszon közel vízszintesre vált. Ez a környezetéhez képest kisebb beesési szöget eredményez a téli alacsony napszög miatt, lassítva a hó olvadását. Szécsény – Kerek-domb (Nógrád vármegye), őskori erődített település (NOVÁKI et al. 2017, 76-77). 2006. március 8., Czajlik Z. felvétele.*

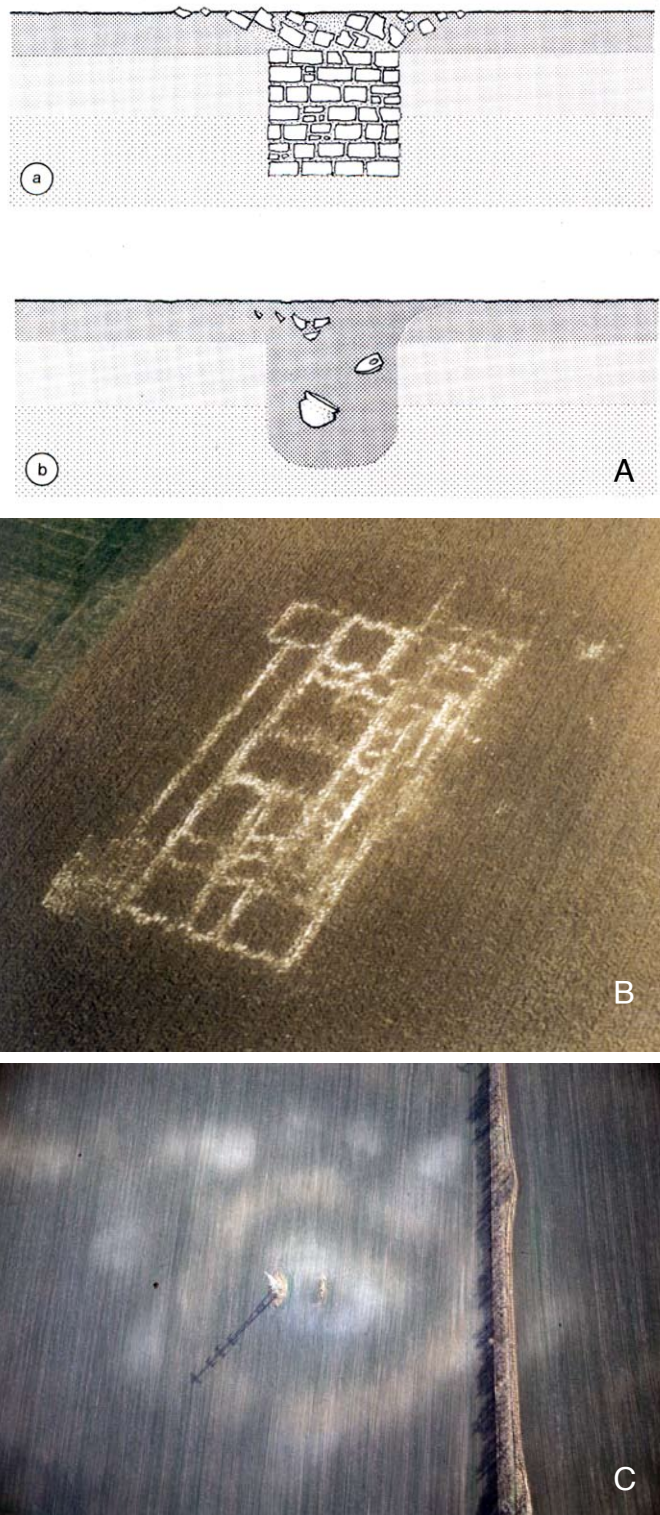
*D: A Kapos és a Koppány összefolyásánál kialakult árvízi helyzetben jól érzékelhető, hogy a népvándorláskori(?) halmot az ártérbe építették, de a temetkezést az elöntés nem veszélyeztette. Regöly (Tolna vármegye), 2010. június 28., Czajlik Z. felvétele*

és rögzíthetők. Azzal is egyet kell értenünk, hogy a jelek kialakulási és fejlődési mechanizmusának megértése megrekedt az empirikus szinten és a folyamatok mélyreható magyarázata máig jelentős adóssága a légirégészeti kutatásnak (DONEUS 2013, 163). Itt is hangsúlyozzuk azonban, hogy egy nagyon bonyolult, sokváltozós rendszerről van szó, amelyet csak lépésről lépésre van esélyünk megérteni (lásd korábban, különösen STUNK-LICHTENBERG 1965, EVANS – JONES 1977, STANJEK – FASSBINDER 1996, GOJDA – HEJCMAN 2012, HEJCMAN et al. 2013, CZAJLIK et al. 2021).

#### 4.3.1. A talaj-jelek

A domborzati különbségekhez hasonlóan a részben, vagy teljesen növényzetmentes talaj színeltérései, vagyis a talaj-jelek állandóan megfigyelhetők a szántóföldi művelés alatt álló területeken, csapadék- és víztartalomtól függően felerősödnek (lásd még: nedvesség-jelek), vagy elhalványulnak. Felismerésüket nehezíti, hogy ritkán jelentkeznek éles kontúrral. Rengeteg olyan elmosódott talaj-jel van, amelyik nem régészeti eredetű, - például a természetes földhalmok a szántóföldi művelés során nagyon hasonló elszíneződést mutatnak, mint mesterséges társaik. A régészeti eredetű jelek azonosítását segítheti/nehezítheti a művelési állapot. Bár a frissen szántott felszínen (ahogyan azt terepbejárásokon is tapasztaljuk) néha éles kontúrral mutatkoznak meg bizonyos régészeti jelenségek, általában mégis jobb megfigyelést biztosít a boronált, esetleg simított szántóföld. A talaj színeltérését okozhatják elpusztult épületek „áttetsző” alapfalai, illetve (jóval gyakrabban) a környezetüknél magasabb szervesanyag-tartalmú (lásd: STANJEK – FASSBINDER 1996) és/vagy vas-oxid-tartalmú (STUNK-LICHTENBERG 1965) és ezért sötétebb színű árkok, gödrök, stb. foltjai (29. ábra).

A talaj-jelek észlelhetősége függ a befoglaló talaj természetes színétől, rétegzettségétől, az egyes rétegek vastagságától és nem utolsósorban a talajtípustól. A legtöbb talaj-jel lösz-, mész- és kavics talaj felszíneken észlelhető, mert ezek lefelé erőteljesen világosodnak (BRAASCH 1994, 88-89), azaz egy

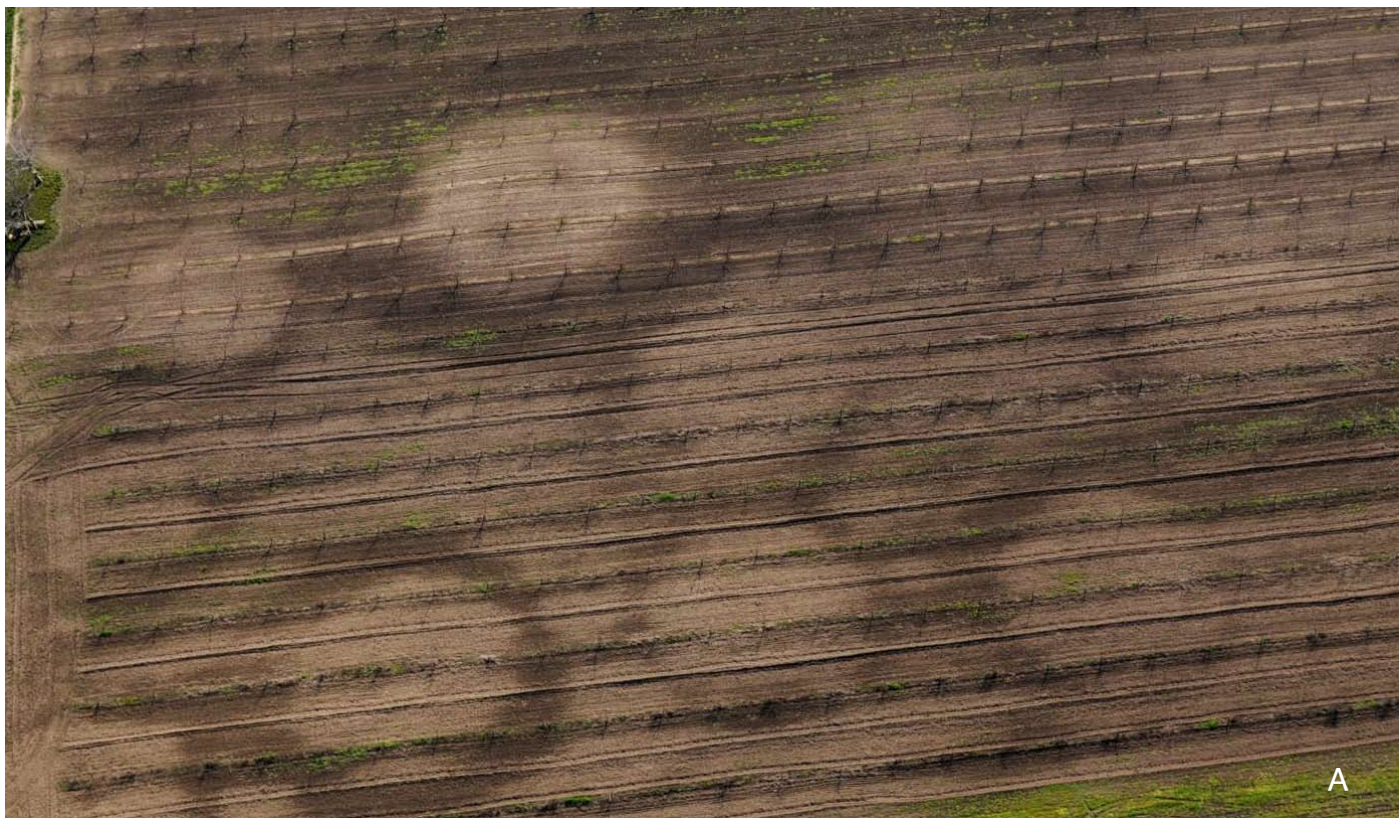


29. ábra. Talaj-jelek.

A: Negatív (fent) és pozitív (lent) talaj-jelek kialakulása eltemetett fal, illetve gödrök, árkok felett. Az előbbi világosabb, az utóbbi sötétebb színű a környezeténél (CHRISTLEIN – BRAASCH 1982, 30)

B: Nagyméretű római kori kőépület nyoma szántott talajfelszínen. Villers-sous-Ailly – Le Cessier (Somme, Franciaország). R. Agache felvétele (BRÉART 1999, 29)

C: A Hatvan kultúra erődített településének nyoma a sötétebb színű belső védelmi árokkal. Hatvan – Kerek-halom (Heves vármegye), 2002. március 9., Czajlik Z. felvétele



### 30. ábra. Nedvesség-jelek.

A: Kora vaskori halmok kerítő árkainak nyomai kordonos művelésű szőlőben a csapadékos időjárást követően. Néhány halom esetében talaj-jelként a világosabb színű halom-köpeny nyoma is észlelhető. Érd/Százhalombatta – Százhalom (Pest vármegye), 2014. március 11., Czajlik Z. felvétele

B: Kora vaskori halmok kerítő árkainak nyomai mozaikos művelésű (szántóföld, gyümölcsös, szőlő) területen a csapadékos időjárást követően. A parcellák egy részében csak nedvesség-jelek, másutt a nedvesség-jelek mellett az őszi vetésű búza növény-jelei is megfigyelhetők. Egyes nagyobb halmok esetében talaj-jelként a világosabb színű halom-köpeny nyoma is látszik. Érd/Százhalombatta – Százhalom (Pest vármegye), 2014. március 11., Czajlik Z. felvétele

beásott árok sötét kitöltése erős kontraszttal jelentkezhet.

A korábbiakban leírtak alapján is nyilvánvaló, hogy az észlelhetőségre jelentős hatása van a talajerózió előrehaladottságának, a szántó-földi művelésnek. Számít a szántás/tárcsázás mélysége és gyakorisága is az adott területen (vö. CHRISTLEIN – BRAASCH 1982, 30).

Előfordul, hogy jellegzetes, fordított helyzetű talaj-rétegek révén válhatnak láthatóvá a földsáncok, vagy halomsírok. Az építéskor a konstrukció tetejére a legmélyebb szintről kitermelt, világos rétegek kerülhetnek, amelyek még pusztuló állapotukban is felhívhatják a figyelmet az egykori földépítményre (MIKLÓS 2010, 853). A talaj-jelek hatását nemcsak a vékony hó, hanem a növény-jelek is felerősíthetik, különösen kora tavasszal. Ez a folyamat a növények növekedésével ahhoz vezet, hogy a talaj-jelek észlelhetősége megszűnik. Gabonák esetében általában már áprilisban bekövetkezik a takarás, a kukorica-földeken gyakran még júniusban is megfigyelhetők a talaj-jelek.

Ha kifejezetten a talaj-jelek optimális megörökítése a légi fényképezés célja, akkor érdemes a repülést borult, vagy szűrt napsütéses időben végrehajtani. Amint a terepbejárások során, itt és kerülni kell ugyanis azt, hogy a talajfelszínen lévő kisebb árnyékok és az erősebben megvilágított területek kontrasztja rontsa a megfigyelési lehetőségeket. Késő őszi – téli időszakban ideális tiszta időben, de magasszintű rétegfelhők alatt, vagy – O. Braasch tanácsát követve – a cirrus-felhők okozta szűrt megvilágítást kihasználva tanácsos fényképezni (BRAASCH 1994, 89).

#### **4.3.2. A nedvesség-jelek**

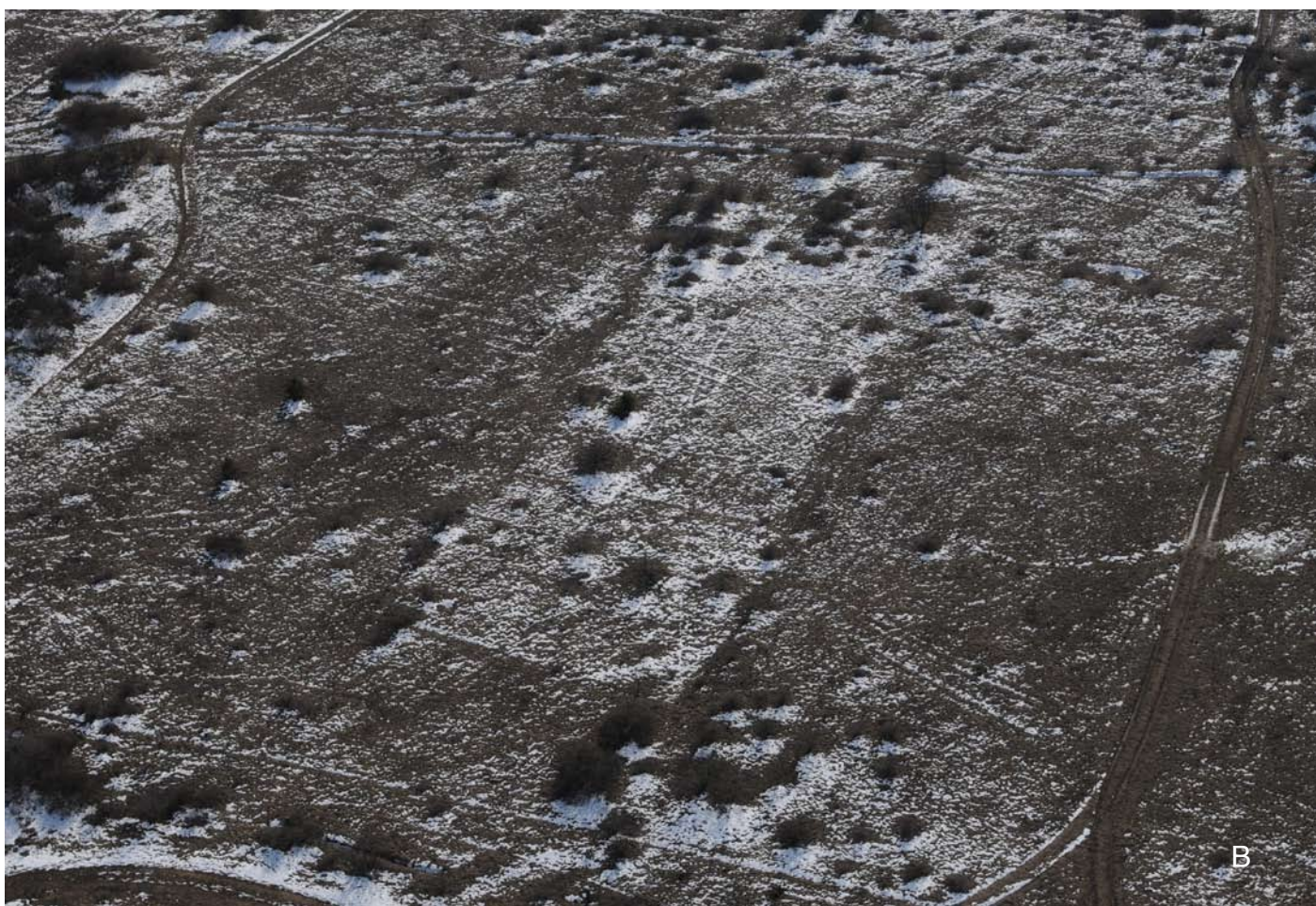
A talaj-jelek egyik érdekes al-esetének tekinthetők a nedvesség-jelek. Jelentőségüket korán felismerték, D. N. Riley O. G. S. Crawford-ra hivatkozva használta a *damp-mark* kifejezést (RILEY 1944, 4). O. Braasch német tükörfordításban – *Feuchtemerkmal* – olyan talaj-jelekre alkalmazta, amelyek hóolvadás után, vagy rövid, erős esőket követően a talaj száradása során alakulnak ki azáltal, hogy az eltemetett régészeti struktúrák felett

a nedvesség tovább megmarad (CHRISTLEIN – BRAASCH 1982, 30-33). O. Braasch szerint nagyon rövid életű (néhány óra) jelekről van szó, M. Doneus és a saját gyakorlatunk alapján az esős periódusokat követő száradási időszakban néhány napon keresztül láthatók (30. ábra). A száradási különbségek hátterét (szemcseméret-differencia, szervesanyag-tartalom eltérései, stb.) I. Scollar világította meg (SCOLLAR et al. 1990, 46). Amint arra M. Doneus rámutatott, az átnedvesedés mértéke függhet a régészeti jelenségtől, - a falak, halomsírok eleve kevesebb vizet vesznek fel, mint az árkok, gödrök. Az átnedvesedő talaj élénkebb színe pedig jól magyarázható a reflexiós görbe segítségével, amely megmutatja, hogy az üledékek vizet felvéve sötétebb árnyalatúvá válnak (DONEUS 2013, 154-155, 167).

#### **4.3.3. A fagy-jelek**

A nedvesség-jelekhez hasonlóan a fagy-jeleket is a talaj-jelek speciális esetei közé érdemes besorolni. Ellentétben a nedvesség-jelekkel, D. N. Riley nem tulajdonított nekik nagy jelentőséget. Ő G.W.G. Allentől értesült az érdekes jelenségről, aminek hátterében a magasabb nedvességtartalmú régészeti struktúrák mélyebb átfagyása áll. (RILEY 1944, 4-5; vö. CHRISTLEIN – BRAASCH 1982, Abb. 16). Számos légi felvétel mutatja, hogy a jelenséget jól ismerte R. Agache is (DELÉTANG 1999, 56). A részletesebb magyarázathoz a külső hőmérsékletváltozás irányát is ismernünk kell. Amennyiben ugyanis lehűlés éri a talajfelszínt, azokon a részeken, ahol alacsonyabb a víztartalma, gyorsabban fagy meg, miközben a magasabb nedvességtartalmú árkok/gödrök felett a víz nagyobb hőkapacitása miatt lassabban csökken a hőmérséklet. Ha ezen a felszínen vékony hóréteg alakul ki, az nem fog megmaradni a magasabb nedvességtartalmú régészeti jelenségek felett (31.A ábra).

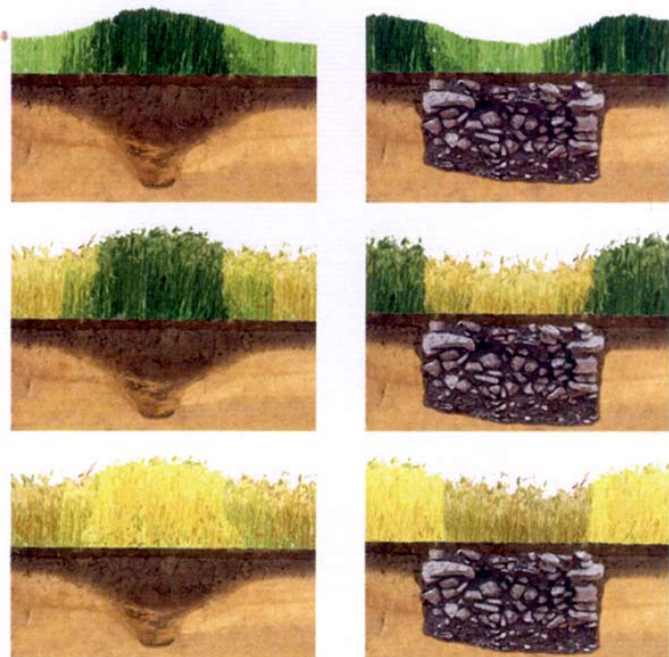
Tartós fagy esetén a hőmérsékleti különbség az egyes talaj-részek között megszűnik, viszont melegekedéskor inverz helyzet alakul ki. A magasabb nedvességtartalmú, átfagyott régészeti objektumok nem engedik a felettük lévő talajfelszínt a környezetükkel azonos sebességgel felmelegedni, ami miatt a fe-



31. ábra. Fagy-jelek.

A: A bronzkori erődtített település védőárka felett a vékony hó nem maradt meg, vagy már elolvadt. Zsámbok – Kerek-halom (Pest vármegye), 2018. február 15., Czajlik Z. felvétele

B: Az erősebben lehűlt terület felett a vékony hó jobban megmaradt. Modern épület nyoma Budaörs határában (Pest vármegye). 2018. február 19., Czajlik Z. felvétele



32. ábra. Növény-jel kialakulása kalászos gabonában, T. Pertlwieser rajza alapján (DONEUS 2013, 174). Az ábra bal oldalán egy feltöltődött árok, a jobb oldalán egy pusztuló fal fölötti növényfejlődés „színes” fázisai követhetők nyomon. Más rekonstrukciókkal ellentétben a régészeti jelenségek határainál előforduló magassági és szín-átmeneteket is érzékelteti a szerző

lettük lévő hó késleltetve fog elolvadni (31.B ábra). (Ezt a szituációt ismerte fel eredetileg G.W.G. Allen.) O. Braasch és őt követve M. Doneus a fagy-jelek észlelhetőségét nagyon rövid, mindössze néhány órás időtartamra szűkítette le (DONEUS 2013, 167-168), ez azonban – legalábbis a kihűlési folyamat megfigyelésével gyűjtött tapasztalataink alapján nem feltétlenül igaz. Fagypont körüli külső hőmérsékleten, felhős időben akár napokig fennmaradhat a talajhőmérséklet különbsége. Amíg tehát a hó-jelek révén megfigyelhető régészeti jelenségek az árnyékháttal kapcsolhatók össze, addig a vékony hóval borított felszínen észlelhető fagy-jelek inkább a talaj kisebb eltéréseit, a talaj-jeleket erősíthetik fel.

#### 4.3.4. A növény-jelek

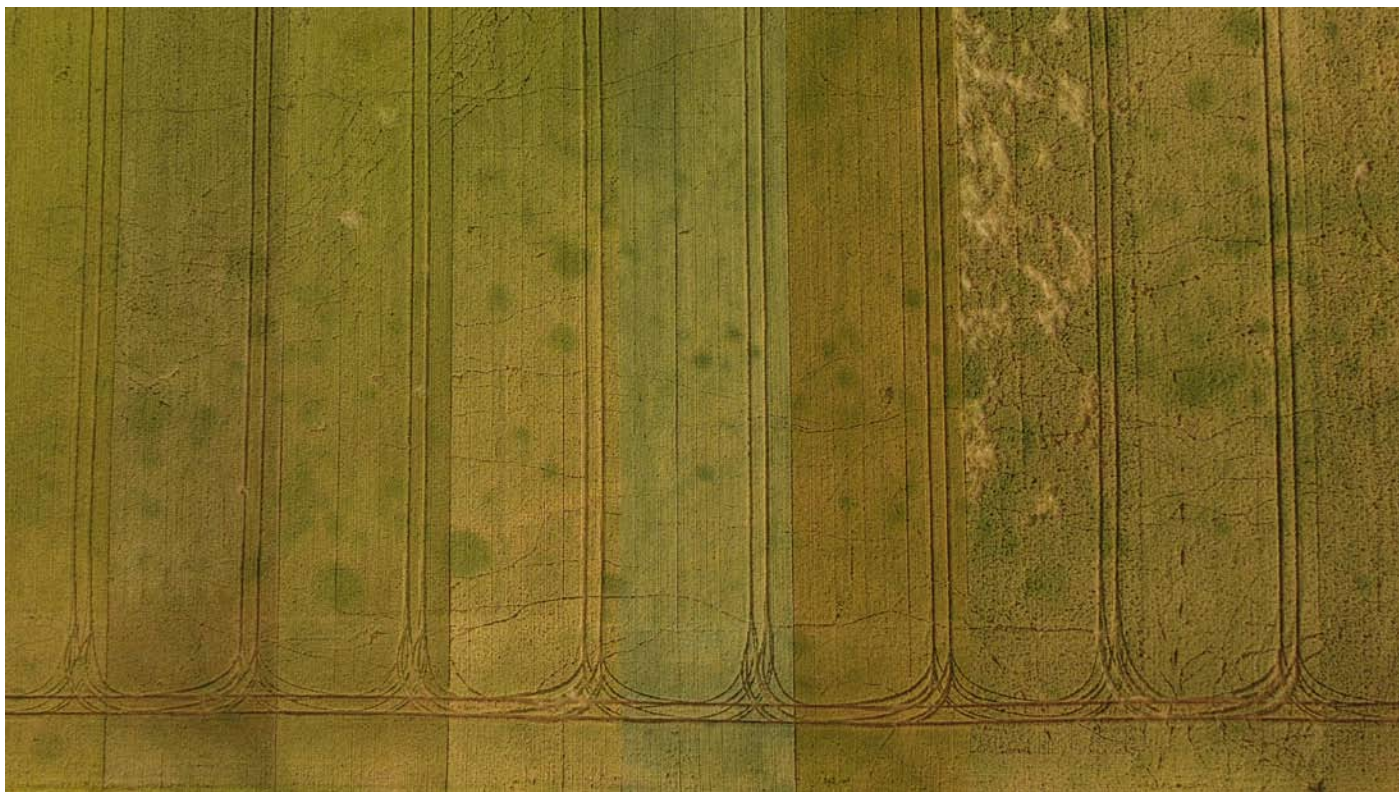
Afelderítő légirégészeti kutatás legsikeresebb, egyben legnagyobb tapasztalatot igénylő ága a növény-jelek azonosítása. Hazai és nemzetközi példák bizonyítják, hogy egy-egy jó szezonban sokszor napok alatt több informá-

ciót biztosítanak, mint minden más anomália együttesen. Nem véletlen, hogy az 1990-es évek elején Magyarországon dolgozó külföldi kutatók, így R. Goguey és O. Braasch elsősorban a növény-jeleket kutatták. Ők és mások, főként az 1996-os Balatonkiliti nemzetközi légirégészeti kutató-tábor résztvevői (BEWLEY et al. 1996) a növény-jelek és az ezek észlelését nagyban segítő monokultúras gabonatermesztés alapján tartották kiemelkedően jónak a magyarországi kutatási lehetőségeket.

A növény-jelek között megkülönböztethetünk negatív és pozitív anomáliákat aszerint, hogy a növény növekedése gátolt, visszamaradott (negatív jelek), vagy környezeténél erőteljesebb (pozitív jelek). A gyorsan (sokszor néhány óra alatt) jelentősen változó színeltérések és a számos tényezőtől függő megjelenésük (CZAJLIK et al. 2021) miatt szokták a növény-jeleket tűnékeny jelnek (vö. GOGUEY – SZABÓ 1995, 87-89) nevezni, szemben a többé-kevésbé állandónak tekinthető talaj-jelleggel. A falak felett a növény alacsonyabbra marad, a stresszre, elsősorban a csapadék hiányára érzékenyebben reagál, növekedése gátolt, a gabonafélék korábban sárgulnak. Az árkok, gödrök jobb szervesanyag és nedvesség-ellátottságára a növények erősebb, gyorsabb növekedéssel, a gabonák későbbi sárgulással reagálnak (32. ábra). A növény-jelek kutatásánál fontos szerepe lehet a ferde megvilágításnak, hiszen az teszi láthatóvá a magasságkülönbségeket, felerősítve a színeltérés révén jelentkező hatást (pl. SZABÓ 2016, 72. kép).

##### 4.3.4.1. Őszi búza/árpa (*Triticum aestivum* / *Hordeum vulgare*)

A régészeti jelenségeket jelző, eltérő növényi fejlődés/érés a nemzetközi és a hazai tapasztalatok szerint is elsősorban a Magyarországon jelentős mennyiségben termelt kalászos gabonafélékre jellemző, különösen az őszi vetésű búzáknál gyakori. Hasonlóan jól jelez az őszi árpa is, amelynek vetésterülete kisebb, elkülönítésük a levegőből csak növekedésük és érésük eltérő hossza/időpontja alapján lehetséges, ezért együtt tárgyaljuk őket. Fontos tudnunk, hogy a régészeti jelenségek hosszú ideig – általában



33. ábra. Hibridbúza-vetések Lesencetomaj – Felső-Tőreki dűlő (Veszprém vármegye). Félig földbe mélyített épületek és gödrök nyoma a táblában. A területen sávosan legalább 6-7 különböző hibridet vetettek, amelyek színe és a régészeti jelenségek, valamint a körülöttük lévő területek kontrasztja eltérnek egymástól. 2022. június 4., Czajlik M. felvétele

április elejéig csak a magasságkülönbség révén észlelhetők. Ezek az – akár 30 cm-t is elérő (DONEUS 2013, 174) eltérések a téli – kora tavaszi csapadék mennyiségétől függenek és nem minden szezonban alakulnak ki. Először általában csak a nagyobb struktúrák (pl. árkok) mutatkoznak meg és a jelenségek kontúrjai sem határozottak. Az érésnek 4 fázisa lehetséges, először magasságkülönbség alakulhat ki, április végétől a növekedésében gátolt őszi búza világosabb zöldre, majd májustól sárgává válik, valamivel később (júniustól) az egész gabona-tábla vált át világosabb zöldre majd sárga színre, végül az addig zöld pozitív növekedési jelek is sárgává/barnává alakulnak, ami általában aratásig már nem változik. Az őszi árpa esetében folyamat gyorsabb: már április végén jelentős színelkülönbség alakulhat ki, általában június elején pedig bekövetkezik a világossárga, teljes érésre utaló állapot.

Ez a folyamat a pozitív növény-jelek esetében is hasonlóképpen zajlik le, azzal a különbséggel, hogy azok általában néhány héttel később kezdenek jól látszani, mint a negatív növény-jelek (CZAJLIK 2010, 85).

Ezek az érési folyamatok tarthatnak hetekig/ hónapokig, de nagy melegben akár napok, sőt órák alatt végbemehetnek, különböző hosszúságú időszakokat (időablakokat) biztosítva a megfigyelésre/dokumentálásra. A magasságkülönbség és a színelkülönbség együttes hatása más kultúrnövényeknél is jelentkezhet, a kalászosoknál azonban további előnyt biztosít a sűrű vetés, ami finom rajzolatú, jól értelmezhető légi fotó lelőhelyeket, más növényben ritkán látható részleteket (pl. sírokat, vagy épületek szerkezeti elemeit) eredményezhet. A tavaszi búzában/árpában általában később és az őszi változatokhoz képest kevésbé intenzíven figyelhetők meg a gabona-jelek. Miklós Zs. vetette fel, hogy a búza (és a kukorica) egyes hibridjei másként reagálhatnak a talaj-anomáliákra (MIKLÓS 2010, 855). Szerintünk az eltérés valóban létezik, de inkább különböző színárnyalatokon, erősebb/gyengébb kontraszton keresztül mutatkozik meg (33. ábra). Az árpához hasonlóan a rozs (*Secale cereale*) megkülönböztetése is bizonytalan a légirégészetben. A korábban érő, jóval világosabb színű zabban (*Avena*) ritkán, de megfigyelhetők régészeti jelenségek.



A



B

34. ábra. Növény-jelek kialakulása hegyi kaszálón. A gödrökre utaló nyomok alapján utóbb egy szkíta temetőt tártak fel (Fântânele/Szászújós [Matei/Szentmáté], La Gâta, Dealul Iușului, Județul Bistrița-Năsăud/Beszterce-Naszód megye, Románia, BERECKI et al. 2012, 46-47). 2009. június 26., Czajlik Z. felvétele (A) és értelmezése (B)

#### 4.3.4.2. Tritikálé (*Triticale*/búzarozs)

A takarmánynövényként bizonyos régiókban, így a Dél-Dunántúlon gyakrabban vetett tritikálé jellegzetes, intenzív zöld/zöldeskék színű tábláiban hasonlóan jó eséllyel lehet megfigyelni növény-jeleket (CZAJLIK 2010, 86-87; MIKLÓS 2010, 855), mint a búzánál és az árpánál. Fontos különbség azonban, hogy az érés tapasztalataink szerint jóval korábban, már májusban elkezdődhet, hasonlóan a ritkán vetett rozshoz és zabhoz.

#### 4.3.4.3. Legelők/kaszálók

A búza-/árpa-/rozsfélékhez közel álló fűvek elvben képesek az eltemetődött régészeti jelenségek jelzésére, azonban területük csökkenése, valamint a legeltetés és a kaszátatás miatt Nagy – Britanniával (pl. NEOGRÁDY 1948-1950, 4. ábra) ellentétben ritkán észlelünk rajtuk régészeti jelenségeket (Magyarországon lásd: NEOGRÁDY 1948-1950, 299; GOGUEY – SZABÓ 1995, 76); Erdélyben: 34. ábra). Speciális lehetőséget jelentenek a lekaszált területek, amelyeken száraz időszakban az árkok/gödrök nyomát gyorsan sarjadó fű mutathatja meg (DELÉTANG 1999, 60). A kevés hazai adat összefügghet azzal is, hogy az erre alkalmasabb augusztusban térségünkben jóval kevesebb a régészeti célú repülés, mint a nyár elején. M. Doneus szerint a téhenlegelőkön nehezebb az értelmezést a téhenlepények, illetve egyes, kör alakban terjedő gombák (DONEUS 2013, 174), véleményünk szerint mindkét jelenség viszonylag könnyen szűrhető a légi fényképezés során.

#### 4.3.4.4. Kukorica (*Zea mays*)

Bár a korábbi tapasztalatok szerint kukoricában nagyon ritkán azonosíthatók régészeti jelenségek, Közép-Európában ma már rendszeresen figyelnek meg növény-jeleket a törökbúzában. Tudomásunk szerint Magyarországon először Miklós Zsuzsának sikerült érő kukoricában régészeti jelenséget azonosítani (Őcsény – Pusztagyörke, Tolna vármegye, 2000. augusztus 5., MIKLÓS 2010, 17. ábra). Bertók G. 2006. augusztus 5-én Szemely Hegyesnél (Baranya vármegye, BERTÓK – GÁTI 2014, 65, O. Braasch 2009. augusztus 13-án Harkánynál (Baranya vármegye, SZABÓ 2016,



35. ábra. Kukorica-jel kialakulása éréskor. Ovális neolitikus árok Feked – Laposnál (Baranya vármegye, BERTÓK – GÁTI 2014, 34). 2011. augusztus 31., Bertók G. és Gáti Cs. felvétele

99) fényképeztek le újkőkori körárkokat, a legszébb hazai példát azonban 2011. augusztus végén, Feked – Laposnál dokumentálta Bertók G. és Gáti Cs. (35. ábra). A kora nyári időszakban, az egyenetlenül kikelt kukorica segítségével O. Braasch figyelt meg régészeti jelenségeket 2002. július 5-én Mohácsnál (Baranya vármegye, BRAASCH 2003, Abb. 18), majd Czajlik Z. 2003. június 5-én Soltnál (Bács-Kiskun vármegye, CZAJLIK 2004, 120). Ugyancsak a korai növekedési fázisban dokumentált félig földbe mélyített épületeket M. Doneus Prellenkirchennél, Alsó Ausztriában (DONEUS 2013, Abb. 70). A felsorolt példák alapján nyilvánvaló, hogy a törökbúza növekedése során két különböző időablakban kutatható. Korai növekedési fázisa szerencsés módon egybeesik a kalászosok júniusi/július eleji érésével, színeltérést viszont csak augusztusban mutat,



36. ábra. Bronzkori hármas árokrendszer nyoma elvirágzott repcében Dömsöd – Tekeres-pataknál (Pest vármegye). 2018. április 19., Czajlik Z. felvétele



37. ábra. Középső újkőkori körárok nyoma borsóban Strögen határában (Alsó – Ausztria, Ausztria). M. Doneus felvétele (DONEUS 2013, Abb. 78)

ezért akkor célzott repüléseket igényel. A növény nagy és egyre növekvő vetésterülete miatt mindenképpen szükséges növekedésének és érésének, a régészeti jelenségekre való reagálásának részleteit jobban megismerni.

#### **4.3.4.5. Repce (*Brassica napus*)**

Az olajnövények részaránya nő a hazai szántóföldi növénytermesztésben (KSH). A repcében, különösen a virágzás elején és végén elsősorban a feltöltődött árkok nyoma rajzolódhat ki, ezt tanúsítják Bertók G. és Gáti Cs. Kökény – Temetői-dűlőnél 2011. május 7-én és június 14-én (Baranya vármegye, BERTÓK – GÁTI 2014, 46-47)., Miklós Zs. Bag – Peres-dűlőben 2008-2009 tavaszán (MIKLÓS 2010, 855) és Czajlik Z. Dömös – Tekeres-pataknál (mindkettő Pest vármegye) 2018. április 19-én végzett észlelései (36. ábra). Száraz években, korai a növekedési fázisban kisebb jelenségek, így földbe mélyített épületek is megmutatkozhatnak benne (DONEUS 2013, Abb. 63).

#### **4.3.4.6. Napraforgó (*Helianthus annuus*)**

A napraforgóval kapcsolatban hazai megfigyelésről nem tudunk, a nemzetközi szakirodalom azonban említi (SCOLLAR et al. 1990, 53-54). M. Gojda kutatásai alapján jól észlelhető növekedési különbség alakulhat ki benne, amelynek segítségével árkok, sőt félig földbe mélyített épületek nyoma is azonosítható (GOJDA 2020, fig. II.9, bal oldali képek).

#### **4.3.4.7. Borsó (*Pisum sativum*)**

A nagyüzemi táblákon termesztett borsó vetésterülete kicsi. Általában gyenge kontúrral, de megbízhatóan jelzi a régészeti jelenségeket. Nehezíti megfigyelését, hogy az első között, már június első felében megtörténik a betakarítása. A rendelkezésre álló időablak tehát nagyon rövid, fényképezését érdemes más növények (pl. tritikále) kutatásával összekötni. Szép borsó-jeleket ismerünk Champagne-ból B. Lambot-nak (LAMBOT 1996, 35, 56) és Ausztriából M. Doneusnak köszönhetően (37. ábra).

#### **4.3.4.8. Cukorrépa (*Beta vulgaris*)**

Angliai adatok (RILEY 1979, 29) és a korábban idézett németországi párologtatási görbe (22. ábra) alapján a cukorrépát is lehetséges jelző növényként tartja számon a kutatás (BRAASCH – KAUFMANN 1992, 204). M. Doneus tapasztalatai alapján főként növekedésének korai szakaszában lehet régészeti szempontból eredményesen megfigyelni (DONEUS 2013, 174, Abb. 66). Sajnos vetésterülete Magyarországon olyan jelentéktelenre zsugorodott, hogy az észlelések gyarapodása alig-alig várható.

#### **4.3.4.9. Facélia (*Phacelia tanacetifolia*)**

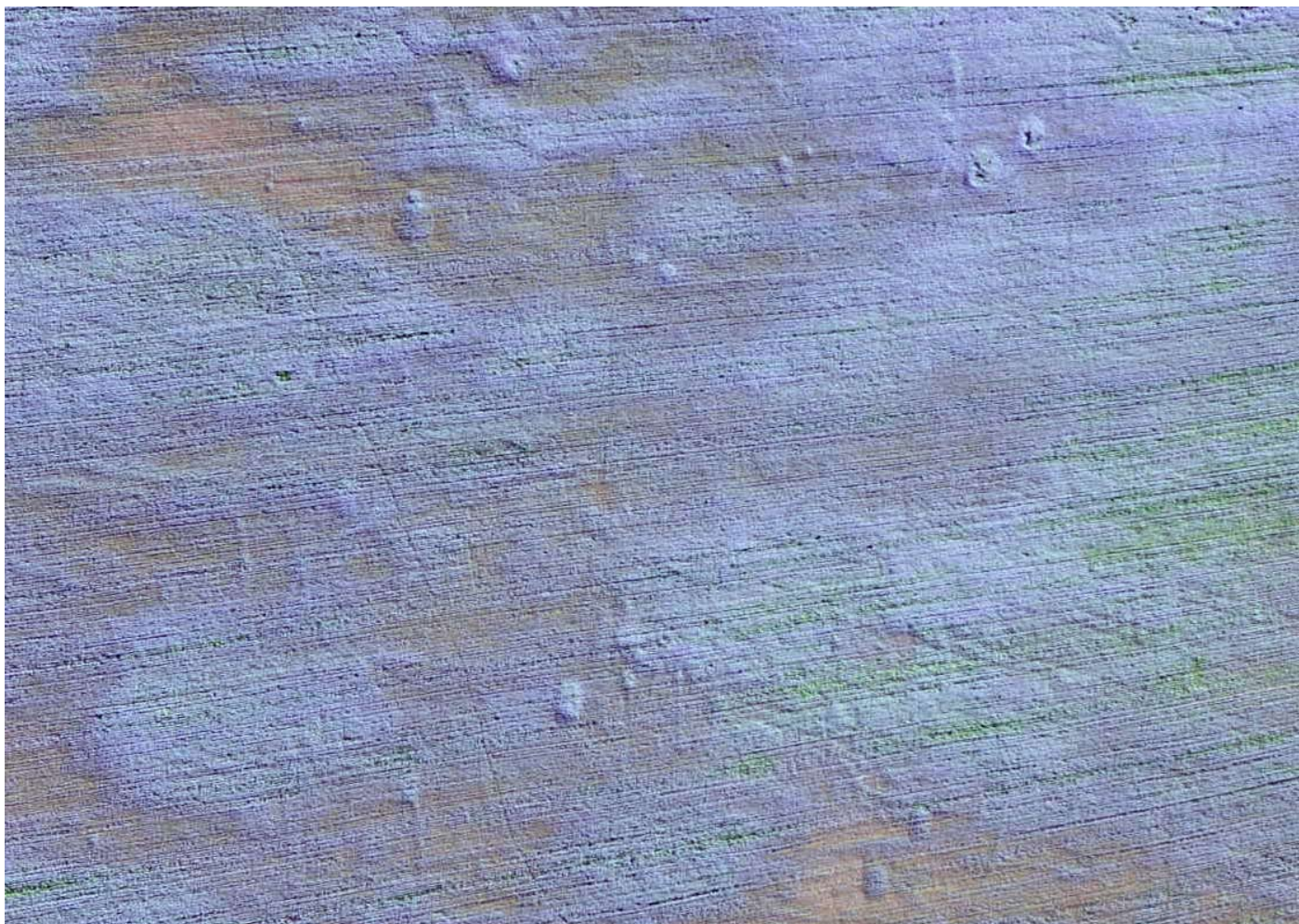
A korábban tévesen mákként azonosított facélia (CZAJLIK 2022, 128) szerepe növekvő, mert egyes szezonokban virágzó állapotában eredményesen kutatható. Eddig csak pozitív növényzeti jeleit figyeltük meg kékeslila színű, sűrű sor- és tőtávolságú tábláiban (38. ábra).

#### **4.3.4.10. Burgonya (*Solanum tuberosum*)**

A brit szakirodalom említi lehetséges jelzőnövény szerepét (EVANS – JONES 1977, 63). Saját kutatásaink során, illetve a magyarországi és a közép-európai szakirodalomban még nem találkoztunk burgonya segítségével azonosított régészeti jelenségekkel.

#### **4.3.4.11. Lucerna/lóhere (*Medicago sativa/Trifolium pratense*)**

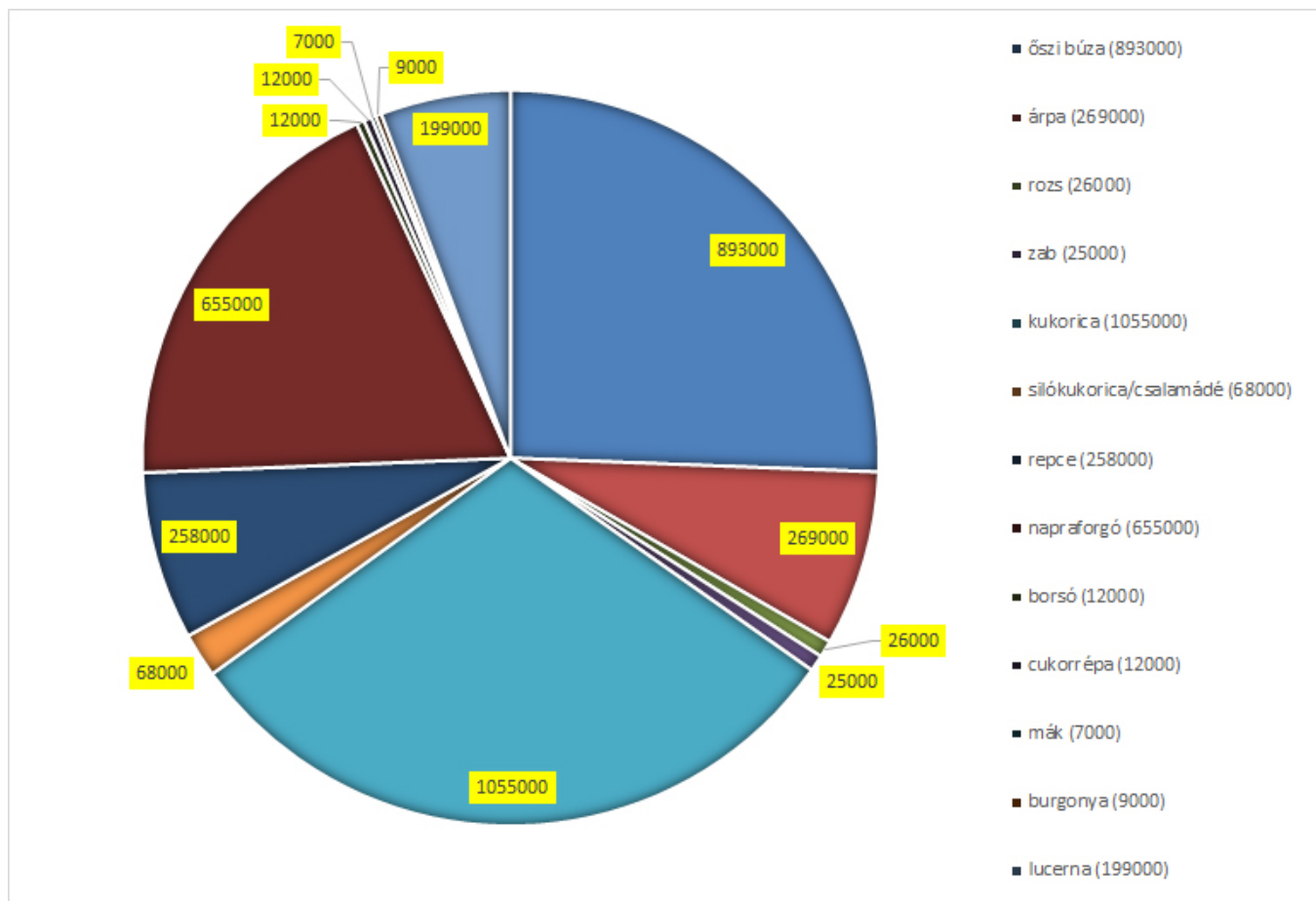
Jelentős különbség a korábban felsoroltakkal szemben, hogy évelő növényekről van szó, ami – főként ismert régészeti jelenségek esetén – ideális lehetőséget biztosít a lehető legkedvezőbb időpontban történő, ismételt megfigyelésekre. Hátrányuk azonban, hogy viszonylag későn, július közepe felé, a még le nem aratott búzatáblák kutatásával egyidejűleg érdemes őket fényképezni. További problémát jelent, hogy tapasztalataink alapján a jelek kialakulásával jóformán egy időben kaszálásukra is sor kerül. A borsóhoz hasonlóan, elsősorban árkok, nagyobb konstrukciók nyomát mutatják meg (39. ábra). A francia légi régészek tapasztalatai alapján száraz években,



38. ábra. Egymástól távol álló, földbe mélyített épületek, valamint néhány gödör és árokrészlet nyoma virágzó facéliában Töltéstava – Róka-szeri-dűlőben (Győr-Moson-Sopron vármegye). 2009. június 17., Czajlik Z. felvétele



39. ábra. Erősen lepusztult kora vaskori tumulus sírkamrájának és körárkának nyoma lucernában az Érd/Százhalombattai (Pest vármegye) halomsírmezőn. 2013. július 6., Czajlik Z. felvétele



40. ábra. A légirégészeti szempontból releváns szántóföldi kultúrnövények betakarított területe Magyarországon 2021-ben. A KSH kördiagramon ábrázolt adatainak forrása: [https://www.ksh.hu/stadat\\_files/mez/hu/mez0012.html](https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0012.html)

pozitív növekedési eltéréssel, nagyon finom eltéréseket is képesek jelezni (DELÉTANG 1999, 24). 1989 száraz nyarán Nanteuil-sur-Aisne (Franciaország) határában nagyobb mennyiségű csapadék hatására a lekaszált lucerna-tarlón alakultak ki jól megfigyelhető növény-jelek (DELÉTANG 1999, 48).

#### 4.3.4.12. A gyomnövények

A pipacson (*Papaver rhoeas*) kívül (lásd: GOJDA 2020, 135) más szántóföldi gyomnövény jelző szerepéről nem tudunk. Vannak azonban olyan növények, amelyek jelezhetik egykori települések helyét, vagy a közvetlen környezetükben folytatott növénytermesztést. Ide soroljuk a metélőhagymát (*Allium scorodroprassum*), a mályvát (*Malva alcea*), a majorannát (*Origanum vulgare*) és olyan fajtákat, mint a libatopfélék (*Chenopodium*) és a keserűfűfélék (*Polygonum*), amelyeket valamikor valószínűleg kultúrnövényként termesztettek (HERBICH 1996, 1-2). A Magyarország középső területein korábban igen elterjedt nyári héricsnek (*Adonis aestivalis*) a

lengyelországi kutatások alapján kiemelkedő jelentősége lehet erődített települések azonosításában (HERBICH 1996). A felsoroltak levegőből való észlelhetősége azonban csak művelés alatt nem álló, esetleg ugaroltatott területeken merülhet fel. Az utóbbi művelési állapotban M. Doneus fényképezett növény-jeleket (Oslip, Burgenland, Ausztria; DONEUS 2013, Abb. 68), ezek azonban véleményünk szerint valószínűleg nem a gyom, hanem a korábban ott termesztett növény kicsírázása révén alakulhattak ki.

A növény-jelek fent bemutatott sorrendjét két tényező határozta meg; egyfelől igyekeztünk az alapvető rokonsági viszonyait érzékeltetni, másfelől az egyes növénycsaládok tükrözik a régészeti jelenségek hazai észlelése során tapasztalati úton kialakított fontossági sorrendet. Az utóbbi összefügg az egyes kultúrnövények vetésterületei közötti arányokkal, amit más országokban eddig nem vettek figyelembe. Nyilvánvaló módon a sorrend nem teljesen azonos más közép-európai országok, így elsősorban Ausztria és Csehország kutatóinak tapasztala-

taival. Ez összefügghet a korábban bemutatott, feltehetően bizonyos mértékig eltérő hazai vetésszerkezettel, de okozhatják klimatikus különbségek is.

A legjobb jelző-növényeknek egész Európában a kalászosokat tartják. Ezeken belül D. N. Riley emelte ki az árpa szerepét (RILEY 1979, 30) és ezt a tézist vette át M. Doneus (DONEUS 2013, 171) és M. Gojda (GOJDA 2020, 133). Magyarországon azonban a kalászosok között a búza, azon belül is az őszi búza részaránya jóval magasabb az árpánál (részletesen lásd a 3.2. fejezetben), ami biztosítja számára a legfontosabb jelző-növény pozícióját. M. Gojda kevésbé tartja fontosnak a kukorica szerepét (GOJDA 2020, 133), ami azonban már Ausztriában sem igaz (DONEUS 2013, 174). Magyarországon pedig a felsorolt példák alapján jóval nagyobb lehet a jelentősége, különösen, ha a nagy vetésterületét is figyelembe vesszük. Fontos tanulság azonban, hogy szükség van a kukorica-tábláknak az augusztusi időablakban való rendszeres megfigyelésére is. Az olajnövények jelentőségét a hazai gyakorlatban nagy vetésterületük, illetve a repcével kapcsolatban – Ausztriához hasonlóan – az elért szép eredmények bizonyítják. A napraforgó jelzőnővényként való jelentőségére a régióban M. Gojda kutatásai irányítják rá a figyelmet (GOJDA 2020, 133). Ugyanő és M. Doneus a repce mellett a cukorrépa és a borsó fontosságát emelte ki (DONEUS 2013, 171-174), amelyeknek azonban a vetésterülete Magyarországon túl kicsi ahhoz, hogy érdemben befolyásolják a légi fényképes kutatások eredményességét. Hasonló a helyzet a facéliafélekkel is. Évelő növényként és az említett kis időablak miatt a lucerna/lóhere került az utolsó helyre, dacára viszonylag nagy vetésterületének (40. ábra).

A ritkább jelző növények mindegyike alkalmas arra, hogy segítségükkel új lelőhelyeket derítsünk fel. Ugyanez igaz a kukoricára is. Ez

azt jelenti, hogy nem feltétlenül látványos, sok esetben csak „gyanús” területek deríthetők fel, amelyeket később, más növénykultúra segítségével érdemes ellenőrizni. Erre a vetésforgó ad lehetőséget, amelyben a kalászosok jelentik a legnagyobb esélyt. Az egymás utáni években készült felvételei alapján érzékelhető, hogy ezzel a stratégiával dolgozott O. Braasch is, közel két évtizedes, elsősorban a szántóföldi művelésű területekre fókuszáló magyarországi kutatásai során.

A növény-jelek kutatásának eredményessége nagyon sok tényezőtől függ, amelyek egy része viszonylag jól tervezhető adottság, más körülmények viszont rendkívül kiszámíthatatlanná teszik kutatásukat. Nem változik a közet és az azon kialakult talaj, nem, vagy lassan változnak a felszínborítási viszonyok. Az erdős területek általában állandóak, a bokrosok, gyümölcsösök, szőlők ugyancsak többnyire stabilak. A szántóföldi művelés alatt álló területeken a parcella-méret, utak gyakran változnak, ez azonban nem befolyásolja lényegesen a lelőhelyek észlelését. A legtöbb régészeti információt – hasonlóan minden más topográfiai módszerhez – a művelésből való végleges kivonással, vagyis a beépítésekkel veszítjük el.

Kalkulálható, bár nem mindig egyértelmű a csapadék hatása. Ahogyan korábban írtuk, főként a téli és a tavaszi csapadék-mennyiségnek van jelentősége, mert ennek hiánya fokozza a növekedési különbségek kialakulását. A szokásosnál nagyobb mennyiségű, akár késő tavasszal megérkező csapadék azonban eltüntetheti az eltéréseket, vagy széllal párosulva az érő gabona megdőléséhez vezethet, ami észlelési szempontból csak nagyon ritkán előnyös (SZABÓ 2016, 21). Végül, de nem utolsó sorban a repülésre kiválasztott időablak várható és aktuális időjárása egyaránt kritikus tényező. Hiába tudjuk ugyanis, hogy mikor kellene végrehajtani a fényképezést, ha akkor – esetleg hosszabb ideig – nem, vagy alig alkalmas az idő repülésre.

## 5. A KISGÉPES RÉGÉSZETI CÉLÚ LÉGI FÉNYKÉPEZÉS RÉSZLETES MÓDSZERTANA

## 5.1. Bevezetés

A régészeti célú légi fényképezésnek, mint a legnagyobb hagyományokkal rendelkező prospekciós módszernek az elmúlt 100 év alatt könyvtárnyi irodalma jött létre. Széles tárházát ismerjük a fotóalbumszerű közlésekre, a tájrégészeti aspektusok részletes bemutatására és a technikai elemzésekre vonatkozó műveknek. Ugyanakkor a tevékenység hétköznapi, gyakorlati részével kevés munka foglalkozik, az általunk ismert egyik fontos kivétel J. Dassié könyve (DASSIÉ 1978). A szűk választék részben talán annak is köszönhető, hogy a tudományterületet művelői mindig is nehezen, sok-sok gyakorlással elsajátítható diszciplínának tartották. R. Goguey félig tréfásan mondta egyszer, hogy „60 éves koromban már egészen jól értettem a régészeti célú légi fényképezéshez”. Nem véletlen az sem, hogy az 1990-es években, Közép-Európa légirégészeti nyitásával a hangsúly nem a tankönyvi formára, hanem az ösztöndíjak révén történő egyéni képzésekre, illetve a légirégészeti oktatótáborokra helyeződött (pl. BEWLEY et al. 1996).

Fontosnak tartjuk, hogy egy fejezet terjedelmének megfelelő részletességgel bemutatásra kerüljenek mind az adatgyűjtés/felkészülés, mind a technikai adottságok/lehetőségek kérdései. Mindenképpen figyelembe kell ugyanis venni, hogy összetett, sok tekintetben még a lelőhely-felderítés más ágaitól is jelentősen különböző tevékenységről van szó, amelynek a rokon területek művelői által gyakran hangoztatott ismérve a kiszámíthatatlanság. Nagyon nehéz ugyanis arra kutatási stratégiát építeni, hogy bizonyos régészeti jelenségek mindig látszanak a levegőből, másokhoz kellő rendszerességgel kell jó időben jó helyen lenni és vannak olyan lelőhelyek is, amelyeket egy évtizedben talán egyszer van alkalmunk megpillantani. Ez önmagában is kihívás, mégis igyekeztünk a hasznosítható gyakorlati tanulságokat összegyűjteni.

Ugyanakkor van a módszernek egy nagyon is kiszámítható része, az archiválásra kerülő képek, adatok elsődleges és részletes feldolgozása. Ennek legfontosabb aspektusait ugyancsak ebben a fejezetben foglaljuk össze. Ehhez kapcsolódik az az egyre bővülő ismeretanyag,

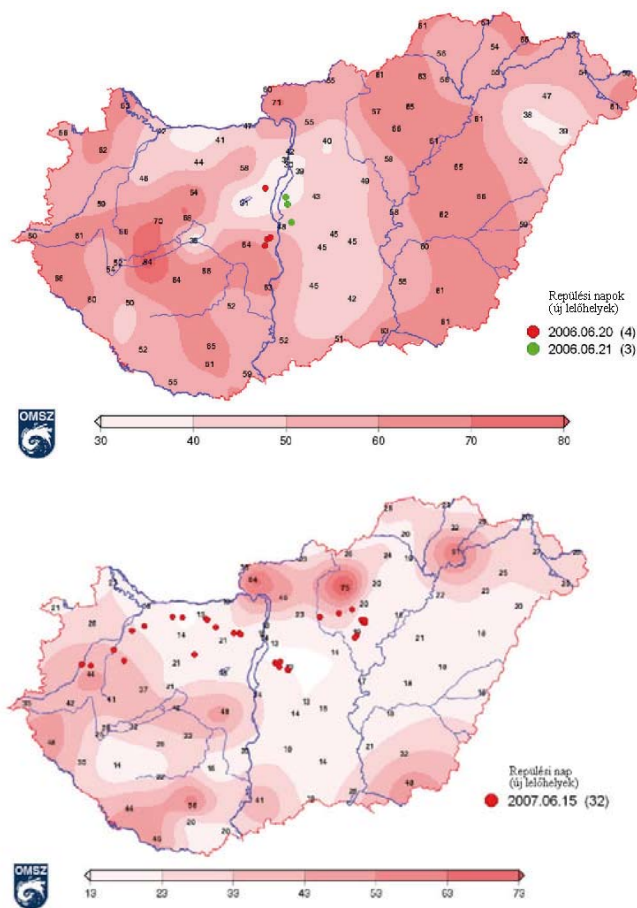
amit a különféle rokon módszerek, így mindenek előtt az ortofotózás és az űrfelvételek archív és modern változatai, valamint a hatalmas léptékkel fejlődő drónos platform biztosít számunkra. E napjainkban zajló átalakulás közepette se feledkezzünk meg azonban arról, hogy tudásunk nagy része a 100 éve jól felismert alapelveknek köszönhető, a régészeti célú légi fényképezéshez kötődik. Ennek, mint fundamentumnak az ismerete azért is fontos, mert minden technikai fejlődés ellenére sem látszik költséghatékony alternatívája az új módszerek körében. Miközben ugyanis egyes részfeladatok tekintetében akár jobb megoldások is születhetnek, aközben azt a flexibilitást és a pillanat adta lehetőségeknek azt a kihasználását, ami a rengeteg természetes változónak köszönhetően a repülőgép fedélzetén hozott döntések függvényében vezethet eredményre, a többi módszer nem képes biztosítani.

## 5.2. Adatgyűjtés, felkészülés

A régészeti célú légi fényképezés legnagyobb költségű része a megfelelő repülőeszköz bérlete. Éppen ezért a levegőben töltött időt a lehető legjobban ki kell használni, így ennél a kutatási módszernél különösen nagy szerepe van az előzetes adatgyűjtésnek és a repülés megfelelő előkészítésének.

Hazai viszonylatban az előzetes kutatómunka a régi lelőhelygyűjtések, az MRT, a kataszterezések és a lelőhely-adatbázisok adatait éppúgy érinti, mint az újabb és régi térképek, különösen a katonai felmérések, a kapcsolódó helynevek, a jól behatárolható okleveles adatok, stb. átnézését. Nő a szerepe a távérzékeléses módszerekkel összegyűjthető információknak. Nemcsak az archív légi fényképekre, a MePAR és a Google Earth interneten kutatható felvételeinek régészeti jelenségekre utaló elszíneződéseire gondolunk, hanem az egyre gyarapodó publikált légi fotó-anyag megismerésére is.

A távérzékeléses felvételek tanulmányozása, ideértve a pontos időpontot, a növényzeti borítást és a talaj-, vagy növény-jelek állapotát, valamint a régészeti jelenségek típusait, komoly segítséget jelenthet a megfelelő kutatási periódus / időablak kiválasztásában. Rendszeresen légi fényképezett régiókban a korábbi évek



41. ábra. A beszivárgási térképek felhasználása a repülések tervezésében. Az alacsony talajnedvességű területeken eredményesebb a kutatás.

A: A 2006. június 14-i adatok alapján csak egy kis terület volt kutatható, amelyen viszonylag kevés régészeti lelőhelyet azonosítottunk.

B: A 2007. június 14-i adatok alapján jóval nagyobb területen, lényegesen több régészeti jelenséget lehetett észlelni

tapasztalatai is nagyon sokat segítenek, de legalább ekkora szerepe van az időjárás megfigyelésének. Mind a talaj-, mind a növény-jelek esetében az optimális időszakok évről évre jelentősen eltérhetnek egymástól, nemcsak a kezdő időpontjukat, hanem a hosszukat tekintve is. Az időjárási elemek közül a legfontosabb, de nem egyedüli tényező a csapadék, ezért fontos a csapadék-térképek, ha van rá lehetőség a beszivárgási térképek tanulmányozása (41. ábra). Komoly szerepe van a késő tavaszi – kora nyári hőmérsékletnek is, - az extrém meleg időjárás jelentősen lerövidítheti a kutatásra alkalmas időablak hosszát.

A régészeti célú légi fényképezésre ugyanakkor sajnos jellemző, hogy a legjobb felkészülést is tönkreteheti egy tavasz végi / nyár eleji

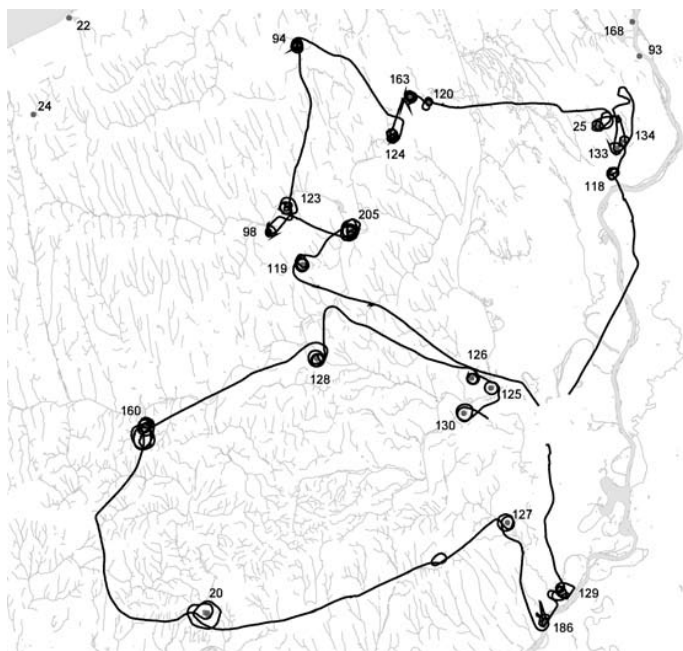
hosszan tartó esőzés, ami képes lehet teljes mértékben eltüntetni a gabona-jeleket. A kiszámíthatatlanság ugyanakkor kedvezhet is: bizonyos években olyan mennyiségű és minőségű információ gyűjthető össze, ami akár egy évtizedre elegendő feladatot ad. A felkészülésünk tehát nem vesz kárba, legfeljebb egy következő szezonban kamatozik.

A régészeti célú légi fényképezések során a legfontosabb feladatunk az új lelőhelyek, az új régészeti információ azonosítása. Ha erre nyílik lehetőségünk, akkor azt mindig prioritásként kell kezelnünk, hiszen nem tudhatjuk, mikor, kinek lesz alkalmunk azt a jelenséget újra azonosítani? Hasonlóképpen, különösen a növény-jelek felderítése esetén, mindig figyelni kell arra, hogy a légifotó-lelőhelyek környezetét, a hasonló érési állapotú gabonaföldeket is átnézzük, mert így újabb lelőhelyeket ismerhetünk meg. A prioritások rugalmas megváltoztatása repülés közben azonban nem jelentheti azt, hogy csak „lelőhelyvadászati” céllal szállnánk fel, amint az a légirégészet úttörőinek esetében még gyakori volt.

A légi kutatás lehet tematikus (pl. várak, halomsírok, utak, római villák, stb.), lehet egy régió általános megismerését, kutathatóságát célzó (ilyenek voltak O. Braasch és R. Goguey 1990-es években végzett magyarországi repülései), lehet kutatási programhoz kapcsolódó, rendszeres légi „megfigyelés” (pl. a *ripa Pannonica*, vagy *Brigetio* környékének intenzív légirégészeti kutatása), Előfordulnak örökségvédelmi feladatellátáshoz kapcsolódó légi fényképezések is (pl. új utak építéséhez kapcsolódóan). Mindezek más-más előkészítést, a légi régész részéről eltérő felkészülést igényelnek.

### 5.2.1. Szempontok az előzetes adatgyűjtéshez

A tematikus kutatásokhoz végzett adatgyűjtés során az érintett területről olyan pontok (lelőhelyek) koordinátáit rendezzük repülési szempontból logikus sorrendbe, amelyek légi fényképezése dokumentációs, vagy kutatási szempontból fontos. Ezek jellemzően lelőhelygyűjtések eredményei (pl. őskori erődített települések, középkori templomok), stb. A koor-



42. ábra. Ismert lelőhelyek légi fényképezése 2001. április 28-án (A repülővezető Cziráki P. a régész-légi-fotós Czajlik Z., a térképész Holl B. volt). Az útvonalat az 1998-1999-ben elkészített Magyarország Földvár Kataszterében (lásd: NOVÁKI et al. 2006) szereplő dél-dunántúli őskori erődített települések dokumentálása érdekében állítottuk össze. Az ősényi felszállással végrehajtott repülés során számos új részletet és egy korábban ismeretlen erődítést azonosítottunk (CZAJLIK – HOLL 2003)

dináta-lista kezelése (általában a navigációs GPS segítségével) a repülővezető feladata, a pontok/lelőhelyek fedélzeti azonosítását a légi régésznek kell elvégezni (42. ábra). Ehhez a koordinátákon kívül szükség van leírásokra, a terepen, vagy a Google Earth-rendszerrel készült fotókra, esetenként részletes térképre.

Az egy-egy régió általános megismerését szolgáló légi kutatásokra történő felkészülés során különbséget kell tennünk a szántóföldi művelés alatt álló, vagy legeltetett, kaszált területek, illetve az erdővel borított zónák között. Az első esetben a legfontosabb szerepe a korábbi kutatói tapasztalatoknak van. Ez segít ugyanis a leginkább a megfelelő, felderítésre alkalmas kora nyári időpont kiválasztásában. A hegyvidéki területek légitrégészeti kutatásában jóval nagyobb szerep jut a helyismeretnek, a már ismert zónák jó (általában téli, kora tavaszi) láthatóságához kell igazítani a repülést.

A kutatási programokhoz végzett rendszeres légi megfigyelések során használhatjuk a lelőhelyek összesítő térképeit, sokkal eredményesebb

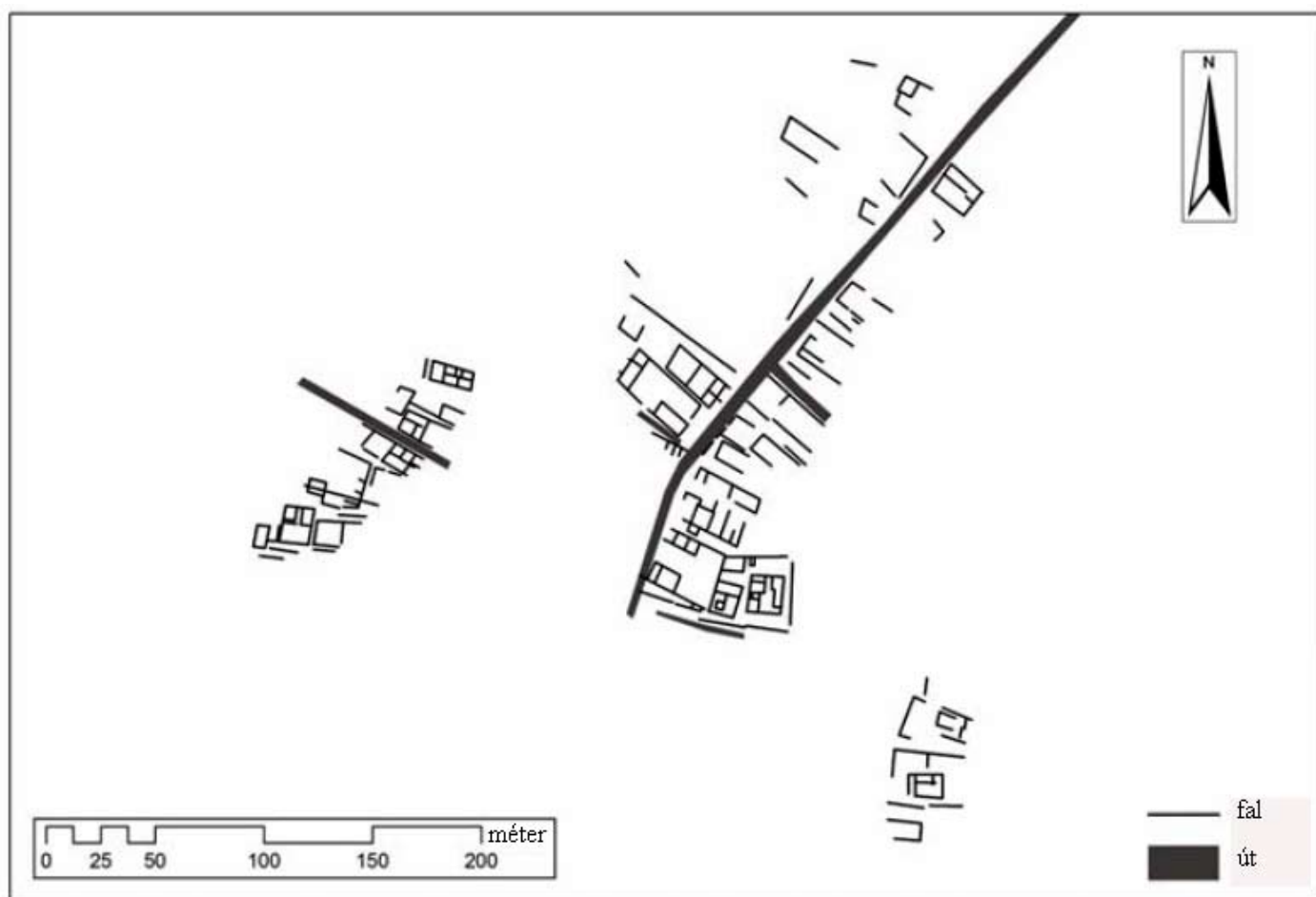
azonban a munka, ha a légi régész még a repülés előtt megtanulja a fényképezni kívánt területek részletes topográfiai viszonyait. A fényképezések során törekedni kell arra, hogy főként a korábban nem ismert részleteket vegyük észre, elsősorban az új információt/összefüggéseket rögzítsük. Szükségessé válhat a párhuzamosan alkalmazott topográfiai módszerek segítése is, így például egy adott időszakban felszíni leletgyűjtésre alkalmas területek légi fényképes dokumentálása.

Az örökségvédelmi feladatellátáshoz végzett repülések során fontos a területről már korábban ismert lelőhelyek geolokációs adatainak előzetes ismerete. Ezek ugyanis támpontot adhatnak a repülések során a további hasonló régészeti jelenségek felismeréséhez. Az általában terepjárásból származó lelőhely-poligonokat is érdemes előre memorizálni, hogy az esetleges eltérésekre lehetőség szerint már a repülés során felfigyeljünk. A színvonalas adatgyűjtéshez a területeket még azonos szezonon belül is érdemes legalább kétszer levegőből átnézni. A második alkalom előtt – ahogyan a tematikus, vagy projektes ismétlődő repüléseknél is – ellenőrizni kell a korábbi eredményeket, megkeresve az esetleges problémákat, tisztázandó kérdéseket is.

A légitrégészeti kutatásban az adatgyűjtés és az előkészítés folyamatos tevékenységet jelent. Nemcsak a saját légi fényképes eredményeinket kell elemezni és beépíteni ebbe, hanem minden más topográfiai módszer, sőt adott esetben még a feltárások adatait is naprakészen számon kell tartani ahhoz, hogy a változó tájban megőrződött régészeti információt a lehető legnagyobb hatékonysággal dokumentálhassuk.

### 5.2.2. Az időablakok kiválasztása

A légi fényképezéshez – mint a fényképezés minden ágához – fény kell. A fényképezendő területek nagysága miatt ennek biztosítása csak természetes megvilágítással képzelhető el. A tiszta levegő fontosabb tényező, mint a nap-sütés, bár a felvételeknek általában jót tesz a direkt napfény. Szélcsendes időben könnyebb fényképezni, ilyenkor azonban mindig nagyobb a párasodási hajlam is. Nyáron gondot okozhat a hőség, egyrészt az erős, a repülőgépet dobáló feláramlások (termikek), másrészt a repülőmo-



43. ábra. Războieni (Ad Vatabos, județul Alba, România). A római vicus fotómozaikja (A) és értelmezése (B) a 2009-2012 között készült légi felvételek alapján (Czajlik Z. felvételei, Rupnik L. feldolgozása, 2013)

torok hűtési problémái miatt. Előnyt jelent, hogy régészeti célú légi fényképezésre minden évszak alkalmas, ugyanakkor minden időszak más-más lehetőségeket biztosít a megfigyeléshez. Ezek használhatóságát számos tényező befolyásolja. A legfontosabbak a növényzeti borítás állapota, a kutatott régió sík-, domb-, vagy hegyvidéki jellege, a Nap látszólagos mozgása és a napszállta ideje, stb. A régészeti információt leggyakrabban a domborzati eltérések, a növény-, a talaj- és a hójelek, illetve ezek kombinációi teszik láthatóvá, tehát az alkalmas időszakokat is ezek figyelembe vételével kell kiválasztanunk.

A mérsékelt égövi kontinentális területeken késő ősztől kora tavaszig a nem változó felszínborítás a jellemző. A lombhullató erdők/bokrosok az első fagyok idején elvesztik leveleiket, kivéve a cseres/tölgyes részeket, ahol a lombzat teljes egészében csak a tavaszi rügyfakadáskor tűnik el. A szántott területeken vagy a talaj, vagy az általában viszonylag alacsony őszi vetés jelentkezik, az utóbbi esetben komolyabb felszínborítással csak a repcével hasznosított táblákban számolhatunk. Nagyon fontos, a felszínborításhoz kapcsolódó kérdés, az azonos növényzettel borított területek mérete. A légi fényképezések szempontjából az a kedvező, ha a parcella-méret viszonylag nagy. Erdőborítás esetén is könnyíti a kutatást, ha azonos fajtából álló, azonos korú fák vannak a kutatandó területen, de különösen szembetűnő a homogén növényzettel borított területek haszna a szántóföldeken. Az 1990-es években Magyarországon dolgozó specialisták nagyon kedvelték az óriási, monokultúrás gabonaműveléssel hasznosított alföldi területeket. A mozaikosabb hasznosítású dombvidékeken, vagy éppen az olyan, archaikusabb tájakon, mint az erdélyi Mezőség, vagy akár a Maros-völgyének jelentős része (vö. BERECKI et al. 2012, 2013; CZAJLIK et al. 2014), egy-egy lelőhely nagyon sok parcellára terjedhet ki, ezekbe pedig egyidejűleg nem vetnek azonos kultúrnövényeket. Ennek megfelelően a régészeti információ is mozaikos lesz, sokévi munkával, az időablakok folyamatos keresésével, azaz végső soron számos repüléssel lehet összeilleszteni a többé-kevésbé teljes képet (43. ábra).

A rövid nappalok miatt a késő őszi, kora téli repülések szervezése nehéz. Előnyt jelent ugyanakkor, hogy ilyenkor a lapos megvilágítás miatt napsütéses időben mindig lehet árnyékjeleket fényképezni. Ha tehát a domborzati különbségeket, vagy a talaj-jeleket (hójeleket) kutatjuk, akkor a repüléseket általában télen, vagy kora tavasszal célszerű végrehajtani. Nehezíti azonban a konkrét időpont kiválasztását az erre az időszakra jellemző pára (és szmog), amely gyakran rontja a látást. A hó hiánya, vagy csak rövidebb ideig, a magasabb térszíneken való megjelenése problémát okoz a légirégészeti kutatásban is, - sokszor évekig kell várni egy-egy időablakra.

Bár bizonyos években az őszi vetésű gabonákban már kora tavasszal, sőt akár ősszel láthatóvá válnak a – főként a növekedési különbségből adódó – növény-jelek, a tavaszi időszakban leginkább a talaj-jelek kutathatók. Ilyenkor az őszi vetésű gabonával vetett részekben is sokáig inkább, vagy részben a talaj-jelek látszanak, az áprilisban vetett kukorica esetében pedig ez a megfigyelési lehetőség egészen júniusig kitolódhat. Segítik a munkát a hosszabbodó nappalok, nehezítik a „bőjti” szelek, utóbbiak elcsitultával pedig az április közepéig igen gyakori párásodás. Tudni érdemes, hogy a térképészeti célú légi fényképezésben hagyományosan ez a preferált időablak, hiszen az ekkor készült felvételeken a növényzeti borítás még nem okoz problémát, ugyanakkor az ősztől kora tavaszig tartó alacsony napszögből következő mély vetett árnyékok sem jelentkeznek már.

A növény-jelek dokumentálásában a késő tavasz – kora nyár a legfontosabb periódus. Legelők és bizonyos haszonnövények (pl. kukorica) esetében ez az időszak kora őszig kitolódhat. A növény-jelek hatását felerősítő árnyékhatás nyáron a reggeli, illetve késő délutáni – kora esti órákban segíti a munkát. Ez egyre gyakrabban jól összehangolható azaz, hogy – amint fentebb említettük – nagy melegben műszaki okokból amúgyis szünetelhetnek a napközbeni repülések. A fényképezéshez szükséges megvilágítás napsütéses, felhőmentes időben a legjobb. A minél nagyobb vízszintes és a tökéletes függőleges

látástávolság ilyenkor általában adott, folyóvölgyek, vagy nagyvárosok környezetében a levegő minősége azonban nyáron is nehezítheti a fényképezést.

Ennyi változót figyelembe véve könnyen belátható, hogy az ideális szituációk – főleg télen – ritkák, ezért legtöbbször az adott időszaknak megfelelő optimális időjárási helyzet kiválasztására kell törekedni. Ez adott esetben azt is jelentheti, hogy felhős időben nyáron, vagy magas szintű rétegfelhők alatt télen is repülünk, mert mire megjavulna az idő, addigra nyáron learatnak, télen pedig elolvad a hó.

A kedvező időpont meghatározását a korábbi tapasztalatok mellett a műholdas rendszerek (SZABÓ 2017, 403) segíthetik, ugyanakkor fontos, hogy a légi régész is rendelkezze alapfokú meteorológiai tudással. Ismerni kell a Kárpát-medencére jellemző időjárási helyzeteket, meg kell érteni a ciklonok várható mozgását és az anticiklonok felépülését. Mindezt elsősorban azért, hogy a rendelkezésre álló meteorológiai adatok, előrejelzések alapján reális légi fényképezési tervek legyenek. Ez azzal jár, hogy a területről területre változó és gyakran csak rövid ideig rendelkezésre álló időablakokra sokféle, rugalmasan alakítható tervvel kell készülni a légirégészeti kutatások eredményességének fokozása érdekében (CZAJLIK 2021a).

Leszögezzük ugyanakkor, hogy a konkrét repülési terv összeállítása a repülővezető feladata, a megfelelően repülhető időszak/napszak kiválasztása az ő kompetenciája. Ezért is nagyon fontos lépése a repülés előkészítésének megfelelő repülővezető kiválasztása. Régészeti célú légi fényképezésre csak a hivatásos, jelentős kiegészítő gyakorlattal, lehetőleg napi rutinnal rendelkező pilóták alkalmasak. Komoly fizikai és szellemi megterhelést jelentő munkarepülésről van szó, ahol nemcsak repüléstechnikai értelemben kell magas színvonalon dolgozni, hanem a lelőhelyek felderítésében és dokumentálásában is részt kell venni. Mindez azonban nem mehet a biztonság rovására, mert a repülés történetét vérrel írták, régészeti, vagy légi fényképes szakmai indok soha nem írhatja felül a műszaki, biztonsági szabályokat, a fedélzeten a végső döntés mindig a repülővezetőé.

### **5.3. Technikai adottságok**

A térképészeti és a régészeti célú légi fényképezésben fontos különbséget jelent az utóbbival kapcsolatban, hogy nem jellemző a különleges berendezések használata. Amíg az ortofotózásnál a fényképezést a kezdetektől a légi fényképezésre kialakított kamerákkal (szakszóval kamarákkal) oldották meg, addig a ferde tengelyű légi fényképezésre a jó minőségű, de más célra (pl. természet-, sportfotózás) kifejlesztett, nem különösebben specializált eszközöket használunk. Bár külön a légi fényképezésre nem szokás repülőeszközöket fejleszteni, a térképészeti célú légi fényképezésnél gyakori megoldás, hogy a célnak megfelelően kissé átalakított, gyakran csak arra a feladatra használt, nagyobb teljesítményű és nagyobb magasságban történő repülésre képes gépeket alkalmaznak. Az utóbbi képességre a régészeti légi fényképezés során nincs szükség, legfeljebb kismértékben átalakított (fix fotóablakok beépítése) sportgépekkel dolgozunk. A szerencsés kollégák rendelkeznek csak régészeti légi fényképezésre használt repülővel, a többség azonban olyan gépekkel repül, amelyeket egyébként légi taxizásra, pilóta-képzésre, stb. használnak.

#### **5.3.1. Repülőeszközök, logisztika**

A hagyományos régészeti légi fényképezéshez használt repülőeszközöknek a következő fontos kritériumoknak kell megfelelni: biztonságos üzemelés, jó manőverező képesség, fotó-kilátás, megfelelő hatósugár. A biztonság alapvető kritériumainak természetesen minden üzemben tartott repülőgép megfelel, azonban a repülőórak növekedésével egyre több tapasztalatot szerezhethetünk azzal kapcsolatban, hogy milyen különbségek lehetnek az egyes repülőgépek között. Abból kiindulva, hogy a régészeti légi fényképezésre használt repülőnek jól kell viselkednie döntött helyzetekben, azaz nem csúszhat meg, nem kerülhet dugóhúzóba, stb., elég sok géptípus alkalmatlannak minősíthető. Néhány órás repülésnél elviselhető, ha túl szoros a fejhallgató, vagy nincs télen fűtés, de hosszabb idő alatt ezek a problémák jelentősen ronthatják munkánk színvonalát. A jó manőverezhetőség a repülővezető feladatát könnyíti, így azok a típusok, amelyek nehezen vihetők a pontos célterülethez, vagy nem könnyű velük folyamatos



44. ábra. Régészeti célú légi fényképezéshez használható sportrepülők.

A: A Burgundiai Régió F – GKRB lajstromjelű, Robin 3000-es repülőgépe Franciaországban. Bal oldalon R. Goguey ül. A gép padlólemezén és oldal-ablakain fotó-nyílásokat alakítottak ki. 1993 – 1997 között 5 missziót hajtottak vele végre Magyarországon.

B: Az 1962-ben gyártott, HA – SLG lajstromjelű, Cessna 172C típusú repülőgép, az Őcsényi Repülőklub tulajdona. A jobb oldali ajtón külön kialakított fotóablakkal rendelkezik. Adataink alapján az egyik legtöbb (legalább 300 óra) régészeti célú repülést teljesítette Magyarországon, Miklós Zs., R. Goguey és Czajlik Z. kutatásai során. A repülővezetők Talabos G., Cziráki P., Ürmös P. és R. Goguey voltak.

C: CTSW-ultralight 2004-es, Y – 5122 lajstromjelű repülőgép fedélzete 2014. július 7-én a Dévai Repülőtéren (Hunyad megye, Románia). A navigálásra alkalmas, beépített GPS mellett látható az adatrögzítésre használt, a fényképezőgéppel összekötött és a tartalék készülék (mindhárom Garmin típus). A repülőgéppel dolgozott Romániában Czajlik Z. és Szabó M., a repülővezető S. Câmpean volt

süllyedés közben fordulókat megtenni, legfeljebb kisebb feladatok megoldására alkalmasak a régészeti légi fényképezésben. Tévhit, hogy a felső szárnyas repülőket használata megoldja a fotó-kilátással kapcsolatos összes problémát, mint ahogyan az alsó szárnyas gépek sem eleve alkalmatlanok a feladatra. A cél világos; lehetőleg el kell kerülni, hogy a repülőgép egyes részei benne legyenek a képben. Ez nem esztétikai szempont, egyszerűen nem jó, ha hasznos területet takarnak ki. A kedvezőbbnek tűnő felső szárny esetében legalább három alkatrészre, a szárnyra, a dúcra és a kerékre kell figyelni, ami időnként nagyobb nehézséget okoz, mint az alsó szárny elkerülése.

Mindkét esetben kulcskérdés a gép megfelelő irányítása. Gyakorlott repülővezető és légi fotós számára normál időjárási viszonyok között nem jelent problémát a feladat akkor sem, ha viszonylag széles látószögű objektívvel (pl. 24 mm körül) folyik a fotózás. Minthogy az alsó szárnyas gépeknél a kabintető repülés közben csak vész helyzetben nyitható, ezeken a gépeken mindenképpen fotóablakra van szükség. Ilyet használt R. Goguey is az 1993-1997 közötti magyarországi repülési során, amelyeket a Burgundiai Régió F-GKRB lajstromszámú Robin 3000-es gépével hajtott végre (44.A ábra). A felső szárnyas gépeknél is készíthető fotóablak, de még egyszerűbb a nyitható ablakos gépek használata. Miklós Zs. rendszeresen – télen is – levett ajtóval repült, ami nagy kényelmet jelent a manőverezésben és a fotó elkészítésében, ugyanakkor nagy figyelmet igényel az objektív cseréjénél, a GPS használatánál, stb., rontja a repülőgép aerodinamikai tulajdonságait és bizonyos mértékig növeli üzemanyag-fogyasztását. Tapasztalataink szerint felső szárnyas repülőgépekből legjobb nyitható ablakon, vagy jól elhelyezett fotó-ablakon át, enyhén hátrafelé fotografálni. Ami pedig a repülőket megfelelő hatósugarát illeti, régészeti légi fényképezéseknél minimális követelmény a 3 – 3,5 óra tiszta repülési idő képessége, de ideális esetben ez felemelhető 5,5 – 6 órára. A végső gátat a jogszabály adja meg, amely azonos repülővezető esetén maximálisan napi 7 óra munkarepülést engedélyez.

Mindezeknek a kritériumoknak az 1970-es évek óta egész Európában a Cessna gépcsalád 152-es és (lehetőség szerint a 172-es) változata felel

meg leginkább. Az utóbbi, nagyobb teljesítményű gép légióra-díja ugyan legalább 20%-kal magasabb, azonban középhegységi környezetben (pl. Börzsöny, Mátra, Bükk, Zemplén) még Magyarországon is szükség van az erősebb változatra (44.B ábra). Mindkét verzió esetében létezik póttartályos megoldás, amivel általában 5 – 5,5 óra jól repülhető, de például az O. Braasch által használt C-172-es 7 órás repülésekre is képes volt. 2009 óta repülünk Erdélyben, ahol a magyarországinál jóval kevesebb Cessna üzemel, viszont népszerűek a Rotax-motoros, ún. ultra-light repülőket. Ezek közül a legerősebbet, CTSW-típust használjuk, amelynek ablaka nem nyitható, ezért fotóablakon keresztül dolgozunk (44.C ábra).

Az átlagos Cessna sportgépek akciórádiusza egy, a bázisrepülőtérhez képest 120 – 160 km-es sugarú körön belül van. Póttartályos gépeknél (pl. O. Braasch is ilyet használt) ennek a faktornak kisebb a jelentősége, de ugyanazon a napon Szombathely és Debrecen környékének vizsgálata így sem célszerű. Az üzemanyag természetesen pótolható, de ennek is vannak korlátai. Amíg a Dunántúl viszonylag sok tankolási lehetőséget biztosít, addig a Dunától K-re mindössze öt olyan reptér (Jakabszállás, Szatymaz, Békéscsaba, Debrecen, Nyíregyháza és Gödöllő) van, ahol lehet repülőbenzint vételezni. A lista alapján érzékelhető, hogy az Alföldön jobb a helyzet, viszont Északkelet-Magyarországon komoly odafigyelést igényel az útvonal biztonságos megtervezése. Bár a magyar-francia kutatások során, az ország minden régiójának jobb megismerése érdekében több vidéki bázisrepülőtér (Sármellék, Siófok-Kiliti, Kaposvár, Debrecen, Nyíregyháza, Budakeszi-Farkashegy) használtunk, az elmúlt 20 évben a repülések többsége Pécsről, Ócsényből, Tökölről, kiemelt számban Budaörsről történt. Az utóbbi, vagyis Magyarország első közforgalmú nemzetközi repülőtere logisztikai szempontból a legjobb választás, azonban keleti irányban elég jelentős kitérőket kell tenni, ha Budapesten túl szeretnénk dolgozni. Dunakeszi és Újhartyán között, részben a főváros, részben a Liszt Ferenc nemzetközi repülőtér miatt nem kereshetjük a területet, sőt az utóbbi miatt Budapesten jóval túl, csak Hatvan környékétől lehet keleti irányban szabadon repülni. Itt tehát – a különleges engedéllyel végzett légi fényképezések ellenére – egy viszonylag



45. ábra. Régészeti célú légi fényképezésre alkalmas, Nikon D 750, tükörreflexes Leica-formátumú, teljes képmezős digitális fényképezőgép

nagy, jelentős részben nem beépített terület tartósan kiesik a kutatásból.

A fent leírtak miatt a keleti területek aszimmetrikus kutatottságának másik logisztikai oka is jól meghatározható: a 160 km-es sugarú körből a Tiszántúl és Északkelet-Magyarország jelentős része kiesik, azaz ebben a zónában munkarepülés csak közbeiktatott tankolással, vagy póttartályos repülőgéppel végezhető. Egy további, nehezebben kutatható zóna a Délnyugat-Dunántúl, általában itt is szükség van a technikai leszállásra, amire az észak-dunántúli repüléseknél nem mindig kerül sor.

### 5.3.2. Fényképező eszközök

A repülések során használt kézi kamerákkal kapcsolatos elvárások legalább 50 éve azonosak: minden körülmények között precíz működés, min. 1/500-as, de inkább 1/800-as záridő, régebben a filmek révén, ma a kamerák segítségével változtatható fényérzékenység, jó rajzolatú, nagy fényerejű, megbízható objektív. Az utóbbival kapcsolatban nem árt hangsúlyozni azt régi fényképész szabályt, hogy a képek minősége (rajzolata, színviszszaadása) szempontjából fontosabb a kameránál. Ez azt jelenti, hogy némi gyakorlattal a középkategória tetején lévő kamerák már

alkalmasak céljainkra, az objektívek közül viszont a csúcsdarabokat érdemes választani.

A kutatástörténeti fejezet végén jeleztük, hogy a digitális tükörreflexes Leica-formátumú kamerák, valamint a nanokristályos objektívek használata – a fejlett GPS-es navigációval együtt jelentősen megnövelte a fényképezés hatékonyságát. A digitális tükörreflexes technológiában időközben még egy fontos változás következett be, elérhető árává váltak az ún. teljes képmezős (*full frame*) kamerák (45. ábra). Így a kamera lelkét jelentő CCD-lapka a korábbi kisfilmes képméretnek megfelelően, azaz 24x36 mm-re dolgozik. Ez a gyakorlatban jóval nagyobb, 30 Mb körüli RAW-képeket jelent, amihez mind a fényképezőgépben, mind a későbbi archiválás során a korábbi tárhelykapacitás kétszeresére van szükség.

Ma már a középkategóriás digitális tükörreflexes fényképezőgépeken is rengeteg funkció/beállítás van, aminek a légi fényképezések során csak a töredékét használjuk. Ezek közül talán a legfontosabb a záridő előválasztás, ami a felvételek élességéhez nélkülözhetetlen. Nem új lehetőség, már az újabb filmes gépekben is ismert volt, azonban fontos tudnunk, hogy a fénymérő rendszer ilyenkor is folyamatosan állítja a blendét, sőt – bizonyos mértékig – még az ideálisnál alacsonyabb ISO beállításnál is tovább tudunk fényképezni. A repülőgép gyors mozgása miatt nagy segítséget jelent ez, hiszen például ennek köszönhetően nem kell egyetlen fordulat alatt akár négyszer(!) átállítani a kamera rekesz, vagy ISO-értékeit. Beavatkozásra lehet viszont szükség a fényképezendő terület anyaga/színe miatt. Ha a felvétel egy részén víz van, az nagyon megnövelheti a reflexiót, ami miatt a többi terület alul-exponálttá válhat.

Hasonlóképpen, ha a felvétel egy része nagyon világos (például az ásatási felszínek magas napszögnél), akkor a fotózott terület „beég”, azaz túlexponálttá válik. A két probléma közül a másodikat utólag sem lehet jól orvosolni, ezért – a hagyományos fényképezéshez hasonlóan – törekedni kell arra, hogy a légi felvételeink inkább enyhén alul exponáltak, mintsem túlexponáltak legyenek. Ezt a legegyszerűbben egy olyan beállítással érhetjük el, amely minden egyes felvételnél



© Károlykivall.com

46. ábra. Régészeti célú légi fényképezésre alkalmas, AF-S – Nikkor 24-70 f/2.8G ED, nanokristályos technológiával készült zoom-objektív

akár egy rekesz-értékkel csökkenteni a fénymérő alapján számolt adatot. A teljes képmezős kamerákon nagyon magas ISO-értékek is beállíthatók, ami azt a hamis illúziót keltheti, hogy akár még napszállta után is lehet légi fényképeket készíteni. Ez azonban nincs így, már az extrém ferdén megvilágított területeken is lehetnek problémáink és kiugróan jól sikerült felvételeink egyaránt.

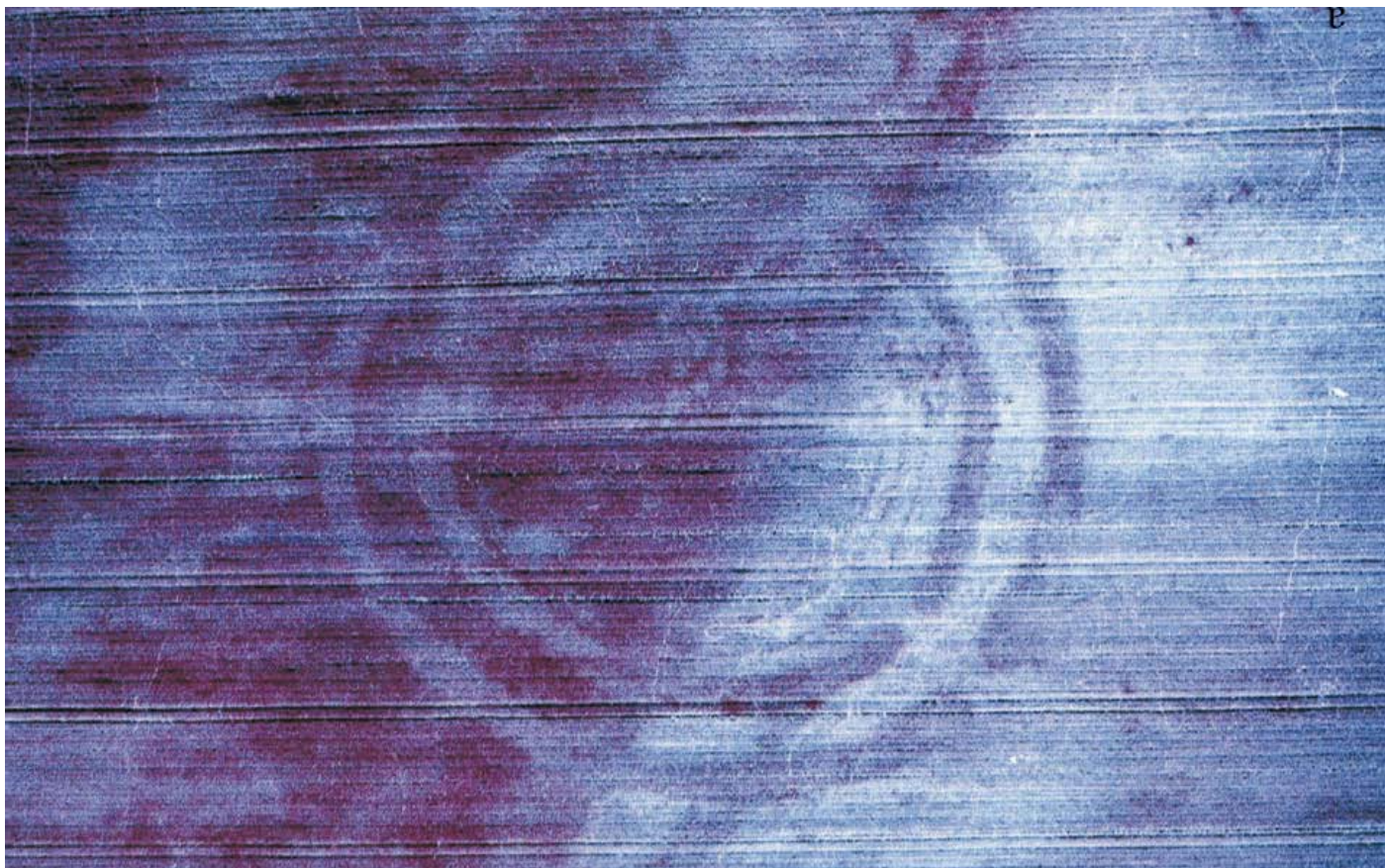
A legnagyobb odafigyelést azonban az igényli, hogy a napszállta előtti 1 -1,5 órában egyre gyakrabban kell emelni az ISO-értéket ahhoz, hogy a fényképezést folytatni tudjuk. Amikor pedig a földfelszínt már nem érik el a napsugarak, csak maga a Nap látszik, akkor érdemes befejezni a légi fényképezést. A gyakorlatban jól bevált az a beállításunk is, amelynek segítségével minden expozíciónál két felvétel, azaz egyszerű JPG és RAW készül. Az elsődleges feldolgozás során a JPG-file is jóformán minden igényt kielégít, ugyanakkor a RAW-állományok bármilyen későbbi részletes procedúrához alkalmasak. Felmerülhet a különféle, esetleg egyedileg kikísérletezett fehérégyensúly-beállítások használatának lehetősége is. Általánosságban erre is vonatkozik, hogy nem lenne könnyű a fényképezés során gyakran váltogatni, ugyanakkor jelentős hátrányát a kamera által automatikusan használt fehérégyensúlynak eddig csak ritkán tapasztaltuk. Síkvidékek intenzíven havas területeinek – sajnos nagyon ritka – fényképezésénél volt már szükség a beavatkozásra a

helyenként nagyon erős reflexió miatt, illetve az ásatási felszínek rendszeres fotózásakor ugyancsak érdemes egyedi fehérégyensúly-beállítást alkalmazni.

Épületek és egyéb részletek helikopteres légi fényképezésénél segítséget jelenthetnek a sportfotózásnál használt teleobjektívek, a légirégészetben azonban nincs szükség rájuk. Az úttörők – ahogyan korábban említettük – Leica-formátumú kameráknál fix 50 mm-es, középformátumú gépeknél pedig fix 80 mm-es objektíveket használtak. Elsősorban a nagylátószögű, vagy teleobjektíveknél jobb rajzolatuk, illetve magasabb fényerejük miatt volt erre szükség. A panoráma képek készítését, vagy a részletek megörökítését pedig magasságváltással, azaz repüléstechnikával oldották meg, ami a gyakorlatban sokkal egyszerűbb, mint a nehézkes teleobjektívek használata. A korai zoom-objektíveket pedig gyengébb rajzolatuk és fényerejük miatt kerülték. Időközben azonban a zoom-objektívek rajzolata és fényereje lényegesen jobbá vált, mint az egykori fix lencserendszereké, ráadásul az átfogásuk (pl. 24-120) légi fényképezési szempontból ma már ideálisnak mondható. Minthogy súlyuk és hosszuk is csökkent, ami ugyancsak komoly előnyt jelent, ma már használatuk kizárólagossá vált a légi fényképezésben (46. ábra).

Általános megállapításaink természetesen egy konkrét gépcsaláddal szerzett két évtizedes tapasztalatokból származnak. Megjegyzendő, hogy a fent felállított kritérium-rendszernek és technikai követelményeknek mind a Nikon, mind a Canon gépek megfelelnek, a köztük való választást nem tartjuk lényeges kérdésnek.

A légi fényképezésben az 1930-as évektől a 2000-es évek elejéig filmeket használtak, az archív anyag túlnyomó részét világszerte, így a légirégészeti archívumokban is ezek a felvételek alkotják. A kutatástörténeti fejezetben bemutattuk alkalmazásuk kezdeti nehézségeit, ma már nyilvántartásuk, jó állapotban való megőrzésük, illetve digitalizálásuk jelenti a legfőbb feladatot. A hazai archívumok közül – Miklós Zs. fényképezései révén – az ELTE Humán Tudományok Kutatóközpontja Régészeti Kutatóintézete (a továbbiakban ELTE HTK RKI) rendelkezik a legkorábbi, 1990-ben keletkezett filmes felvételekkel. Miklós Zs. a színes negatív filmeket



47. ábra. Ikervár – Antónia-major észak (Vas vármegye). Újkőkori kettős körárok O. Braasch felvételein. Kodak EIR filmre készült hamis színes infra (a, 2002.04.06.) és normál diafilmre (b, 2007. 06.15.) készült légi fotók

(Kodak Professional Elite Color 400) tartotta a legmegfelelőbbnek régészeti célra (MIKLÓS et al 2011, 67), talán azért is, mert az akkori térképészeti gyakorlatban is a Kodak filmek voltak a legelterjedtebbek. Ugyancsak Kodak gyártmányú, de fordítós filmeket használt O. Braasch, akinek az ELTE BTK Régészettudományi Intézetének Légitrégészeti Archívumában található 1992-es felvételei még Ilford fekete-fehér filmre készültek. Archívumunk legtöbb légi fotója a kiváló szemcseméret-tulajdonsággal rendelkező Fujichrome Velvia Professional fordítós filmre készült, ezeket használta R. Goguey, majd Czajlik Z. is, egészen a digitális korszakig. Miklós Zs. kísérletező habitusát mutatja, hogy a hazai kutatók közül elsőként próbálta ki a Kodak EIR hamis színes infra filmet (MIKLÓS et al. 2011, 67). Magyarországon egyébként – ahogyan a kutatástörténeti fejezetben is leírtuk, az első infra légi fényképezések az 1970-es években voltak. Felderítő régészeti célú hamis színes infra felvételeket azonban tudomásunk szerint O. Braasch készített először az 1993-ban (BRAASCH 1999, fig. 10-15; további magyarországi lelőhelyeket ábrázoló infra képei a 2000-es évekből: BRAASCH 2010, Abb. 1, 9, 13, 14). A hazai kutatók közül később Miklós Zs. (MIKLÓS 2007, 128, 134, 273) és Bertók G. / Gáti Cs. (BERTÓK – GÁTI 2014, 54, 85, 111-113, 136-138) közöltek színes infra felvételeket régészeti lelőhelyekről.

A módszer kisgépes kézikamerás alkalmazásának nehézségét az okozza, hogy a légi fényképezést végző régész, mint megfigyelő, értelemszerűen csak a látható fénytartományban képes észlelni a régészeti jelenségeket. Azaz jelentős tapasztalat szükséges ahhoz, hogy mikor és milyen karakterű talaj/növényjeleket/területet érdemes a többlet-információ reményében megörökíteni. O. Braasch több közép-európai országban végzett infra-filmes légi fényképezést, de a módszerben rejlő lehetőségeket talán leginkább a Ikervár – Antónia-majornál fényképezett rondella esete mutatja meg. Erről a lelőhelyről ugyanis nem ismerünk olyan, a látható fénytartományban készült ferde tengelyű, vagy műholdas felvételt, amelyen a kettős körárok mindkét íve teljes mértékben kirajzolódna, a jelenségnek mindig csak a keleti része látszik jól. Ezzel szemben az O. Braasch által, infra-filmre készített felvételen

a kettős körárok az északi részt kivéve jól tanulmányozható (47. ábra). Ebben az esetben tehát egyértelmű, hogy az infra technika alkalmazása a látható fénytartományban nem elérhető többlet-információt eredményezett, ugyanakkor az is érthető, hogy a földtani okok miatt „hiányzó” nyugati köríveket miként tudta a fotós úgy megörökíteni, hogy azokat ő a fényképezés során részben csak kikövetkeztethette.

### **5.3.3. Helymeghatározó és navigációs eszközök**

Talán meglepő, de tény, hogy a ma már az okostelefonokban is nélkülözhetetlen GPS-t először a légi fotósok használták a régészetben. Mind R. Goguey, mind O. Braasch repülőgépében volt helymeghatározó GPS és ezek adatait a kezdetektől feldolgoztuk a felvételek azonosítása során (GOGUEY – CZAJLIK 2003; BRAASCH 1997, Abb. 10; CZAJLIK 2021b). Ez egyébként korántsem volt általános az 1990-es évek elején, a nyugat-európai kutatók többsége a korábbi – borzasztóan körülményes – térképes helymeghatározást alkalmazta. Ennek lényege, hogy minden légi fotó lelőhelyről ún. panoráma kép készült (GOGUEY – SZABÓ 1995, 14-15), amin nemcsak a fényképezett terület, hanem minél több, a topográfiai térképen jelzett karakteres táj-elem szerepelt (48. ábra). Emellett a légi navigációs térképről leolvasott települések nevéhez, irányához és becsült távolságához kellett kötni azt a pozíciót, ami a légi fotó-lelőhely későbbi koordinátás azonosítására alkalmas volt. A leírás (pl. „Dunapentele É 2km”) azonban sokszor nem volt elég az azonosításhoz, ezért a kutatók – hasonlóan a 19. sz. közepének ballonistáihoz – gyakran rajzvázlatokat készítettek. Ez azonban óriási idővesztéséget okozhatott, részben ennek elkerülése érdekében alkalmazta R. Goguey A.-V. Richeton dokumentalistát magyarországi repüléseinek első öt évében.

A fentiek alapján könnyen belátható, hogy hatalmas jelentősége volt az azonnali, fedélzeten történő koordináta-meghatározásnak, különösen a két külföldi specialista számára, akiknek egy korábban nem ismert területen kellett navigálni (R. Goguey ezért is alkal-



48. ábra. Szárföld – Felső-tag (Győr-Moson-Sopron vármegye) A Lengyel és a Hallstatt kultúra települései a nagyméretű búzatáblában, 2003. június 22., Czajlik Z. felvételei.

A: Alapárkos és félig földbe mélyített épületek, továbbá gödrök nyoma.

B: Az újonnan fényképezett régészeti lelőhely koordinátás azonosítására alkalmas panoráma-felvétel

mazott külön pilótát!). Ráadásul a hazai monokultúrás gabonatermesztés miatt kialakult hatalmas parcella-méreték rengeteg problémát jelentettek a fent leírt módszer használatakor, hiszen esetenként csak nagyon távoli „fixpontokhoz” lehetett az újonnan azonosított lelőhelyeket hozzákapcsolni.

A helymeghatározó GPS-ek alkalmazása azonban nem oldott meg egy csapásra minden problémát. Az 1990-es években ugyanis még csak az USA műholdjainak jeleit vették a GPS-ek és – polgári felhasználásra – kissé torzított adatokat kaptak. Ennél sokkal nagyobb gondot okozott, hogy folyamatos adatfelvétel (*tracklog*) hiányában, csak a koordináták kézi mentésére volt lehetőség. Ez pedig azt jelentette, hogy nem a lelőhely, hanem a repülőgép helyzetét rögzítettük. Természetesen meg lehetett azt tenni, hogy a fotózott terület felett külön átrepülve mentettük el a koordinátát, de ehhez egyfelől a repülővezető ügyessége kellett, másfelől ez a manőver jelentős idővesztést okozott. A megoldást a *tracklog*, vagyis a teljes útvonal rögzítése hozta, mi 2001-től használunk erre alkalmas GPS-t. Néhány évvel később a Nikon digitális tükörreflexes kamerái pedig arra is képessé váltak, hogy az expozíció során a GPS-ből (vagy később a loggerből) megkapott koordináta-adatokat – minden más, a kamerára és a beállításokra vonatkozó adattal együtt – rögzítsék. Ez óriási előrelépés volt, hiszen – elvben – szükségtelenné tette a képek helyzetének utólagos meghatározását, illetve jóval biztonságosabbá tette a lelőhely-adatok tárolását. Az, hogy sok kutató – köztük e sorok írója – nem tért át ennek a megoldásnak a használatára, leginkább azzal magyarázható, hogy a GPS-t az alumínium-kabin valamelyik ablakába kell helyezni a folyamatos vétel érdekében, a kamera viszont tőle 1-2 m-re dolgozik, vagyis kábelre van szükség. Ez pedig rendkívül zavaró, akár veszélyes is lehet fényképezés közben.

Noha bizonyos repülőgépekbe már közel két évtizede (az erdélyi repüléseink során használt CTSW-kbe 2004-ben, illetve 2007-ben) navigációra alkalmas GPS-eket építettek be, ez a technológia csak a legutóbbi évek PDA-s, illetve okostelefonos fejlesztései révén vált igazán használhatóvá. Bár a navigáció a

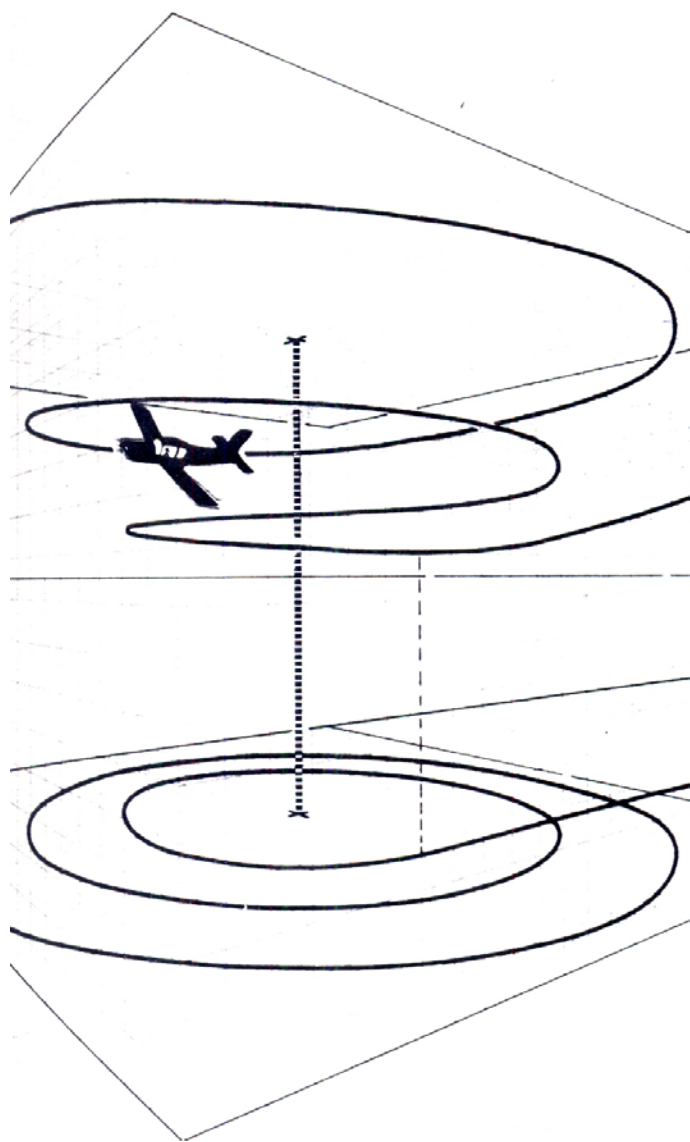


49. ábra. A középkori Arany falu korábban ismeretlen templomának nyoma Vaskút (Bács-Kiskun vármegye) határában. 2003. május 24., Czajlik Z. felvétele

repülővezető feladata és ismert területen a hagyományos légi navigációs térképpel is kiválóan lehet tájékozódni, magának az – akár korábban már kutatott – lelőhelynek a megtalálásához is koordinátákra van szükség. Ezt a legutóbbi időkig nyomtatott koordináta-listákkal, vagy – ha volt fedélzeti navigációs GPS – abba felvitt pontokkal oldottuk meg. Sok esetben azonban ez sem elég a precíz azonosításhoz. Ha sem a pilóta, sem a régész nem ismeri a pontos helyszínt és nem elég karakteres a lelőhely (pl. jól látható földvár), akkor hosszú percek lehet körözni anélkül, hogy a legcsekélyebb esélyünk lenne a feladat megoldására. Segíthetnek a helyszín legalább 1:10.000 méretarányú topográfiai térkép-kivágatai, a terepen készült fotók és a műholdas felvételek. A legnagyobb előrelépést azonban az utóbbi 5 évben elérhetővé vált mobiltelefonos applikációk jelentik, amelyeken – részletes térképi háttérrel – folyamatosan láthatók a fotózandó területek és a repülőgép aktuális helyzete. Ez nagyon

meggyorsíthatja a fényképezendő terület azonosítását. Természetesen a legkönnyebb annak a légi fotó régésznek a helyzete, aki a kutatási területet terepen is ismeri és saját kutatások esetében ez nagyon gyakran így is van. Miklós Zs. megyéni területekre emlékezett terepbejárásokból. A régészeti célú légi fényképezésben nagy szerepe van a vizuális memóriának, nemcsak a légi régész, hanem a régészeti légi fényképezést rendszeresen segítő pilóta részéről is. A fent felsorolt információk alapján úgy lehet a legjobban pl. egy magányos templomrom nyomát megtalálni, ha egészen pontosan memorizálunk minden lehetőséget, felkészülve arra is, hogy a keresett lelőhely akár kilométerekkel arrébb kerül elő, amint azt az adataink alapján sejtettük (49. ábra).

Felmerülhet, hogy miért szükséges az összes – akár a mindennapos gyakorlatban ma már nem is alkalmazott – elv és módszer ismerete a repülés során? Az egyik ok az, hogy a régészeti légi fényképezésben jóformán minden repülés hoz olyan helyzeteket, amelyek nem oldhatók meg fent leírt módszerek mindegyikének rutinszerű ismerete, sőt a korábbi sikertelen próbálkozások részletes elemzése, a tanulságok feldolgozása nélkül. Például azért, mert elég gyakran olyan időjárási helyzetben repülünk, ami ugyan biztonságos, de szél, feláramlások, stb. miatt másodperceink is alig vannak a keresgélésre, annyira dobál a gép. A másik – a kora nyári repülések során ugyancsak nem ritka szituáció – hogy viszonylag nagy területen figyelhetünk meg régészeti jelenségeket, amelyek azonosítása a GPS-es adatrögzítéssel együtt sem végezhető el a fent említett panoráma képek elkészítése nélkül, sőt gyakran az sem elég, jelentős emelkedésekre is szükség van a fényképezés során. Itt jegyezzük meg, hogy a korábban kizárólagosan használt fix objektívekkel jóformán minden lelőhelynél szükség volt az emelkedésekre/süllyedésekre. Az utóbbit gyakran a szűkített fordulók során, nagy sebességgel hajtottuk végre annak érdekében, hogy mind az áttekintő, mind a részletfelvételek egy-két teljes kör alatt elkészüljenek. Ezt a módszert is mindmáig használjuk, elsősorban az időnyereség érdekében, ugyanakkor az is igaz, hogy a legjobb – közel függőleges kameratengelyű – fotók amúgy



50. ábra. Ferde tengelyű légi fényképezés folyamatosan fordulva és süllyedve. J. Dassié alapján (DASSIÉ 1978, fig. 18)

sem készíthetők el másképp. A nagyon megdöntött gép ugyanis mindenképpen süllyed, ezt a jelenséget fordítjuk a javunkra a fotózás során (50. ábra).

Jól látható, hogy a régészeti célú légi fényképezés technikai hátterének kialakítása során ma már minden, így a repülőgép, a kamera, és a GPS azt szolgálja, úgy vannak az egyes elemek egymással is összehangolva, hogy egységnyi idő alatt minél nagyobb terület deríthessünk fel, minél több lelőhelyről készíthessünk jó minőségű fotó-dokumentációt. A hatékonyság nemcsak a pénzek helyes felhasználása miatt fontos. Az a tény, hogy folyamatosan rengeteg változó körülményhez alkalmazkodva próbáljuk az alkalmas pillanatokot, azaz időablakokat minél jobban kihasználni, fotózatlanul maradó lelőhelyek sorát



51. ábra. A napszögtől, a hóborítás nagyságától és a repülési magasságtól függően eltérő részletek mutatkoznak meg Kemence – Pléska-szikla (Pest vármegye) őskori magaslati erődített településénél (DINNYÉS et al. 1993, 143.).

A: A nagy hóban, magasabbról fényképezve a déli, alacsonyabb, elkeskenyedő rész is látszik. 2006. január 26., Miklós Zs. felvétele (ELTE HTK RIA 205.964).

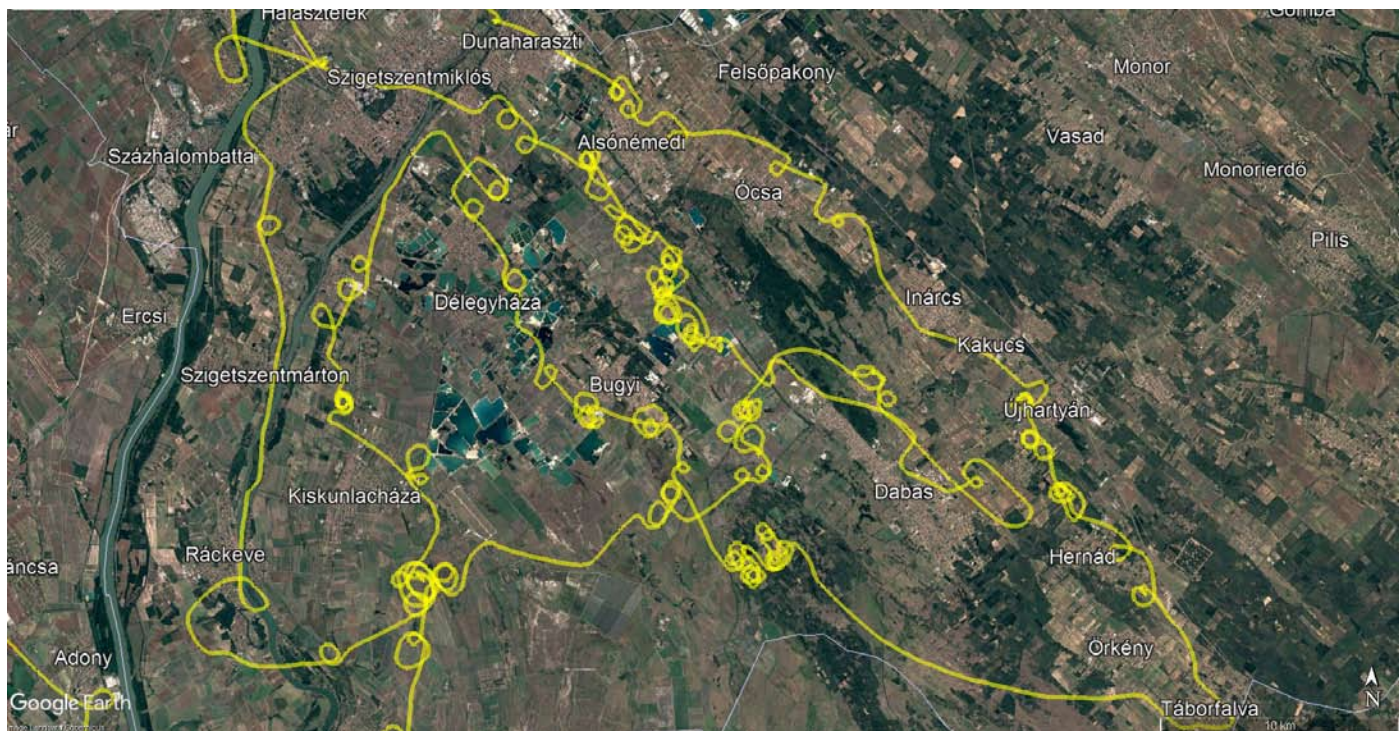
B: A kisebb hóban, alacsonyabbról és napnyugta előtt fényképezve a déli rész már takarásban volt, viszont északon egy alsóbb terasz(?) vált megfigyelhetővé. 2018. január 25., Czajlik Z. felvétele

eredményezheti, ha feleslegesen elpazaroljuk az időt a keresgéeléssel, vagy egy-egy lelőhely indokolatlanul hosszadalmas fényképezésével.

#### 5.4. Kutatási és repülési stratégia

A R. Goguey-val közös repüléseink egyikén kérdeztem meg tőle, hogy miért nem fordít nagyobb figyelmet a várak, halomsírok, vagyis az ismert régészeti lelőhelyek és környezetük dokumentálására? „Azért, mert az majd az ön feladata lesz.” Azt hihetnénk, hogy egysze-

rűbb, az új lelőhelyek megtalálásánál kevésbé izgalmas feladatról van szó, de ez csak az első próbálkozásokra igaz. Valóban könnyebb a régészeti légi fényképezést a földvárak kutatásán keresztül megtanulni, mint a gabonátáblák megfigyelésének lehetőségeit kitapasztalni. Hosszabb időtávon azonban az erődítések intenzív fotózásakor is rengeteg nehézséggel kell megküzdeni. Látszik ez abból is, hogy miközben Miklós Zs. első Tolna megyei várfotózásai már 1990-ben megtörténtek, könyvében a legkésőbbi felvételek 2003-ban készültek, azaz 14 év kellett ahhoz, hogy lezárhassa munkáját (MIKLÓS 2007).



52. ábra. Szisztematikus felderítő légirégészeti kutatás a Pesti-síkságon (Pest vármegye). 2022. június 20. és 24. (Repülővezetők: Tóth G. és Urbán G., régész-légi fényképész: Czajlik Z.)

A földvárak kutatása során hosszú évekig az volt a legfontosabb szempont, hogy minden lelőhelyről készüljön fotó-dokumentáció, lehetőleg különböző évszakokban. Ma már – részben az időközben nagyot fejlődött GE-rendszernek köszönhetően – a legtöbb erődítésről rendelkezünk légi, vagy műholdas felvételekkel, azaz elsődlegesen dokumentáltnak tekinthetők. Ugyanakkor számos példa – így a börzsönyi őskori sáncok téli fényképezése – bizonyítja, hogy megfelelő körülmények esetén, jól kiválasztott időpontokban végrehajtott fotózásokkal fontos kérdések (elmosódott sáncok, teraszok, utak, kapuk egykori létezése) tisztázható. Különösen nagy jelentősége van a havas időszakban végzett kutatásoknak, hiszen ezek száma és hossza csökkenő tendenciát mutat, továbbá ritkán esik egybe az egyes területek műholdas felvételezésével (51. ábra).

Fentebb bemutatuk, hogy melyek azok a fontosabb adatforrások, amelyek használatával, az adatok kigyűjtésével fel kell készülnünk – főként az ismert – régészeti lelőhelyek kutatására. Arról is szó esett, hogy a repülés során nagymértékben kell a vizuális memóriánkra támaszkodni, mert térképek, korábbi fotók, stb. tanulmányozására a fedélzeten nincs mód és idő. A fényképezés során észre kell venni minden, korábban nem, vagy kevésbé látható részletet, annak érde-

kében, hogy azokról külön felvételek készüljenek. Egy-egy fontos, de a helyszínen nem észlelt és ezért a képek szélére került, vagy csak félig megörökített régészeti jelenség sok problémát tud okozni a feldolgozás során. Természetesen előfordulhat, hogy bizonyos új információkat csak a laborban „fedezünk fel”, azonban mindenképpen törekedni kell arra, hogy már a fotózás alatt teljes és részletes képünk alakuljon ki az új eredményekről. Jó példa erre a topográfiai szempontból gyakran igen bonyolult képet mutató halomsírművek kutatása. Ezeken a komplex lelőhelyeken – mint a közel 90 éve fotózott Százhalombatta esetében is – minden szezon hoz új eredményeket. Összefüggésben azzal, hogy erről a területről alternatív módszerek (geofizika, ALS, szisztematikus felszíni leletgyűjtés) révén is sok tér-adattal rendelkezünk, amelyek a fényképezések során új szempontokra/területekre hívják fel figyelmünket.

Főként a kora nyári időszakban előfordulnak olyan napok, hogy egy-egy területen lefényképezhetetlennek tűnő mennyiségben észlelünk új légi fotó lelőhelyeket. Ez a szituáció általában az őszi búza/árpa érésének köszönhetően állhat elő és rövid időre nagy területeket érinthet. Korábban erre úgy reagáltak, hogy egész napos fotózásokkal, az érintett zónákat több irányban átrepülve

igyekeztek a lelőhelyeket dokumentálni. Sokszor azonban ez sem volt elég, szükség volt szelekcióra is, azaz csak a nagyobb, látványosabb, vagy valamilyen szempontból kiemelt fontosságú növény-jeleket örökítették meg. A filmes korszakban a repülés a felszíni leletgyűjtés során alkalmazott *random sampling*-re hasonlított (vö. JANKOVICH 1993, 4. alsó ábra), ma repülhetünk a sávós módszernek (MESTERHÁZY – STIBRÁNYI 2012, 1. kép) megfelelően. A gyakorlott pilóta minden, az útvonalunktól balra eső lelőhelyet meg fog találni, így mi koncentrálhatunk a jobb oldalra. A repülés végeredményben kissé emlékeztethet a térképészeti légi fényképezésekre, azzal a nem elhanyagolható különbséggel, hogy – a két oldalra figyelő személyzetnek és a 300 m-es terep feletti magasságnak köszönhetően – a vonalak közötti távolság elérheti az 5-6 km-t! A digitális kameráknál nem telik az idő filmcserével, a zoom-objektívek használatával ritkábban kell magasságot váltani a lelőhelyek dokumentálásához. GPS-ek segítik a navigációt, rögzítik a pozíciót, sőt mutathatják a korábbról már ismert lelőhelyeket is. Mindez azt eredményezi, hogy a GPS és a digitális kamerák használata, továbbá a repülővezetők évek alatt kialakult rutinja sokkal hatékonyabbá tette a fényképezést, egységnyi idő alatt háromszor-ötször annyi területet tudunk lefényképezni, mint korábban (52. ábra).

### **5.5. A légi felvételek és az adatok feldolgozása**

Hasonlóan más régészeti terepi munkákhoz, a légi felvételek és a kapcsolódó adatok feldolgozása is két fontos fázisra bontandó. Az elsődleges feldolgozás az azonnali adatmentésen, naplózáson és az összes lelőhely egyedi azonosításán túl elsősorban archiválást jelent, ideértve a biztonsági másolatok elkészítését is. Ügyelni kell a körülmények minél részletesebb leírására a leszállást követően azonnal, mert a sokszor feszített repülési program egyes részleteit utólag legfeljebb a képek alapján tudjuk finomítani. A részletes feldolgozás sajátossága, hogy nagyon ritkán készül el minden lehetséges munkafázisa. Nem a feldolgozatlan ásatásokhoz hasonlóan, hanem egyszerűen azért, mert az archívumoknak nem szükséges teljesen feldolgozott légirégészeti információkat őriznie. Egy jól kialakított rendszerben az

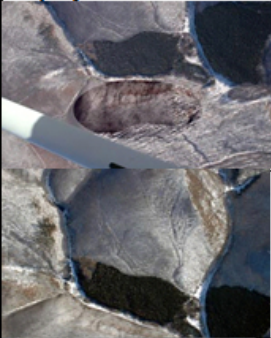
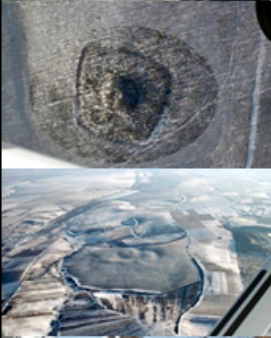
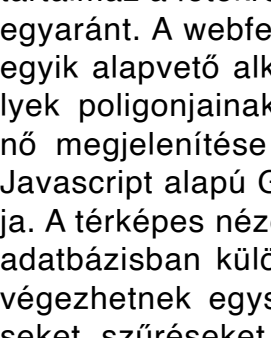
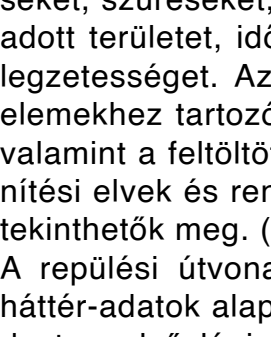
egyes lelőhelyeket érintő kérdéseknek a jövőben bármikor elvégzendő részletes feldolgozással megválaszolhatónak kell lennie.

#### **5.5.1. Elsődleges feldolgozás, archiválás**

Az elsődleges feldolgozás célja hasonló, mint a terepi dokumentáció elkészítése, azaz mind a repülés körülményeit, mind a fotózott területeket és a legfontosabb eredményeket pontosan rögzíteni kell. A repülési körülményeket a repülési naplóban vezetjük, ideértve a repülőgép típusát, lajstromszámát, a repülővezető nevét, a repülés időtartamát és útvonalát. Ajánlott az időjárás és a megfigyelési (növényzet/talaj) körülmények lejegyzése is, különösen akkor, ha az a feladat végrehajtása során változott. A leszállást követően még aznap el kell végezni a fotók és a GPS-koordináták (a *tracklog*) letöltését és ellenőrzését, erősen javasolt a biztonsági mentések elkészítése is. A koordináták és a felvételek gyors átnézése nemcsak technikai kérdés, a következő napok, hetek légi fényképezési stratégiáját is befolyásolják az elsődleges eredmények.

Egy-egy repülési munkafázis lezárását követően el kell készíteni a légi fotó lelőhelyek meghatározását. Ez jelenti egyfelől a szekvencia elkészítését (az azonos lelőhelyhez tartozó légifotók összenézését), másfelől azoknak a parcelláknak a meghatározását, ahol a légi fotó lelőhelyek vannak. Általában már ekkor elkészülnek a rövid szöveges leírások is, amelyekben utalás történik az esetleges előzményekre, rögzítjük a legfontosabb látható jelenségeket, illetve, amennyiben lehetséges, a régészeti kort. Az adat-rendszer archiválását 1993 – 2019 között elsősorban Excel-táblázatokkal (53. ábra), KML-fedvényekkel és a légi fotók éves, azon belül napokra, esetleg napszakokra bontott rendezésével oldottuk meg.

2020-tól működik az – egyelőre csak erdélyi adatokkal feltöltött – webes régészeti légifénykép adatbázisunk. A Légifotó Archívum és a fényképekhez tartozó térinformatikai adatok tárolására és vizualizálására a Bartus D. és Rupnik L. egy teljesen új adatbázisrendszert, valamint egy adminisztrátori és felhasználói online *frontendet* hoztak létre. A *PHP-SQL backend* az ELTE saját szerverén fut, az adat-

| Fénykép                                                                            | Kép-<br>szám | EOV<br>(X) | EOV<br>(Y) | Név                    | Leírás                                                                              | Tér-<br>kép       | Dátum      | Sorszám |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------|---------|
|    | DSC1<br>9    | 750863     | 302429     | Bélapátfalva           | A behavazott erdőben zárt területek (karámok) nyoma látszik a völgy keleti oldalán. | 87-411,<br>87-412 | 2006.01.25 | 1       |
|    | DSC2<br>2    | 750863     | 302429     | Bélapátfalva           | A behavazott erdőben hatszögletű árok(?) nyoma látszik a völgy nyugati oldalán.     | 87-411,<br>87-412 | 2006.01.25 | 2       |
|   | DSC7<br>1    | 776152     | 299585     | Miskolc - Leányvár     | A behavazott erdőben az ismert középkori vár markáns erősítése látszik.             | 88-312,<br>88-314 | 2006.01.25 | 3       |
|  | DSC1<br>06   | 769800     | 289500     | Sály - Pusztas - Szölő | Földvár?                                                                            | 88-333            | 2006.01.25 | 4       |
|  | DSC1<br>25   | 727700     | 292250     | Mátraderecske - Kasuk  | Földvár?                                                                            | 87-332            | 2006.01.25 | 5       |

53. ábra. Az elsődleges feldolgozás egyik eredménye: az azonosított légifotó-lelőhelyek legfontosabb adatai (Czajlik Z., 2006).

bázis minden rendelkezésre álló információt tartalmaz a fotókról és a fotózott lelőhelyekről egyaránt. A webfelületen futó *frontend* felület egyik alapvető alkotóeleme az egyes lelőhelyek poligonjainak interaktív térképen történő megjelenítése és kereshetősége, ami a Javascript alapú Google Maps API-t használja. A térképes nézet mellett a felhasználók az adatbázisban különböző szempontok szerint végezhetnek egyszerű és összetett kereséseket, szűréseket, listázásokat, kigyűjtve egy adott területet, időpontot, vagy régészeti jellegzetességet. Az így kiválasztott adatbázis elemekhez tartozó összes ismert információ, valamint a feltöltött fotók különböző megjelenítési elvek és rendezési szempontok szerint tekinthetők meg. (CZAJLIK et al. 2020).

A repülési útvonal, a fotó- és a műholdas háttér-adatok alapján a geolokáció, sőt a ferde tengelyű légi fényképek illesztése *quasi* automatikusan is elvégezhető. Ez a technológia a teljes archiválási és elsődleges feldolgozási munkafolyamatot átalakíthatja, nagymértékben felgyorsíthatja (DONEUS et al. 2016), az interpretációkhoz és általában a felvételek felhasználásához újfajta kiindulási

alapot biztosíthat. Megjegyzendő ugyanakkor, hogy – amennyire ez a publikált ausztriai feldolgozások, így elsősorban a Lajta-projekt (DONEUS – GRIEBL 2015) alapján megítélhető – jóval egyszerűbb, könnyebben fényképezhető légifotó lelőhelyek meghatározásáról van szó, mint a hazai gyakorlatban. A technológia adaptációja tehát kérdéseket vethet fel éppúgy, mint a bécsi kutatók által korábban kifejlesztett, fotogrammetriai kiértékelésen alapuló kartográfiai nyilvántartás (DONEUS 1997).

Legyen szó azonban bármilyen régészeti légifotó nyilvántartásról, mindenképpen könnyebb a digitális adatok tárolása, rendszerezése és a bennük való keresés, mint a filmes gyűjtemények esetében. Az utóbbiaknál a tárolás is jelentős helyet és leltári nyilvántartást igényel és már az elsődleges feldolgozáshoz is célszerű a felvételeket beszkenneálni. Az utóbbira a filmek esetleges állapotromlása, tehát végső soron az archívumokban tárolt információ megőrzése miatt is nagy szükség van.



 A Hallstatt település kiterjedése



0 100 200 300 400 m

54. ábra. Szárföld – Felső-tag (Győr-Moson-Sopron vármegye, vö. 48. ábra). Hallstatt-település nyoma. Czajlik Z. 2003. június 22-én, a 2009. június 17-én és a 2010. június 27-én készített felvételei alapján illesztette és a lelőhely kiterjedését meghatározta Rupnik L. (2021)



55. ábra. Beloiannis – Nagy Vadas (Fejér vármegye, 1993. június 12., R. Goguey felvétele, A.-V. Richeton értelmezése). Zárt területek, karámok, árkok, parcella-határok, határhasználati nyomok? A területet terepbejárásunk (Czajlik Z. és Tankó K., 2006. április 11.) alapján nem lehetne régészeti lelőhelynek tekinteni

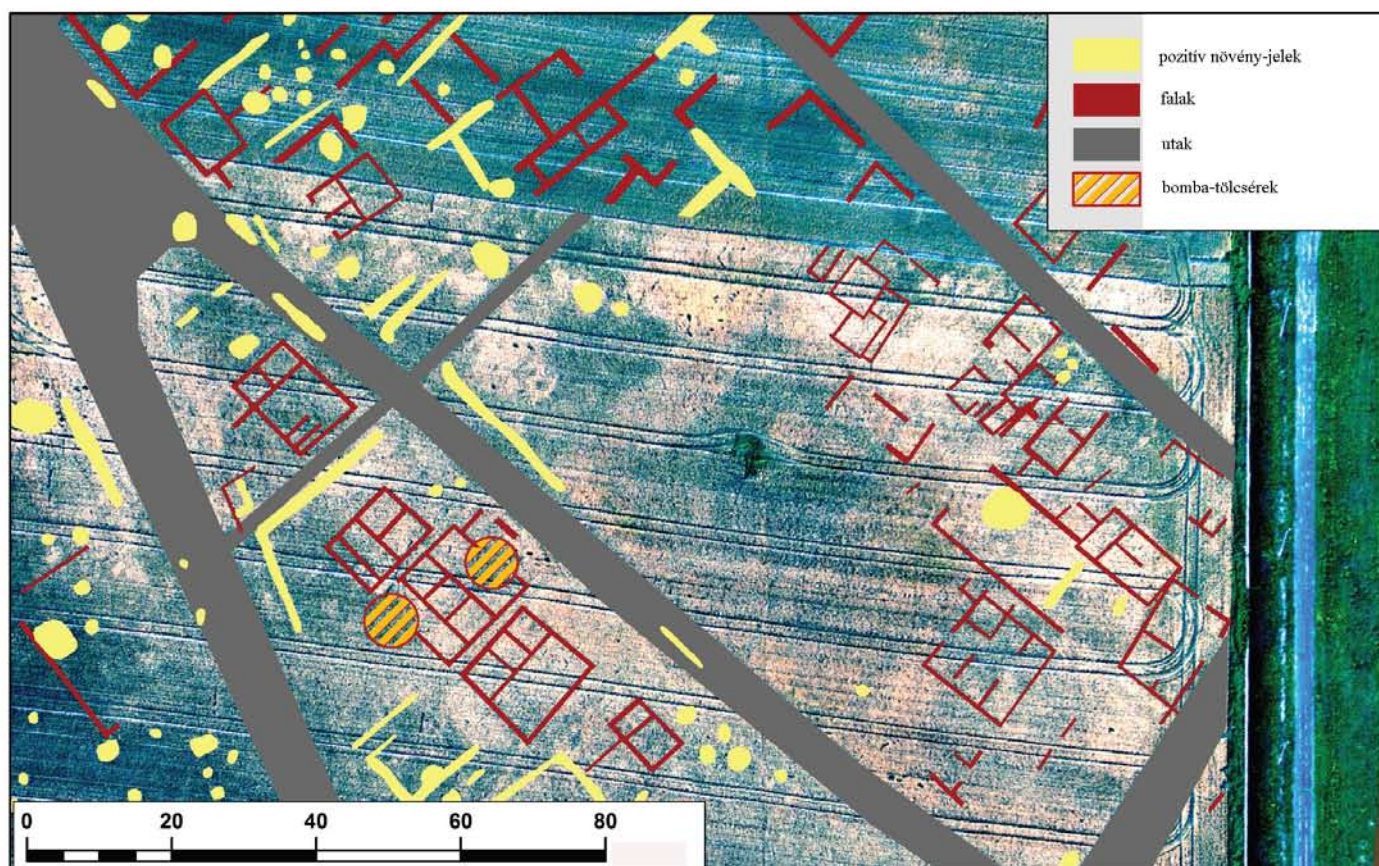
Fontos leszögezni, hogy sem az archivált adatok, sem a keresést/nyilvántartást segítő adatbázis nem biztosít további feldolgozás nélkül hagyományos értelemben meghatározott régészeti lelőhely-adatokat. Sőt, a munka neheze ezután kezdődik, hiszen át kell nézni az egyes légi fotó lelőhelyekről készült összes felvételt, ki kell közülük választani az illesztésre, illetve az értelmezésre alkalmas darabokat és el kell készíteni az illesztést. Ezt követően – az egyéb nyilvántartási adatok figyelembe vételével és a felvételek gyorsértelmezésével alakíthatók ki a régészeti lelőhelyek határai. Nagyon sok légi fotó lelőhely esetében több, akár tucatnyi régészeti lelőhely határolható le, a sokat fotózott területeken pedig a légi fotó lelőhelyek is gyakran összefüggenek egymással, azaz a helyes lelőhely-meghatározás nemcsak időrabló, de komoly gyakorlatot igénylő feladat is. A fejlett térinformatikai ismeretek mellett a légi fotók értelmezésében szerzett magas fokú jártasságot is feltételez, ezekkel a munkafázisokkal az ELTE Légitérészeti Archívumában elsősorban Rupnik L. foglalkozik (54. ábra).

### 5.5.2. Részletes feldolgozás

Amint a kutatástörténeti fejezetben láthattuk, a légi fénykép értelmezés nemcsak egyidős magával a légi fényképezéssel, de ha az 1786-ban megjelent Airopadia-t (BALDWIN 1786) figyelembe vesszük, jócskán meg is előzi azt. A ballonok kosarában ugyanis már akkor vázlatokat,

azaz lényegében értelmezéseket készítettek, amikor a fotografálás még meg sem jelent. Az is nyilvánvaló, hogy később a ballonisták könnyen tudtak közel függőleges kamera-tengellyel fényképezni és a repülőgépes légi fényképezések során sem merült fel a II. világháború végéig, hogy ezen változtassanak. Az ortofotók alapján ugyanis jól lehetett térképeket készíteni, miközben a ferde tengelyű légi felvételek átrajzolása nagyon nehézkes, gyakorlatilag megoldhatatlan volt. Az akkori légi fényképezések, így Neogrady S., részben emiatt sem tartották alkalmasnak professzionális célra a ferde tengelyű felvételeket. A kézi kamerás légi fényképezés olcsósága, flexibilitása, különösen a repülési időpont és a repülési magasság rugalmas változtathatósága azonban az 1970-es évekre egyértelműen sikeresebbé tette a ferde tengelyű légi fényképezést a régészetben. Ebben szerepet játszott sok, látszólag apró, esetenként a térképészek szemléletével erősen konfrontálódó különbség:

- a térképészetben az ortofotózások repülési magassága egyre nőtt, ami nem segítette a régészeti jelenségek, főleg nem a finom részletek észlelését, azaz végső soron nehezítette a régészeti értelmezés tartalmi részét,
- a térképészeti célú légi fényképezést a növényzet és az árnyékok okozta problémák miatt nem a kora nyári időszakban és nem a késő délutáni órákban végezték és végzik,



56. ábra. Komárom (Szőny) – Pannonia-dűlő (Komárom – Esztergom vármegye), 2011. június 12., Czajlik Z. felvétele. Illesztette és az elemzést készítette: Rupnik L. (RUPNIK et al. 2018, fig. 10)

azaz nem gyűltek megfelelően a tapasztalatok a régészeti szempontból helyes időablakok kiválasztásához,

- az értelmezéssel kapcsolatos technikai problémák fékeztek az adatgyűjtést, nem észelve azt, hogy a nagymennyiségű, de nehezen értelmezhető fotó sokkal kisebb problémát jelent, mint az el nem készített és a táj változása miatt már meg nem ismételhető felvétel.

A felvételek gyarapodó számával azonban nem tartott lépést az értelmezés, noha ebben az időszakban már számos archívumban dolgoztak professzionális régészeti légi fénykép értelmezők. A ferde tengelyű fotókat vetítők segítségével „rektifikálták” és ennek a képnek a régészeti tartalmát rajzolták át a meglévő térképi háttér segítségével (55. ábra). Az egyenkénti illesztéssel nagyon nehéz volt a különböző képekről, netán különböző repülésekből származó régészeti információk, jelenségek „összemozaikolása”, a részletek pontos megjelenítése. Ennek ellenére máig példamutató, nagyszerű munkák születtek, igazolva a régészeti légi fényképezés, mint módszer megkerülhetetlen szerepét a tájrégészeti kutatásokban (STOERTZ 1997).

A filmszkennerek és a térinformatikai szoftverek megjelenésével javult a helyzet, a képek digitálisan illeszthetővé és értelmezhetővé váltak (DONEUS 1997). Az 1990-es években és a 2000-es évek elején először a képek digitális javítása és értelmezése vált szoftveresen megoldhatóvá (Photoshop), ezért ebben az időszakban ezeket az értelmezéseket igyekeztünk a térképi tartalommal összevetni. Az Agisoft szoftver megjelenése azonban óriási változást hozott, bonyolult, sok képi forrásból származó fotómozaikok váltak elkészíthetővé, amelyek felhasználásával részletes értelmezések, légifotó-térképek készíthetők el. Ezek pontossága függ a légi felvételeken azonosítható és más források (térképek, műholdas felvételek, esetenként terepi mérések) segítségével illeszthető pontok számától és elhelyezkedésétől. Mindez visszahat a légi fényképezésre is: mindig törekedni kell arra, hogy minél több, a fényképezett régészeti jelenségtől minden irányban azonosítható pont legyen a képeken, illetve bizonyos felvételeket éppen a jó illeszthetőség érdekében készítünk el.

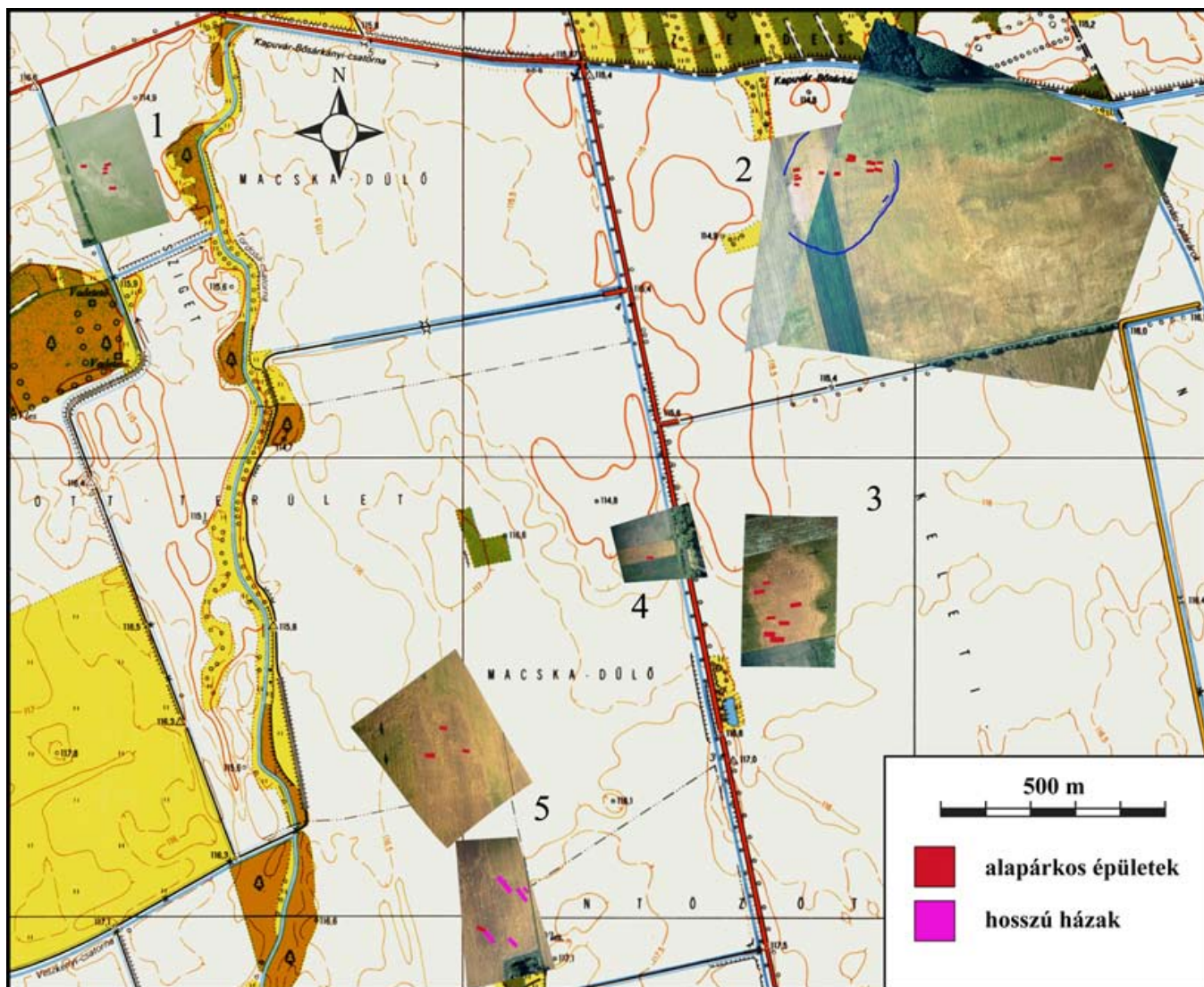
A kutatott terület részletes megismerésében, az illesztéseknél, az értelmezéseknél megkerülhetlenné vált a műholdas anyagok felhasználása, az említett szoftverek mellett talán ez a harmadik legfontosabb új tényező az értelmezések elkészítése során. Bármilyen platformról legyen is szó azonban, soha nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a digitális állományok transzformációja, illesztése minden esetben adatvesztéssel jár, azaz a teljes információ csak az eredeti, nyers képekben áll rendelkezésünkre.

A fedélzeten dolgozó légifotó-régész és a légi fotókat értelmező dokumentalista együttműködése nagyon fontos, a jóminőségű fotótérképezéshez elengedhetetlen. A dokumentalista, vagy légi fotó értelmező részletekbe menően ismeri a különféle, humán hatások okozta eltérések, jelek kialakulásának mechanizmusát és egymásra hatását, amelyek segítségével régészetileg értelmezhető struktúrákat rajzol meg és szerkeszt ki.

Az értelmezés első lépése az adott légifotó lelőhely fotósorozatán belül az illesztésre és értelmezésre legalkalmasabb felvételek kiválogatása, amit ezen fotók digitális képjavítása követ. Az illesztés topográfiai térképek és/vagy Google



57. ábra. Kecel – Kévés-tanya nyomai (Bács-Kiskun vármegye). Az 1986-ban nyomtatott 1:10000-es topográfiai térképen még álló épületek nyomai 1993. június 13-án, R. Goguey felvétele



58. ábra. Szárföld (Győr-Moson-Sopron vármegye) északi határának régészeti légi fotó térképe az újkőkori hosszú házak és a rézkori alapárkos épületek kiemelésével. Czajlik Z. 2003. június 22-i és 2007. június 10-i felvételei alapján készítette Rupnik L. (2011)

Earth-fedvények segítségével, minél több kontrollpont segítségével, különféle transzformációk segítségével valósítható meg (részleteit lásd: HOLL – PUSZTAI 2011, 327-328). Az értelmezés a beillesztett képen, különféle rétegstruktúrákat felépítve valósítható meg. Mindenképpen érdemes különválasztani a modern információkat a régészeti adatoktól, illetve – ha egyértelműen elkülöníthető – a régészeti objektumok jellegük és feltételezett koruk szerint – hasonlóan a nagyfelületű feltárások összesítő rajzaihoz – külön-külön rétegekbe rendezhetők (56. ábra). Megjegyzendő, hogy léteznek olyan régészeti légi fotós térinformatikai rendszerek (pl. a Bécsi Egyetemen), ahol valamennyi légifotó lelőhely adatait objektumokra szétválasztva, térképi rendszerbe illesztve és értelmezve tartják nyilván (DONEUS – MAYER 2001).

Az értelmezésnek több fázisa van. Az első tulajdonképpen már a repülőgép fedélzetén bekövetkezik, amikor a légi régész kiválasztja a régészeti szempontból releváns jelenségeket. Főként a talaj-, de esetenként a növény-jelek is lehetnek természetes eredetűek. Az utóbbiak (pl. az egykori medrek nyoma) is fontossá válhat a tájtörténet szempontjából, vagyis nemcsak az egykori közvetlen humán hatások nyomait rögzítjük. Ugyanakkor a megfigyelhető emberi beavatkozások sem feltétlenül régészeti korúak, a háborús lövészárkok és az 1960-as években még álló tanyák nyomainak feldolgozásával nem célszerű terhelni légi fotó gyűjteményünket és feldolgozó kapacitásainkat. Szerencsés körülmény, hogy általában mind a régészetileg fontos tájváltozások, mind a modern nyomok jól elkülöníthetők az érdektelen információktól. Az utóbbi jelenségek

mindkét esetben éles, a régészeti jelenségek-nél feltűnőbb kontúrral jelentkeznek (57. ábra).

A hagyományos ferde tengelyű légi fényképezés során a megfigyelő (vagyis a légi régész) jelenléte és tapasztalatai mindenképpen szükségesek. Ez, pontosabban a fent részletezett válogatás a fényképezett, illetve a nem dokumentált területek között mára erős kritika tárgyává tette a technológiát a passzív megoldásokkal (pl. térképészeti célú légi fényképezés) szemben (VERHOEVEN – SEVARA 2016; VERHOEVEN 2017). Nem szabad azonban elfeledni, hogy a felszíni leletgyűjtések adatait leszámítva a légi fotó archívumok őrzik a legtöbb nondestruktív régészeti információt számos európai országban, amelyek sok esetben alapját képezték/képzik minden további kutatásnak. Másfelől a tapasztalt megfigyelő nemcsak jelen van a légi fényképezéseknél, hanem döntéseivel nagyban befolyásolja annak hatékonyságát, eredményességét (CZAJLIK et al. 2021, 1-3).

Itt jegyezzük meg, hogy a drónos légi fényképezésnél mind az aktív, mind a passzív megoldásokra van lehetőség. A régészeti jelenségek, a lelőhelyek és az egész táj áttekintésének lehetőségét és memorizálását, a határtalan térélményt azonban csak akkor kaphatjuk meg, ha magunk is ott vagyunk a repülőeszköz fedélzetén. A tájban való fizikai jelenlét segíti az összefüggések megértését, lehetővé teszi a lelőhelyek, így a megtelepedésre alkalmas platók, az erődíthető csúcsok megkeresését. A régészeti tudás mellett földtani, geomorfológiai és hidrológiai ismeretek-

re is szükség van, a megszerzett információ pedig az archeológia mellett a felsorolt társtudományokat is gazdagíthatja (CZAJLIK et al. 2014, 461).

A filmes korszakban nagy figyelmet kapott az egyes légifotó-lelőhelyekre jellemző struktúrák meghatározása. Ez lehetővé teszi az egyes lelőhelyek, vagy azok bizonyos részeinek morfológiai osztályozását, vonalas, körvonalas, vagy pontszerű struktúrák elkülönítését. Ezt az értelmezési lehetőséget nemcsak a fent bemutatott problémák miatt volt célszerű kifejleszteni. A régészeti légifotó lelőhelyek nagy többsége nem a publikációkban, albumokban, kiállításokon megjelenő, látványos régészeti jelenség, hiszen gyakran csak néhány árok-részlet, gödrök nyoma jelzi a korábbi humán beavatkozást. Ezek a régészeti jelenségek pedig jól osztályozhatók morfológiai alapon.

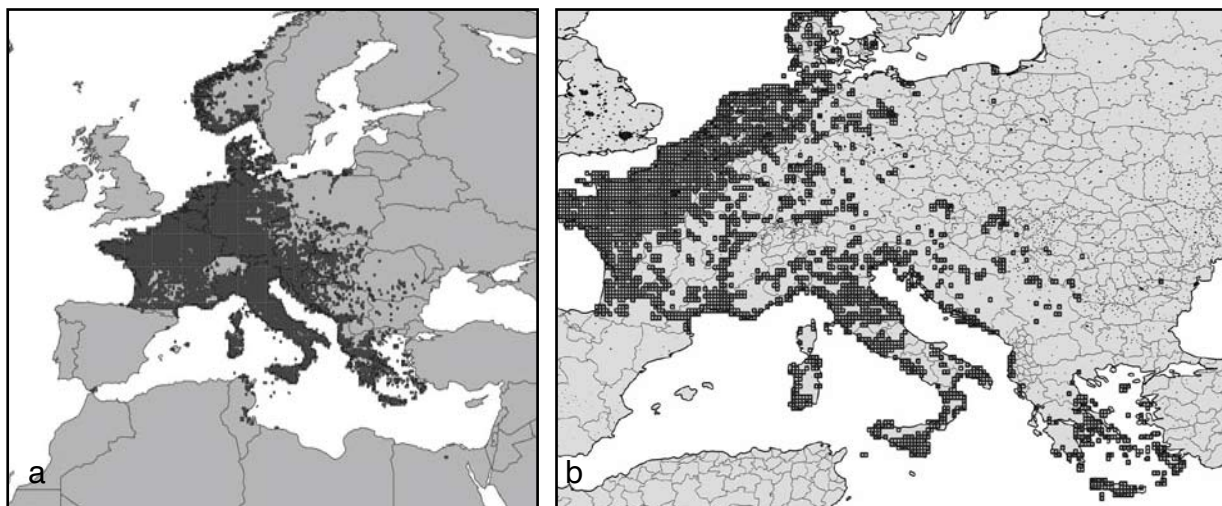
Pontosabb összevetésre, elemzésre nagyobb, mikroregionális méretű foto-térképek elkészítésével lenne mód (kísérleti példák: CZAJLIK 2010, fig. 4; 58. ábra). A részletes, jelenség-szintű régészeti információ térképi megjelenítésére azonban egyelőre csak kevés laboratóriumban vállalkoznak (DONEUS 1997; DONEUS 2001; DONEUS – MAYER 2001). Ez annak ellenére így van, hogy a digitális technológiának köszönhetően ma már minden újonnan fényképezett légifotó lelőhely esetében térképi és/vagy Google Earth-illesztés készíthető és így az értelmezések jóval precízebbé váltak. A még mindig jelentős erőforrás és időigény miatt azonban ezt a munkát csak a további kutatásra, vagy publikálásra kerülő lelőhelyek esetében célszerű elvégezni.

## 6. LÉGI KUTATÁS KÖZEL FÜGGŐLEGES KAMERATENGELYŰ ESZKÖZÖK SEGÍTSÉGÉVEL

A kisép, ferde kameratengelyű régészeti célú légi fényképezés flexibilitása és hatékonysága mellett annak is köszönheti népszerűségét a kutatók körében, hogy a felvételek készítése során a régész maga is jelen van a fedélzeten, sőt a felderítés/dokumentálás során folyamatosan elemzi/értékeli a lehetőségeket, befolyásolja a döntéseket. Ezek a körülmények, vagyis a flexibilitás, a hatékonyság és a döntési szabadság hármasság együttese az alábbiakban ismertetendő alternatív módszerek esetében egyszerre nem áll rendelkezésünkre. Ugyanakkor egyfelől a ferde tengelyű légi fényképezésnek is vannak területi korlátai, másfelől számos olyan feladat (pl. ásatások dokumentálása) van, amelyhez nincs szükség légi régészre. Ráadásul sok olyan légi fotóanyag van, amely ma már ingyenesen, az íróasztaltól elérhető, - ezeket az archívumokat tehát mindenképpen érdemes átnézni, mielőtt egy-egy terület aktív felderítésébe kezdünk. Bizonyos szituációkban a fordított eset is igaz lehet, részletesen megismerendő, vagy részben frissen beépített területeken az archív anyagok segítségével deríthetünk ki fontos részleteket. Sőt, arra is van példa, amikor a már egyáltalán nem kutatható területeken a korábbi állapotot rögzítő felvételek vihetik előre a kutatást.

### 6.1. A katonai felderítési, vagy térképészeti célú archív légi felvételek régészeti alkalmazásának lehetőségei

A II. világháború alatt és után, a 20. század folyamán óriási mennyiségű légi fénykép, az 1960-as – 1970-es évektől pedig egyre több űrfelvétel is készült a kontinenseken. A különféle archívumokban őrzött anyag mennyiségéről csak becslések vannak, a fotók száma világszerte elérheti a 100(?) milliót, amelynek azonban csak a töredéke kutatható (COWLEY et al. 2010, 1). Ennek ellenére az önálló régészeti repülések hosszabb-rövidebb ideig tartó tiltása, bizonyos légifotó-anyagok gyűjteményekbe rendezése, majd fokozatosan kutathatóvá válása, továbbá az 1950-es, 1960-as évek térképészeti repüléseinek légi felvételei fenntartották a régészek érdeklődését a függőleges kameratengellyel, nem régészeti céllal készült felvételek elemzése iránt is. Megfigyelhető, hogy számos országban (pl. Ausztria, Magyarország) először ezek az anyagok váltak kutathatóvá, vagy ilyen felvételek készíttetése vált lehetővé, mielőtt a kisép ferdetengelyű régészeti fotózások elindulhattak volna. Bár ezek a felvételezések sem repülési magasság, sem évszak, sem napszak szempontjából nem felelnek meg az archeológia igényeinek, még-



59. ábra. A világháborúhoz köthető angolszász légi fényképezések helyszínei Európában:

a: a felvételek zöme Nyugat – Európában készült (5,5 millió kép, NCAP (TARA) ACIU-gyűjtemény), a Magyarország területén készült fotók többsége a Dunántúlról (COWLEY et al. 2013, 2.1. ábra, részlet; © Crown Copyright, RCAHMS) (TARA\_ACIU\_US7GR\_2196\_3068. Licensor NCAP/aerial.rcahms.gov.uk)

b: Az NCAP (TARA) ACIU-gyűjtemény júniusi darabjai. A növényzeti jelek szempontjából kritikus időszakokból Magyarországról csak kis területekről (Budapest, Pest vármegye északi és nyugati része, Fejér vármegye és Komárom – Esztergom vármegye) vannak felvételek (COWLEY – STICHELBAUT 2012, 5. ábra; © Crown Copyright: RCAHMS/aerial.rcahms.gov.uk)

is – szorgos aprómunkával – rengeteg információ nyerhető ki belőlük. Ennek jelentősége nyilván hatványozott, ha az adott területről és időszakból (pl. Magyarországon 1992-ig) nem, vagy alig áll rendelkezésünkre régészeti célú felvétel.

Az európai szempontból meghatározó külföldi nagy archívumok jelentős része elérhető a National Collection of Aerial Photography, NCAP, Edinborough, <https://ncap.org.uk/collections>) rendszerén keresztül. Ez tartalmazza az egykori The Aerial Reconnaissance Archives, TARA; COWLEY et al. 2010, 2-3, COWLEY et al. 2013) anyagait (így annak számos, korábban különálló részét is, pl. ACIU, MAPRW, stb.), bizonyos részei pedig szkennelt formában is kutathatók. A fentiekén túl, az NCAP rendszerén keresztül az Egyesült Államokban, Maryland-ben üzemelő National Archives and Records Administration, NARA egyes anyagai is elérhetők. Mellettük számos, régészeti szempontból kiemelkedően fontos, ugyancsak nagy archívumot ismerünk (pl. a Historic England (Swindon) gyűjteményét: <https://historicengland.org.uk/images-books/archive/collections/aerial-photos/>, vagy a Centre Camille Jullian (Marseille) <https://ccj.cnrs.fr/spip.php?article1876> archívumát).

A fent említett nagy archívum-rendszer (az NCAP TARA-hoz kötődő része) hazai vonatkozású anyagokat is tartalmaz (COWLEY et al. 2010, 4), amelyek elsősorban az angolszász légierő 1944-1945-ös bombázásai során készültek (59. ábra). A felsorolt nagy gyűjteményeken kívül számos fontos regionális archívum légi felvételei (pl. Det Kongelige Bibliotek és Kort & Matrikelstyrelsen, Dánia; az Istituto Geografico Militare (IGM), Firenze és az 1958-ban, D. Adamesteanu által alapított Aerofototeca Nazionale, Róma, Olaszország, lásd: CZAJLIK et al. 2020, 8) használhatók a régészeti kutatásokban (COWLEY – STICHELBAUT 2012, 226-227).

A külföldiek mellett több hazai intézmény őrzi régészeti kutatásra alkalmas archív térképészeti célú légi felvételeket. Ezek első archaeológiai szempontú ismertetését a 2011-ben megjelent Régészeti Kézikönyvben találjuk meg (MIKLÓS et al. 2011, 51-52).

A II. világháború előtti, erősen töredékes fotóanyagot a Hadtörténeti Intézet és Múzeum Hadtörténeti Térképtára őrzi (<https://militaria.hu/hadtorteneti-intezet-es-muzeum/terkeptar/a-terkeptar-gyujtemenye>). A gyűjtemény régészeti szempontból kiemelkedően fontos része az az 1940-es évek elején, a teljes magyarországi Duna-szakasról készült fotósorozat, amely számos római kori lelőhely esetében kulcsfontosságú topográfiai információkat tartalmaz (VISY 2013, 169-175). A II. világháború utáni katonai térképezések során, 1953-tól készült légi felvételek a HM Zrínyi Nonprofit Kft. gyűjteményében vannak (<https://hmzrinyi.hu/>). A polgári célú térképezéshez készült csaknem fél millió felvétel az 1959 – 2007 közötti időszakból a Lechner Nonprofit Kft. Filmtárában található. Közülük az utolsó közlés (2025. 09.02.) szerint 263.724 érhető el a fentol.hu-n keresztül (60. ábra). Az utóbbi honlapon keresztül újabban kisebb hazai gyűjtemények (pl. ÉDUVIZIG, Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar, Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar) anyaga is elérhetővé vált. Mindkét nagy hazai archívum (HM Zrínyi Nonprofit Kft. és Lechner Nonprofit Kft. – minthogy az 1.10.000-es topográfiai térképezéshez hozták őket létre – lefedi, sőt technikai okokból kismértékben túl is lépi Magyarország területét (vö. BÖDŐCS et al. 2019, 87).

Már az 1880-as években születtek elképzelések a Selmezbányai Bányászati és Erdészeti Akadémián a fotografálás erdészeti felmérésekben való alkalmazásáról (UJSÁGHY 1882). A légi fénykép alapú térképezéseknél kulcsszerepű fotogrammetria hazai alapjainak lerakója, Jankó S. (JANKÓ 1917) ugyancsak az Akadémia tanára volt. Tevékenysége teljes szinkronban volt a nemzetközi gyakorlattal, hiszen a sztereo légi fényképezést az I. világháborúban kezdték el alkalmazni (GOJDA 2020, 45). Az erdészeti célú légi fényképezések szervezése már II. világháború előtt megkezdődött (FODOR 1935, SZEDERJEI 1939), de a rendszeres, felmérési célú erdészeti légi felvételezés csak az 1960-as évek elején indult el (NÉMETH 1965, 123). Az erdőterületeknek az 1990-es évekig folytatott légi fényképezése – a hazai erdők 10 éves ciklusokban való teljes dokumentálása – jelentős mennyiségű képanyagot jelent,



60. ábra. Nagyberki – Szalacska (Somogy vármegye), 1974. április 4. A fentrol.hu-ról származó ortofotó részlete a halomsírmező középső zónájáról álló és elszántott halmokkal, valamint Kemenczei T. halom-feltárásainak üres szelvényeivel.

amelyet az NFK Erdészeti Főosztálya (1023 Budapest, Frankel Leó út 42-44.) őriz. A Soproni Egyetem Erdőmérnöki Karán is létrejött egy kisebb erdészeti légi fotó gyűjtemény, amelynek rendezése során Király G., a Geomatikai és Kulturmérnöki Intézet igazgatója összegyűjtötte a kérdéskör hazai szakirodalmát (<http://geo.emk.nyme.hu/17847.html?&L=1&id=17847&type=0>). (A légi fotó gyűjtemény elérhető a fentrol.hu-n.).

Az erdészeti célú légi fotóanyagok lombos időszakokban készültek, így régészeti célra nehezebben használhatók a térképészeti felvételezésnél, ugyanakkor a letermelt területek szisztematikus vizsgálata számos, a lelőhelyekkel kapcsolatos új információt hozhat.

Az 1960-as évektől az erdészet mellett számos szakterületen (geológia, talajtan, botanika, mezőgazdasági földhasználat, geográfia, vízügy, régészet) megkezdődött a légi fényképezés alkalmazása. Az akkori munkálatokról Mike Zs. készített kitűnő összefoglaló tanulmányt (MIKE 1968), akinek a vezetésével egy rövid ideig működő, a különféle területek szakembereit összefogó munkacsoport is létezett (MIKE 1966). Mike az akkor elérhető űrfelvételek értelmezésében is úttörő szerepelt vállalt, elsősorban a talajtan területén (MIKE 1980).

A magyarországi vízügyi térképezésben az 1960-as évektől egyre kiterjedtebben alkalmazták a ferde kameratengelyű légi fényképezést. 1975-től az „Argos Stúdió” néven dolgozó kutatói csapat megkezdte a függőleges tengelyű légi felvételek előállítását, amelyek egyik „gyakorló területe” a fenékpusztai ásatás volt. 1976-tól négy kamera párhuzamos elhelyezésével több színsávós (multispektrális) felvételek készültek, elsősorban a vízszennyezések felderítésére. 1977-ben pedig Rádai Ödön geológus sürgetésére elkészült az első infravörös (IR) nagyfelbontású légitérkép Magyarországon. A kutatott terület a Hévízitő volt, ennek közelében régészeti lelőhelyet is sikerült megfigyelni (RÁDAI 1990, 125). A légi felvételek 3 kamerával (infravörös, színes negatív és pankromatikus filmre) készültek, így később ezekből az anyagokból színes infravörös kompozit (CIR) ortofotó-mozaik előállítása is lehetséges volt (LICSKÓ 2017, 523-524.). Az egykori VITUKI-hoz kötődő légi fényképezések feldolgozása és értelmezése (RÁDAI 1978) az adott kor technikai lehetőségeihez képest nemzetközileg is élenjáró volt.

A hazai archívumok használhatóságát is nagyban befolyásolja a mutatók, repülési naplók kereshetősége, a fotóanyag rendezettsége. Jelenleg a fentrol.hu gyűjteménye a legjobban

elérhető, mert nemcsak szkennelt és rektifikált fotókat tartalmaz, de ezek a világhálón keresztül letölthetők, csakúgy, mint pl. a repülési/fényképezési adatok. A gyűjtemények szkennelése nemcsak a hozzáférhetőség miatt fontos, hanem az állományok védelme, hosszabb távon a megmentése miatt is. Utóbbira különleges példa a [fortepan.hu](http://fortepan.hu) oldal, amelyen közösségi forrásból származó, már-már elkallódó, egyes esetekben kiváló minőségű légi felvételeket találhatunk (61. ábra). Közülük a II. világhábo-

rú előtt készültek nagyobb része térképészeti célú légi felvétel, viszonylag kevés közöttük a ferde tengelyű fotó (pl. Pannonhalmáról, 1942-ből).

A fent bemutatott gyűjteményekben őrzött térképészeti és egyéb felmérési célú archív légi felvételek jelentős része erre a célra átalakított repülőgépből készült. A fotózás a gépbe épített kamarával, üvegnegatívra, később negatív filmre, majd színes fordítós filmre történt. A gép



61. ábra. Részlet a Magyar Királyi Légierő Budapestről és környékéről készült fotósorozatából (Budaörs dél, 1944. április 14., [fortepan.hu](http://fortepan.hu), a.), illetve a Google Map 2021. márciusi kompozit légi felvétele ugyanarról a területről (b.).

Az 1944-es fotón a repülőtértől D-re pusztuló erődítési nyomok figyelhetők meg, amelyek a közel 77 évvel később (b.) készült felvételen a hétvégi házas beépítés miatt már nem ismerhetők fel. A kialakult utcaszerkezet ugyanakkor részben igazodni látszik az egykori(?) lelőhelyhez



pontos repülési terv szerint, pásztázva repült, a döntését kerülni kellett, ezért fordulás közben nem fényképeztek, a fordulók alatti területeket az egyenes szakaszok végeinek összekapcsolásával fotografálták le. Az általános gyakorlat szerint a felvételek a repülési sorokon belül 60 %-os, a sorok között pedig 10-30%-os átfedéssel készültek, ami nemcsak a folyamatos területi leképezést szolgálta, hanem a későbbi sík- és sztereofotogrammetriai feldolgozási eljárások alkalmazására is lehetőséget adott.

A nem régészeti célú, *quasi* függőleges tengelyű légi felvételek régészeti alkalmazásának számos korlátozó tényezője van. Ezek közül a legfontosabb a régészeti szempontból nem, vagy csak kevésbé alkalmas növényzeti állapot a felvételek készítése idején. A térképészeti célú felvételezés tervezésénél általában három paraméterre figyeltek az időpont kiválasztása során: egyfelől a lehetőleg lombmentes állapotra, másfelől a felhőmentes megvilágításra, illetve az erősen szeles időjárást is kerülték. Ezért a fotók jelentős része tavasszal készült, ami csak korlátozottan teszi lehetővé használatukat régészeti célra. Fontos tudnunk ugyanakkor, hogy a térképészeti légi fényképezések repülési magassága már a két világháború között meghaladta a régészeti térképezés szempontjából ideális 300 m-es terepi magasságot (Neogrády S. felvételei többnyire 1000-2000 m-ről készültek, vö. NEOGRÁDY 1948-1950), A II. világháború alatt és után pedig gyakran ennél is magasabbról dolgoztak, ami a jó fényképezőgépek és a torzításmentes optika ellenére sem mindig teszi lehetővé a régészeti szempontból fontos részletek felismerését. A függőleges felvételezésnél általában kerülték a kora délelőtti és késő délutáni órákat, az árnyékos területek csökkentése érdekében (COWLEY – FERGUSON 2010, 98). Ez nem kedvező a régészeti jelenségek azonosítása szempontjából, amelyek jelentős része éppen az árnyékhatás révén válik láthatóvá. A pozitívumok között említendő ugyanakkor, hogy az azonosított régészeti lelőhelyek az ortofotótechnikának köszönhetően könnyen, gyorsan és pontosan illeszthetők. Egy szerencsés időpillanatban készült sorozat révén pedig akár egy egész mikrorégió ismerhető meg „hézagmentesen”, a laboratóriumi körülmények között végzett a kutatások segítségével.

A két világháború alatt, között és után készült légi fényképek mára sok esetben az elveszett információ dokumentumaivá váltak (COWLEY – FERGUSON 2010, 100, HANSON – OLTEAN 2013). Az archív fotók Európa sok részén a nagy tájváltozások előtti állapotokat rögzítették. Nemcsak az időközben beépült területekről, hanem a nagyon erősen roncsolt zónákról (hazánkban például Dunaújváros környékéről) adnak a felvételek hiteles topográfiai információt (VISY 2013, 169-175). További fontos, a régészeti topográfiai kutatás eredményességét befolyásoló tényezők, így a (kert)városias beépítés, az erdőtelepítések és – főként Közép – Európában – a nagyüzemi, monokultúras mezőgazdasági művelés esetében is lényeges a megelőző állapot ismerete. Minthogy a légi felvételeken nemcsak a régészeti információ, hanem a lelőhelyek környezete és az egész táj változásai nyomon követhetők, az archívumok ma még alig ismert anyaga alapvető jelentőségű a tájrégészeti kutatások szempontjából (COWLEY et al. 2013, 13-14).

A hazai szempontból legfontosabb archívumok rövid bemutatásával kapcsolatban hangsúlyozzuk, hogy a nem archeológiai célú légi felvételek értelmezése rendkívül kitartó és fegyelmezett munkát igényel. Csak a kutatott terület földrajzi, geomorfológiai, tájtörténeti és régészeti topográfiai viszonyainak alapos ismeretében lehet komoly eredményeket elérni. A hazai kutatási lehetőségeket szűkíti, hogy Nyugat-Európához képest jóval kevesebb háborús felvétel készült, illetve érhető el az archívumokon keresztül. A digitalizáció és az archívumok internetes kereshetősége, a fotó-anyagok és a kísérő dokumentáció letölthetősége ugyanakkor komoly kutatási lehetőséget jelent, különösen a tájváltozások miatt ma már távérzékeléses technológiával nehezen, vagy egyáltalán nem kutatható területek esetében.

A kutatástörténeti fejezetben bemutattuk, hogy a vonalas jelenségek, így mindenek előtt a *ripa Pannonica* (VISY 2000), illetve a Csörsz-árok rendszerének (GARAM et al. 1983) megismerésében meghatározó szerepe volt az archív légi felvételek feldolgozásának. A hasonló jelenségek megismerésében továbbra is fontos az archív anyagok szerepe. A 2000-es években az ELTE-n megindult római útkutatási program vonalas jelenségei (BÖDŐCS 2025), illetve a római kori földbirtokrendszer maradványai (BÖDŐCS

2020) sok esetben sikeresen azonosíthatók voltak archív térképészeti célú légi felvételek segítségével. Az utaktól eltérően a *centuriatio* elemeinek keresése során nemcsak egy-egy sávra, hanem egyre nagyobb területekre kellett kiterjeszteni a vizsgálódást, a lineáris jelenségek azonban sok esetben rácsként is felismerhetőnek bizonyultak.

Az archív ortofotó-állomány nemcsak felderítésre, hanem a régóta ismert lelőhelyek korábbi, gyakran növényzeti, vagy beépítési szempontból kedvezőbb állapotának megismerésére is alkalmas lehet. Fotogrammetriai feldolgozásuk az erózióknak és a mezőgazdasági művelésnek kitett területeken bizonyos mértékig a korábbi domborzati állapotok is rekonstruálhatók (pl. Süttő – Sándorföld területén: BÖDŐCS et al. 2019, 89).

## **6.2. A közel függőleges kameratengelyű modern fotó-platformok felvételeinek régészeti célú felhasználási lehetőségei**

A kutatástörténeti fejezetben bemutattuk, hogy a légirégészet fejlődése a legkorábbi időszaktól kezdve különböző magasságból, eltérő platformok felhasználásával zajlik. Ez a sokszínű technológiai háttér a 21. században egyre inkább a rendelkezésünkre áll, az akár 700 km-nél nagyobb pályamagasságú műholdaktól, a korábban 1000-2000, ma már jellemzően 5000-6000m-ről dolgozó, ortofotózásra, illetve a terep felett 150 – 1500 m-en használt ferde tengelyű légi fényképezésre alkalmas repülőgépeken át, az 5 – 300 m-ről fényképező drónokig. A következőkben azokat a lehetőségeket tekintjük át, amelyeket a ferde tengelyű kisképes repüléstől eltérő fotó-platformok használata nyújt a régészet számára. Minthogy azonban a hangsúly a légi felvételek segítségével nyerhető információ van – eltérően M. Gojda összefoglaló kézikönyvétől (GOJDA 2020), illetve saját korábbi munkáinktól (CZAJLIK 2022, 5. fejezet) – nem térünk ki az Archaeological Remote Sensing (ARS) technológián belül már-már önálló módszerré váló légi lézeres letapogatás (ALS, vagy LiDAR), illetve a radaros (SRTM és SAR) rendszerek bemutatására (összefoglalóan lásd: CZAJLIK 2022, 147-158). Célunk ugyanis az optikai úton nyerhető, régészeti szempontból releváns jelek észlelé-

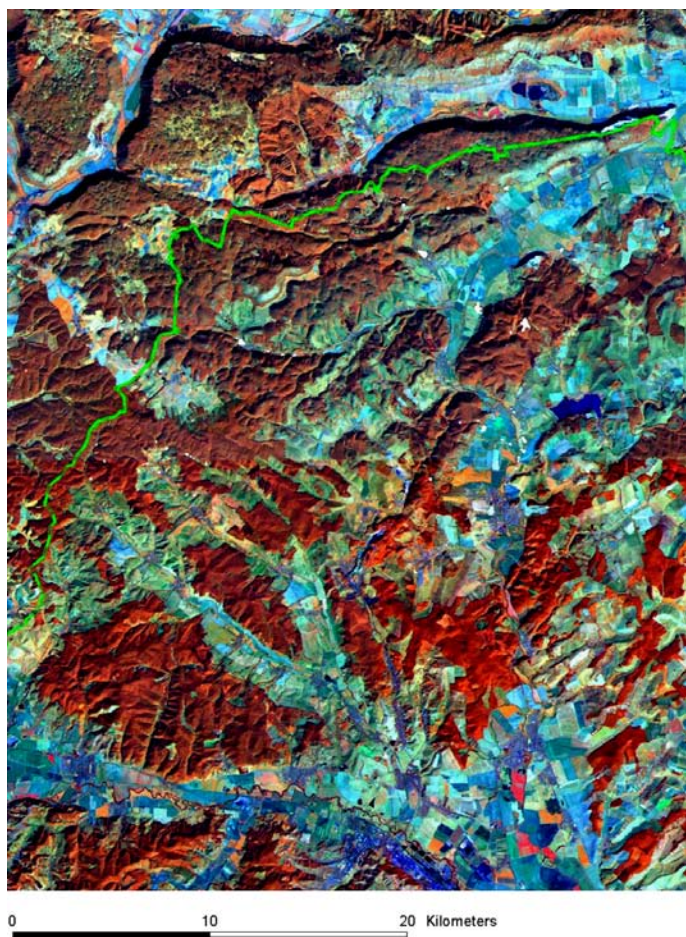
sére alkalmas lehetőségek ismertetése. Noha a felvételeken látható eltérések háttérében ugyanazok a mechanizmusok állnak, megjelenítésükre az egyes rokon módszerek eltérő mértékben képesek. Bár hangsúlyozandó, hogy a technikai fejlődés egyre gyorsuló tendenciát mutat, azaz a lehetőségek egyre bővülnek, ugyanakkor meggyőződésünk, hogy a különféle platformok párhuzamos használata előnyeik/hátrányaik figyelembe vételével a jövőben is megmarad.

### **6.2.1. Az űrfelvételek használata a régészetben**

A legtávolabbi platformot az akár 700 km-es pályamagasságon dolgozó műholdak jelentik. A légkörön túli pozíció miatt nincs a repülést befolyásoló időjárási probléma, továbbá olyan területek is megfigyelhetők, ahol más eszközzel nem lehet dolgozni, viszont gondot okozhatnak a domborzat, a tereptárgyak és a növényzet által vetett árnyékok és különösen a felhők által eltakart területek, valamint korlátozó tényező a Földtől való távolság is.

Az űrtávérzékelés kezdetei a II. világháború utáni időszakra nyúlnak vissza. Az első űrfelvétel egy V-2-rakéta segítségével, 1946. október 24-én készült. Az első kép a Földről 1959. augusztus 14-én került rögzítésre az Explorer 6-os műholdról (KUZMA 2013, 224, fig. 1-3). Ugyancsak 1959-ben kezdték meg távérzékelési tevékenységüket (<https://www2.usgs.gov/science/cite-view.php?cite=2289>) az amerikai katonai műholdak (CORONA, ARGON, LANYARD, GAMBIT, HEXAGON, más néven KH-1-4, 7, 9 rendszerek, vö. FOWLER 2010, 100).

A műholdas felvételek régészeti alkalmazásában rejlő lehetőségekre először H. O. Thompson hívta fel a figyelmet 1967-ben (THOMPSON 1967). A multispektrális fényképezés, ideértve a különféle amerikai űrhajókból végzett kísérletek alapján a közeli infravörös tartományban készült felvételezéseket is, már az 1960-as évek második felétől eredményesnek bizonyult régészeti célra (GIARDINO 2011, 2003-2004). Az első polgári célú program, a Föld szatellitalapú digitális térképezése 1972-ben indult el (LANDSAT program). Az 1980-as évektől a NASA a LANDSAT rendszerben üzemelő TMS (Thematic Mapper Stimulation) és a TMS (Thematic Mapper Stimulation) és a TMS (Thematic Mapper Stimulation)



62. ábra. A Sajó és a Bódva folyók, valamint az országhatár közötti terület az ESA – FÖMI (ma Lechner Központ) együttműködéséből származó hamis színes infra LANDSAT mozaik-képen

Multispectral Scanner) egységekkel fontos mezo-amerikai régészeti régiók, így a Chaco Canyon (Egyesült Államok, Új-Mexikó) térképezésével segítette a topográfiai kutatást (GIARDINO 2011, 2005). Főként a LANDSAT TM (Thematic Mapper), majd az 1986-tól működő SPOT (Système Pour l'Observation de la Terre) rendszer régészeti célú használhatóságának kutatására 1985-ben kezdték meg Morton Fen középkori lelőhely környékét (Kelt-Anglia) vizsgálni. A LANDSAT TM 30 m-es, a SPOT-rendszer 10/20 m-es térbeli felbontása miatt a régészeti jelenségek kevésbé, inkább az öskörnyezeti viszonyokra utaló nyomok voltak dokumentálhatók a pánkromatikus (SPOT-1) és multispektrális (LANDSAT 4-5 TM és SPOT 1) felvételek révén. Egyértelművé vált az is, hogy a kis geometriai felbontás mellett is sokat javított a műholdas felvételezés minőségén az űrben mozgó platformnak a hagyományosnál lényegesen nagyobb stabilitása (SHENNAN – DONOGHUE 1992). Más területek és más karakterű régé-

szeti jelenségek, így a Korinthosz körüli római *centuriatio* felderítésében kifejezetten sikeres volt a multispektrális adatok elemzése (ROMANO – TOLBA 1996). Ugyanebben az időszakban - a korábbi kezdeményezések (lásd: MIKE 1980) után - Magyarországon is megkezdődött az űrfelvételek régészeti célú felhasználása. Az M3-as autópálya-feltárások katalógusához készített, az ESA – FÖMI (ma Lechner Tudásközpont) együttműködésből származó hamis színes infra LANDSAT mozaik-képen (62. ábra) jól kivehetők a folyóvölgyek és a hegyvidékek, nem feltűnők az urbanizált területek és nem ér véget az ábrázolt terület az államhatáron, mint a legtöbb akkori térkép esetében (RACZKY et al. 1997). Túlmutatott az illusztrációs lehetőségek bővítésén Tímár G. 2004-ben megfogalmazott programja, ami – főként az alföldi területek környezeti rekonstrukciójához – a LANDSAT TM (és SPOT) űrfelvételek felhasználását javasolta a katonai térképezések mappáinak feldolgozása mellett (TÍMÁR 2004).

#### 6.2.1.1. A DISP-adatok felhasználása

Amíg az 1990-es években tovább folytatódott a kísérletezés a LANDSAT TM és a SPOT-rendszerek felvételeivel (FOWLER 1995), addig az Amerikai Egyesült Államok elnöke, W. J. Clinton 1995. február 22-én aláírt rendeletével több, mint 860.000, 5 évvel később további 48.000 kém-műholdfelvétel minősült át DISP-anyaggá (Declassified Intelligence Satellite Photograph) és vált a NARA (National Archives and Records Administration) részévé. A DISP-másolatok pedig az USGS (United States Geological Survey) gyűjteményébe ([https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-erosarchive-declassified-data-declassified-satellite-imagery-1?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-erosarchive-declassified-data-declassified-satellite-imagery-1?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects)) kerültek (FOWLER 2013, 47). A felszabadított felvételek egy része a legkorábbi LANDSAT-anyagoknál előbb, az 1960-as években, (CORONA KH-1, 2, 3, 4A, 4B, GAMBIT KH-7), más részük (HEXAGON, KH-9) a korai LANDSAT (1,2,3) működésével egy időben készült. Az utóbbiaknál a DISP-felvételek térbeli felbontása jobb (vö. FOWLER 2010, 10.1. táblázat). Megjegyzendő ugyanakkor, hogy a LANDSAT TM-mel ellentétben a DISP-felvételek nem fedik le a teljes Földet

(FOWLER 2013, 47), hanem a kémholdak egykori munkaterületének megfelelően főként Kelet – Európa, a Mediterráneum, Közel – Kelet és Kis – Ázsia kutatható a segítségükkel. A hidegháború végének köszönhetően ugyanebben az időszakban elérhetővé váltak az orosz KVR-1000 műholdak felvételei is (FOWLER – CURTIS 1995). A DISP-lehetőségek közül leginkább a CORONA KH-4B-t használják régészeti célra, elsősorban azokon a területeken, ahol a régészeti célú légi fényképezés nem, vagy alig alkalmazható (63. ábra). Ennek oka eleinte a kedvezőbb ár, később pedig az orosz műholdas adatokhoz való hozzáférés megszűnése volt (LASAPONARA – MASINI 2011, 1996).

A CORONA-program 1960-1972 között készült felvételei (a technikai részleteket lásd: HRITZ 2014, 247-249) a jó térbeli felbontás (2-5 m között) és a sztereo-átfedés mellett számos térségben azért alkalmazhatók sikerrel, mert a modern táj-átalakításokat megelőzték (PHILIP et al. 2002, 110; CASANA 2020, fig. 1). Törökország (lásd: KENNEDY 1998) és általában a közel-keleti régió esetében fontos további érvet jelentett a DISP-adatok felhasználása mellett a kartográfiai adatok szűkössége, a lelőhely-gyűjtések hiányosságai, továbbá az, hogy hagyományos régészeti légi fényképezésre nem volt lehetőség.

A kutatatlan területeken áttörést jelentett a CORONA fotónegatívak felhasználása a vonalas struktúrák megtalálásában: Észak-Mezopotámiában (Felső-Khabur-medence, Szíria) kora bronzkori úthálózatok nyomát sikerült dokumentálni (UR 2003). Sivatas területeken lévő nagyobb lelőhely-komplexumok és környezetük vált térképezhetővé, például al-Raqqat (Szíria) említjük (CHALLIS et al. 2004). A CORONA-fotónegatívak sztereo-átfedését kihasználva sztereo anaglif-térképek készültek az Islahiye-síkságról (Törökország, CASANA – COTHREN 2008, fig. 5), az Eufrátész-völgyéről (Szíria, CASANA – COTHREN 2008, fig. 6), sőt az Eufrátész középső szakaszán (Tell Hadidi környéke) digitális terepmodellt fejlesztettek, amelynek segítségével régi útnyomok is kimutathatók voltak (CASANA – COTHREN 2008, fig. 10). Itt jegyezzük meg, hogy a műholdas ada-



63. ábra. al-Raqqat al-Mutariqa (Szíria) CORONA felvétele. Jól azonosítható jelenségek: 1) Bab Sibal; 2) karavánszeráj; 3) a Rafiqából Tel Aswadba vezető út; 4) Fal(?) al-Raqqat al-Mutariqa körül; 5) agyaggyerő gödrök; 6) al-Raqqat; és 7) az Eufrátész lefűződött meandere, amely a város déli felét elhordta (CHALLIS et al. 2004, 6. ábra)

tok szerepe egyébként is kiemelt a Tigrisz-Eufrátész-völgyrendszer rekonstrukciójában (HRITZ 2014, 249-161).

Talaj-jelek (a széteső agyagtégla-épületek okozta világossárga elszíneződés) alapján több új lelőhelyet azonosítottak Szíriában, Homstól délre, terepi kontroll-adatgyűjtéssel kísérvé, a CORONA-fotónegatívak segítségével (PHILIP et al. 2002, 1. táblázat). Homstól északra pedig valószínűleg római kori parcella-rendszerek bazaltból épített határai dokumentálhatók (PHILIPS et al. 2002, fig. 4-5.). A CORONA-atlasz program (<http://corona.cast.uark.edu/index.html>; és más hasonló kutatások (lásd: HRITZ 2014, 252) révén a „Termékeny félhold” zónájában napjainkig kb. 10.000 új régészeti lelőhelyet azonosítottak (CASANA 2020, fig. 7; fontos esettanulmány: CASANA et al. 2012).

Annak ellenére, hogy a felvételek számottevő része Közép-Európában készült, egyelőre kevés sikeres próbálkozást ismerünk DISP-anyagok felhasználására. Ezek közé tartoznak I. Oltean és W.A. HANSON dobrudzsai (Románia) kutatásai (OLTEAN – HANSON 2013) és a *Tropaeum Traiani* (Adamclisi, Constanța megye, Románia) területén a CORONA-filmnegatívok alapján azonosított római utak (PANAITE – MIU (BEM) 2016, fig. 9-10). Magyarországon, Békés megyében, Orosházánál és Székkutasnál Rózsa Zoltánnak sikerült az 1960-as években készült CORONA-felvételek alapján őskori erődítéseket azonosítania (64. ábra), illetve már korábban ismerteket jól dokumentálnia (RÓZSA 2010).



64. ábra. Végegyháza – Zsibrik-domb (Békés vármegye). Késő bronzkori / kora vaskori erődített település. CORONA DISP-felvétel, 1960-as évek (RÓZSA 2010, 6)

#### 6.2.1.2. A kereskedelmi műholdas adatok felhasználása

Az 1999-től megjelenő, ún. VHR kereskedelmi célú műholdas érzékelők (pl. IKONOS-rendszer) fontos előrelépést hoztak; az 1m körüli térbeli felbontást a 2000-es évek elején sikerült elérni (IKONOS - 2, QuickBird; LASAPONARA – MASINI 2011, 1996). Ez az új információ-forrás a közel keletinél jóval kedvezőbb helyzetű (lásd: előzetes lelőhelygyűjtések, hagyományos légi fényképezés lehetősége és intenzitása) európai kutatás figyelmét is felkeltette. Az egyik legismertebb kísérleti program keretében, Toszkána területén az 1999 – 2015 között működő IKONOS-2 rendszert használták, amelynek térbeli felbontása (1 – 4 m) összevethető a vertikális (térvéseti célú) légi felvételek felbontásával, azaz alkalmas a jelentősebb régészeti lelőhelyek azonosítására. Később sor került a jobb térbeli felbontású (0,70 – 0,61 m) és alkalmasabb időszakban készült, 2001-től elérhető QuickBird-2 felvételek vizsgálatára (CAMPANA 2002). Bár a teszt-területekről jelentős mennyiségű előzetes régészeti információval rendelkeztek, számos új lelőhelyet sikerült azonosítani. A műholdas adatokat közel azonos mértékben lehetett felhasználni, mint a vertikális, térvéseti célú légi fényképeket.

Döntőnek bizonyult az alkalmas időben (2000. július eleje, illetve 2001. június közepe) készült felvételek kiválasztása (65. ábra). Az eredményesség nagymértékben az IKONOS-2 multispektrális szenzorának is köszönhető, különösen a 2-es (zöld), a 3-as (vörös) és a 4-es

(közeleli infravörös) sávok bizonyultak alkalmasnak. Nyilvánvaló, hogy a közel-keleti kutatásokkal ellentétben nem a talaj-jelek, hanem a szántóföldi növényzet biztosította növény-jelek dokumentálásához igazodott az időpont kiválasztása. Hangsúlyozni kell azonban, hogy az IKONOS-2 /QuickBird-2 rendszerek térbeli felbontása csak a lelőhelyek esetleges megtalálására alkalmas, belső vizsgálatukra, régészeti jelenségek felismerésére nem. Nehézkesnek tűnik a növényzeti és a légköri viszonyok szempontjából egyaránt alkalmas, területenként változó idő-ablakok meghatározása, valamint sok esetben további korlátot jelent ezeknek a felvételeknek a magas ára.

#### 6.2.1.3. A Google Earth felvételek régészeti felhasználása

A régészeti topográfiai munkában közkeletű Google Earth programot 2001-ben fejlesztették ki, de igazán népszerűvé 2009-től, ingyenes hozzáférhetőségének köszönhetően vált. Elindulásakor a Föld minden részére elérhető felbontása 30 m/pixel volt, ami csak meglehetősen durva, térképet pótló tájékozódásra volt alkalmas. Ez LANDSAT felvételeken alapult, amelyet jobb térbeli felbontású CNES Spot, illetve QuickBird-anyagokkal egészítettek ki. Az utóbbi évtizedben egyre jobb térbeli felbontású anyagok kerülnek fel a rendszerbe, - lecserélve a korábbiak egy részét. Térségünkben az Európai Űrügynökség (ESA) Copernicus rendszerének Sentinel-2-es ikerműholdjairól (2017-től), a Maxar cégtől, a Google Earth 2008 óta működő saját műholdjáról (GeoEye), újabban pedig a Francia Űrügynökség (CNES) Airbusól származó



65. ábra. A Via Cassia nyoma a Quickbird-2 felvételén 2002. tavaszán (CAMPANA 2002, 7. ábra)

zó felvételeket, egyes esetekben (pl. Budapest környékéről) a fentiekén túl térképészeti célú légi fényképeket használhatunk fel.

Különösen olyan területeken van fontos szerepe, ahol nincsenek, vagy nem hozzáférhetők a megfelelő minőségű térképek. Nagy-Britanniában nyilvános, kereshető régészeti adatbázisok háttereként is alkalmazzák. Folyamatos frissülése miatt – elsősorban az állandó növényzettel nem borított területeken, illetve a települések melletti, beépülő zónákban – egyre gyakrabban feleslegessé teszi a topográfiai térképeket a terrepi munkában.

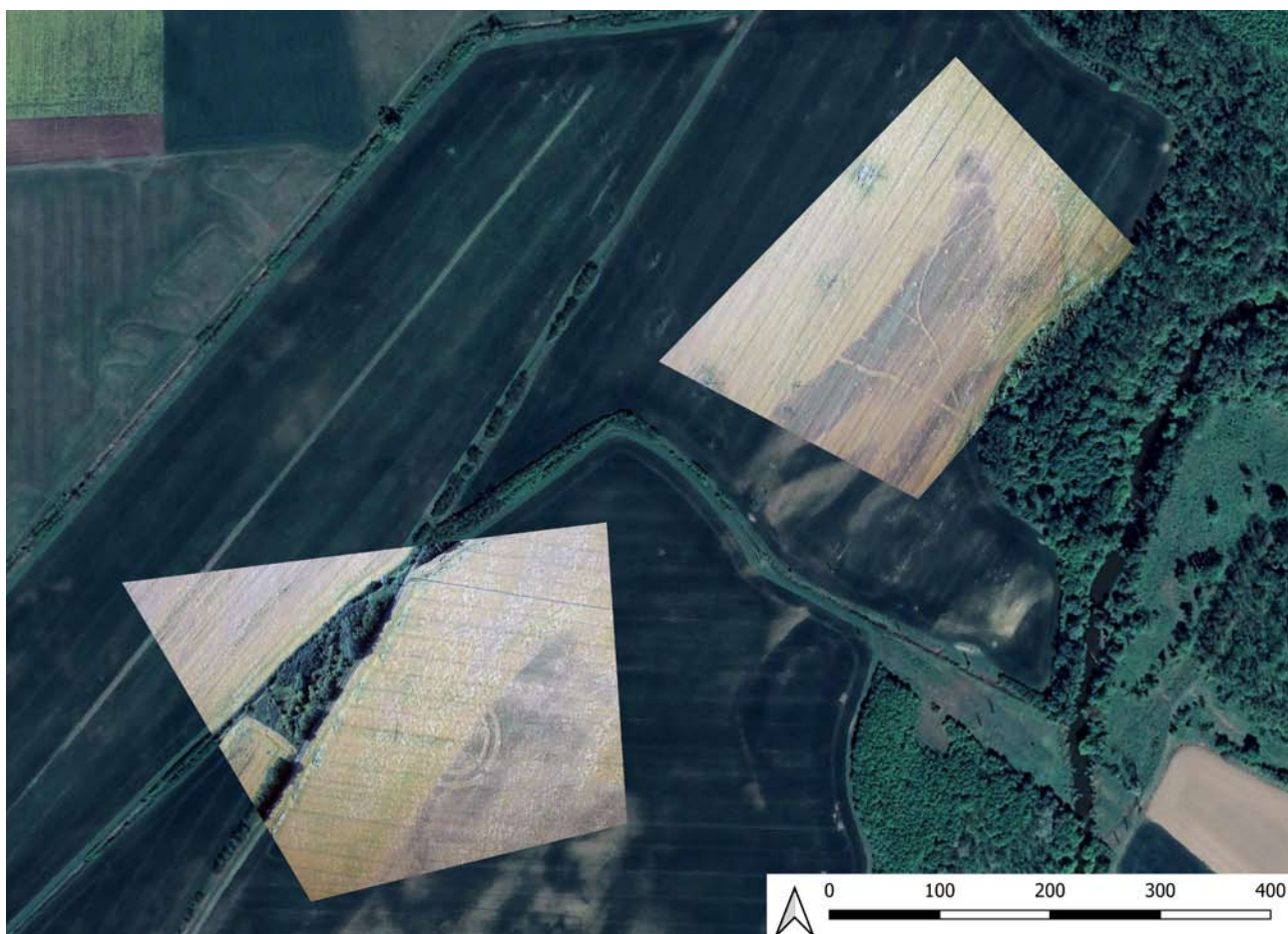
Közép – Európában először I. Kuzma alkalmazta új lelőhelyek felderítésére (KUZMA 2013). A Google Earth-rendszer segítségével térségünkben nagyon jól kutathatók az erődített települések, részben a domborzatban megfigyelhető egykori emberi beavatkozások nyoma, részben a talaj-jelek révén (lásd pl. SZEVERÉNYI – KULCSÁR 2012, BERTÓK – GÁTI 2014). Hasonlóképpen jól látszanak a hosszan elnyúló jelenségek, különösen a szabályos vonalvezetésű római utak. Térségünkben Visy Zs. *Carnuntum* környéki, illetve *noricum*i kutatásai idézhetők (VISY 2017, 2021) a témakörben. Az egykori tájhasználat/átalakítás nyomai (pl. régi kataszteri rendszerek) ugyancsak gyakran megfigyelhetők a GE-felvételek alapján (BÖDŐCS 2020). Részben talaj, részben növényzeti jelek révén kör-

alakú struktúrák (erődítések, halomsírok nyoma) is azonosítható. Bizonyos típusú régészeti lelőhelyek, vonalas objektumok (utak, sáncok), vagy árokkaal körülvett, erődített települések, esetenként árokkeretes sírok azonosítására is alkalmas, főként jól ismert zónák esetében. Amíg a talaj-jelek többnyire folyamatosan megfigyelhetők, addig a szántóföldi növényzetben kora nyáron kialakuló elváltozások csak rövid ideig észlelhetők. Az O. Braasch által 2002-ben megtalált (BRAASCH 2003, Abb. 12), majd általunk 2007-ben fényképezett Ikervár – Antónia-majortól É-ra lévő újkőkori körárok (CZAJLIK et al. 2008, 125-126) látható a CNES Airbus 2019. április 28-án rögzített felvételen (v.ö. 47. ábra). Jól kivehető a kettős körárok vonala, sőt az árkokon belül húzódó paliszádsorok(?) helye is. A 2007. június 15-i Fujichrome Velvia filmre rögzített légi felvételek élesebbek, kontrasztosabbak, lényeges többlet-információ azonban nincs rajtuk (66. ábra). Ez a példa is azt illusztrálja, hogy a megfelelő időpontban és növényzeti állapotban készült műholdas adatgyűjtés ma már Közép – Európában nemcsak régészeti lelőhelyek, hanem jelenségek azonosítására is alkalmazható. Sőt, amint azt *Nicea* esete mutatja, szerepe lehet a módszernek a városi régészeti kutatásokban is (VISY 2014).

A fentiekén túl reális esély mutatkozik arra, hogy már a közeljövőben tovább javuljon a műholdas régészeti lelőhelyfelderítés eredményessége. Amíg a gyakran használt Geoeye szatellit térbeli felbontása 0,5 m körüli, addig a CNES (Airbus) Pléiades Neo 3 műhold 2021. május 20-án publikált első felvételeinek térbeli felbontása eléri a 0,3 m-t, vagyis megfelel a modern ortofotózások során használt, azaz régészeti célra széleskörűen alkalmasnak bizonyult paramétereknek.

### 6.2.2. Az optikai műholdas adatok feldolgozásának lehetőségei

Amint arra a fentiekben többször utaltunk, a különféle műholdas felvételezések régészeti felhasználhatóságának fontos kritériuma a térbeli felbontás. Minthogy azonban a műholdas felvételezés során a hullámhossz-spektrumot sávokra bontják (multispektrális felvételezés), a spektrális felbontás, a színek és hullámhosszak elkülönítése (radiometriai felbontás) is sávonként különböző. Sőt, ismerjük az adatgyűjtés



66. ábra. Ikervár – Antónia-majortól északra (Vas vármegye). Újkőkori körárok részlete és más jelenségek a CNES Airbus 2019. április 28-án készült felvételén, illetve a 2007. június 15-én készült légi fotókon (fotók: Czajlik Zoltán, illesztés: Rupnik László, 2021)

| A felbontás típusa | A felbontás meghatározása                                         |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------|
| térbeli            | A területet ábrázoló pixelek nagysága (méterben)                  |
| spektrális         | Az elektromágneses hullámsávok száma, helye és szélessége         |
| radiometriai       | A visszavert sugárzás (szín) rögzítésének pontossága (bitmélység) |
| időbeli            | Ugyannak a területnek a vizsgálati gyakorisága (napokban)         |

67. ábra. A térbeli, a spektrális, a radiometriai és az időbeli felbontás meghatározása űreszközökkel készített adatok esetében (BECK et al. 2007, 1. táblázat nyomán)

időbeli felbontását is, annak megfelelően, hogy az adott űreszköz milyen időközönként végzi el ugyanazon területek felvételezését (67. ábra). Nemcsak a térbeli, hanem a spektrális és a temporális felbontásnak is alapvető jelentősége van a feldolgozás során (BECK et al. 2007).

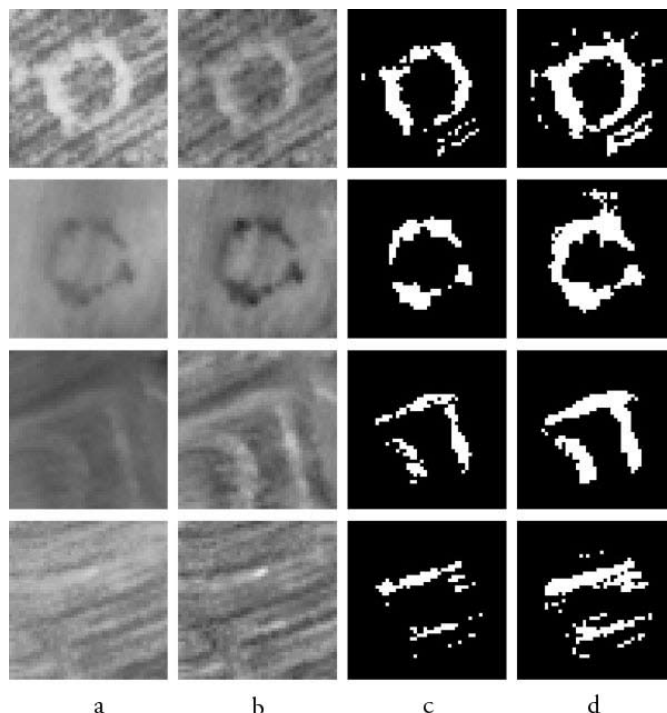
A különféle optikai műholdas rendszerekből származó anyagok mindegyikére igaz, hogy – igényesebb régészeti felhasználás esetén – az akár 100 m-es fotogrammetriai torzulás miatt – ezeket a felvételeket is georeferálni kell (SCOLLAR – PALMER 2008). Ez Nyugat-Európában többnyire könnyen megoldható, de a térségünkben gyakori és régészeti szempontból fontos monokultúras gabonaművelésű területeken a földi referencia-pontok hiánya miatt nehézkes lehet (KUZMA 2013, 225). Fokozott mértékben jelentkezik a probléma a közel-keleti térségben, ahol gyakran a kellő részletességű topográfiai térképek sem állnak rendelkezésre. DISP-anyagok esetén pedig további gondokat okozhatnak a felvételezések óta eltelt időben bekövetkezett

tájváltozások. Hazai területről készült műholdas-adatok nemzetközi módszereket (LASAPONARA et al. 2007, TRAVIGLIA – COTTICA 2011) követő feldolgozására a Vésztő – Mágorhalomról készült felvétel hozható példaként. A GeoEye műholdas adatok elemzése során a geometrikus korrekciókat követően különféle szűréseket végeztek, majd DVI, NDVI és SR-indexeket alkalmaztak és a fontos anomáliák elkülönítésére főkomponens-analízist (PCA) használtak (SARRIS et al. 2013, fig. 14). 2000-2004 közötti IKONOS és QuickBird műhold-felvételek alapján készült el a Velencei északi lagúna (az egykori *Constanciacus* település) részletes elemzése. Ennek során *pan sharpening* technikát alkalmaztak a nagyobb felbontású pánkromatikus („szürkeárnyalatos”) IKONOS és az alacsonyabb felbontású multispektrális Quickbird felvételek egyesítésére (TRAVIGLIA – COTTICA 2011, fig.

12), majd a régészeti jelenségek okozta anomáliák kiemelése érdekében főkomponens-analízist (PCA) és vegetációs indexeket használtak. A felvételezések egyesítését, fúzióját alkalmazták ciprusi régészeti lelőhelyek esetében is. A kiindulási alapot egyfelől a CORONA (1960-1972) szürkeárnyalatú fotónegatívjai, másfelől a LANDSAT 8 (1973-2013) RGB/multispektrális felvételei jelentették. A többlépéses képfúziós eljárás révén a jobb térbeli felbontású korábbi adatokat egyesítették az RGB-információkkal. A színezett fúziós képeken egy sor, korábban nem érzékelhető régészeti jelenséget ismertek fel (AGAPIOU et al. 2016).

Az egyik legsikeresebb példa a HR (high resolution – nagy térbeli felbontású) műholdas adatok régészeti felhasználására a dél-itáliai Apuliában, két teszt-lelőhelyen végzett kutatás. A növény-jelek összegyűjtése során beépítették a korábbi tapasztalatokat: döntő jelentősége volt annak, hogy a QuickBird-felvétel ideális időpontban, 2006. május 27-én készült. A feldolgozásban a *pan sharpening* mellett a régészeti jelenségek kiemelésére PCA-t és TC (Tasseled Cap) képfinomítást alkalmaztak. Az utóbbi előnye a radiometriai korrekcióval szemben, hogy a pixelekhez tartozó értékeket nem önállóan, hanem aszerint változtatja meg, hogy a szomszédos pixelekhez milyen értékek tartoznak. A római kori, illetve újkőkori lelőhelyeken az elemzés eredményeként a nagyobb jelenségek értelmezhetővé váltak, az utóbbiak esetében ezt magnetométeres felmérés erősítette meg (NOVIELLO et al. 2013). Ugyancsak a PCA és a TC feldolgozási lépések vezettek eredményre a skóciai alluviális területeken végzett tesztelések során. Az így feldolgozott multi/hiperspektrális-adatok olyan régészeti jelenségek észlelését tették lehetővé, amelyeket a hagyományos filmes ferde tengelyű légi fényképezések során csak a legszárazabb években tudtak detektálni. Megállapítható volt az is, hogy

különösen az elektromágneses spektrum NIR (közeli infravörös) tartományának elemzése vezetett eredményre (AQDUS et al. 2012). A különféle spektrális sávokban eltérően jelentkező régészeti információk közül a jól algoritmizálható körárkok kutatására fejlesztettek ki automatizált módszert a QuickBird-2 felvételek alapján (68. ábra), szántóföldi művelés alatt álló norvégiai területeken (TRIER et al. 2009). Ugyancsak norvégiai tapasztalat, hogy a régészeti jelenségekre visszavezethető talajkémiai/ ásványtani eltérések spektrális adatokban való megjelenése tovább finomíthatja az elemzéseket. Így sikerült bizonyos régészeti jelenségek (főként halomsírok és nagyobb méretű épületek) azonosítása IKONOS-2 és QuickBird-2 multispektrális adatok alapján (GRON et al. 2011).



68. ábra. Régészeti jelenségre utaló gyűrűk automatikus detektálása Quickbird HR-űrfelvételeken Laagen és Gardermoen (Norvégia) zónájában (TRIER et al. 2009, fig. 5 alapján). A felső két sorban a helyes, az alsó kettőben a téves azonosításra láthatunk példákat. Az (a) oszlopban az eredeti, a (b) oszlopban a lokálisan megemelt kontrasztú, a (c, d) oszlopokban a Niblack-féle módszerrel binarizált ( $k=0,5$  és  $k=1,0$ ) képek láthatók.

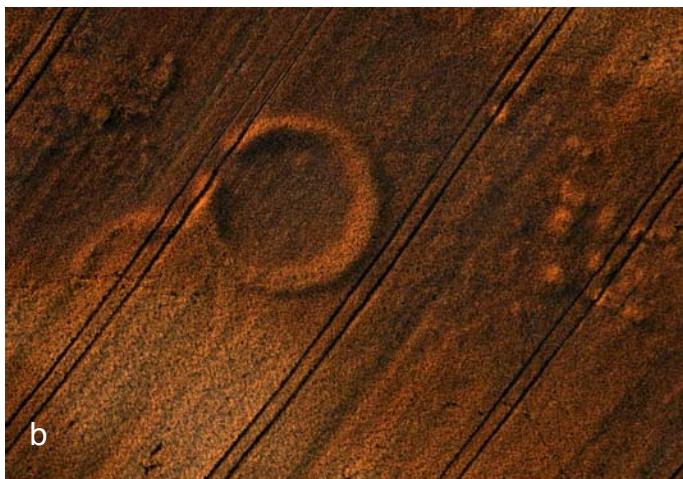
Az ESA Copernicus-rendszer 2014 óta üzemelő Sentinel – 2-es ikerműholdjai által Foggia (Olaszország) környékéről szolgáltatott multitemporális adatok sikeres tesztelése megerősítette az űrtechnológián alapuló adatgyűjtés fontosságát, amelynek eredményességéhez a különféle környezeti viszonyokhoz, időjárási helyzetekhez és az eltérő karakterű régészeti lelőhelyekhez jól adaptálható és legalább részben automatizálható módszerekre van szükség (ABATE et al. 2020). Nyilvánvaló tehát, hogy a multispektrális kutatások sikere a régészeti tapasztalatok, a jól kiválasztott teszt-területek és régészeti jelenségek, valamint a különféle adatelemzési/ adatfeldolgozási technikák megfelelő alkalmazásán múlik.

Amint ezt a D.C. Comer és M.J. Harrower által szerkesztett tanulmánykötet (COMER – HARROWER 2012) mutatja, az űrfelvételek régészeti célú felhasználása a 2010-es évek óta speciális felkészültséget igénylő, önálló kutatási területté vált a légirégészeten belül. Feltűnő ugyanakkor, hogy a könyvben jellemzően amerikai, illetve közel-keleti és ázsiai példák szerepelnek. Ez összefügghet azzal, hogy Közép-Európában rendszeres kutatások tudomásunk szerint csak Csehországban folynak (GOJDA 2020, 175-178). Ezen túlmenően az űrfelvételek, tágabb értelemben a különféle űreszközökkel gyűjtött űr-adatok alkalmazása egyelőre – a Google Earth-rendszer tájékozódásra való felhasználását kivéve – térségünkben még csak

a biztató kezdeteknél tart. Ennek legfőbb oka a különféle meglévő lehetőségek *ad hoc* jellegű alkalmazása, illetve a kifejezetten régészeti célú adatgyűjtő és feldolgozó szoftverek és elemzési lehetőségek hiánya (LASAPONARA – MASINI 2011, 1995).

### 6.2.3. A modern ortofotók (MePAR) felhasználása

A következő, a műholdaknál alacsonyabbról, már a légkörben dolgozó platformot a modern ortofotózás jelenti, amelynek a régészeti célú alkalmazásához azonban egyelőre hiányoznak a hazai tapasztalatok. Ennek elsősorban az az oka, hogy a repülések magas költségük miatt csak állami szinten lennének finanszírozhatók. Gyökeres változást jelent azonban a MePAR (Mezőgazdasági Parcella Azonosító Rendszer) létrejötte. Ez egy olyan térinformatikával támogatott webes felület, amelynek révén a mezőgazdasági művelés alatt álló területeket a tulajdonosok és a hivatalos szervek is figyelemmel tudják kísérni, - nagy magasságból készített



69. ábra. Lovasberény (Fejér vármegye).

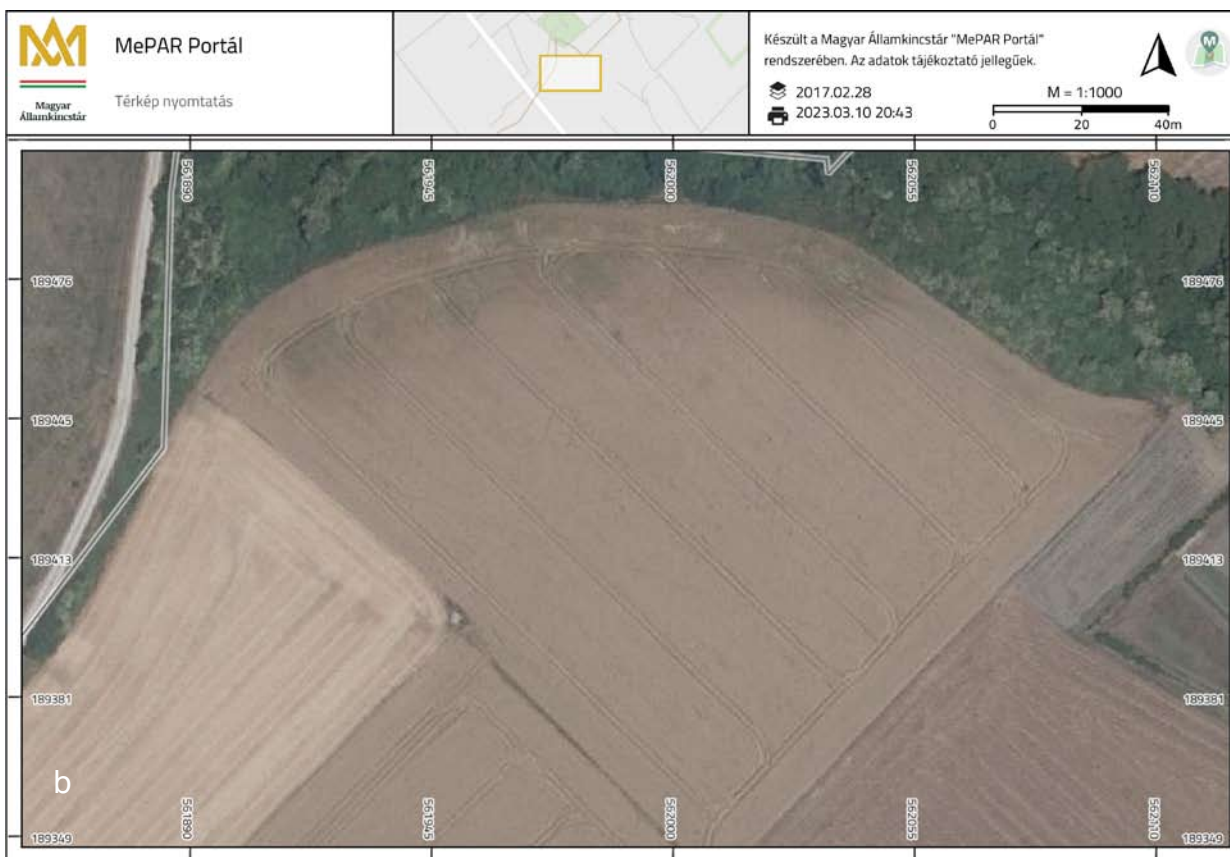
A: 2015. június, MePAR-felvétel: színeltérés alapján észlelhető árokkeretes temetkezések nyoma.

B: 2015. június 30., Czajlik Zoltán felvétele (az „A”-képen ábrázolt terület): főként magassági eltérés alapján észlelhető árokkeretek és temetkezések nyoma az őszi vetésű búzában

ortofotók segítségével. Ez az eljárás legfeljebb 3 évenként az Európai Unió előírásai szerint minden tagállamban ismétlendő, fő célja az agrártárogatási rendszerhez kapcsolódó monitorozás. A terület Magyarországon az állami Lechner Tudásközponthoz köthető, jelenlegi formája 2021-től érhető el. A böngésző jó minőségű ortofotóképanyagot biztosít, 2007-től digitális felvételek alapján. A képek a Vexcel UltraCam berendezés egyre korszerűbb típusaival készültek, pixel-méretüknek a terepen jellemzően 0,4 m felel meg. Ez a berendezés a NIR-tartományban is működik, infra-felvételei azonban egyelőre nem elérhetők. A légi fényképezéshez általában Cessna 402 típusú repülőgépet használnak, az átlagos repülési magasság 5000 – 6000 m. A korábban, térképészeti céllal végzett ortofotózásokhoz képest – az ingyenes hozzáférésen túl – régészeti szempontból lényeges különbség, hogy a 2014

– 2019 közötti légi fényképezéseket a növényzeti jelek észlelésében kulcsfontosságú kora nyári időszakban végezték el. A platformot – alacsonyabb magasságból – gyakran használják nagy területek légi lézeres letapogatására.

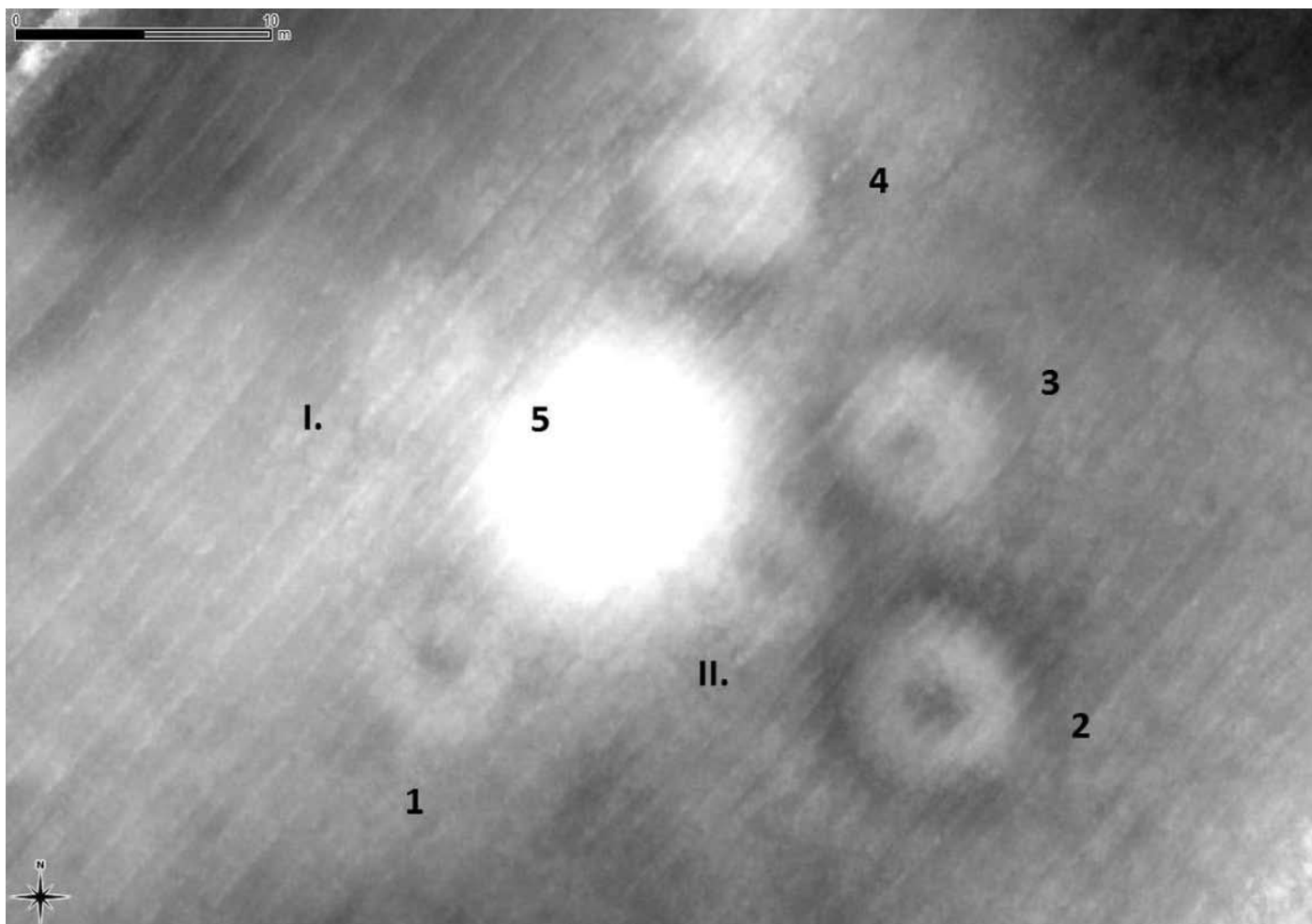
Az archív és a modern ortofotózás, de ma már a műholdasfelvételezés is elsősorban térképészeti-felmérési-dokumentálási célokat szolgál. Ebből adódóan alacsony napszög esetén (általában 35 fok alatt) nem készülnek felvételek, ami erősen korlátozza a régészeti jelenségek észlelésének lehetőségét. Lecsökken, vagy el is tűnik a felvételezések idején az árnyékhata, azaz a növények növekedéséből adódóan kialakuló magasságkülönbségek nem, vagy csak gyengén észlelhetők. Ezért az ortofotókon, vagy a Google Earth rendszerben megfigyelhető növény-jelek túlnyomó többsége színeltéréssel jelentkezik. A MePAR-t analizálva megállapíthatjuk, hogy minden esetben a színelkülönbség révén észlelhetők a régészeti jelenségek (69. ábra). Ez általában halványzöld-zöldesfehér/sötétzöld, ritkábban sárga/zöld differenciát jelent (vö. BRAASCH 1994, 89-92; DONEUS 2013, 171-180). A mélyzöld dominanciája az őszi vetésű gabonák májusi/júniusi állapotaival függ össze, amikor viszonylag hosszan látható a gabona-jeleknek ez a verziója. A következő fázis, azaz a sárga/zöld egy rövid ideig tartó állapot, így kevesebb régészeti jelenség dokumentálását teszi lehetővé. Az aratásig nyúló utolsó fázis ismét hosszabb, azonban bizonyos eseteket kivéve a szíkontraszt csak a sárga közeli árnyalataira szorítkozik, illetve el is tűnhet. Ilyenkor már jórészt az alacsony napszög teszi lehetővé a régészeti jelenségek megfigyelését, ami tehát az ortofotók készítése időpontja miatt nem lehetséges. Ráadásul a ferde tengelyű légi fényképezésnél az árnyékhata Nap állását figyelembe vevő irányból készített fotókkal feltűnőbbé tehető. Minthogy a gabona-jelek mennyisége átlagos időjárás mellett az érés előrehaladtával egyre nő, az ortofotókon a fentiek alapján gyakran kevesebb régészeti jelenség detektálható, mint az ugyanarról a területről, ugyanolyan növényzeti körülmények mellett készült ferde tengelyű, régészeti célú légi felvételeken. Különösen szembetűnő a különbség a negatív növény-jelek esetében. A hazai római villagazdaságok kőépületeit vizsgálva az utolsó gabonaérési fázisban alig figyelhető meg színeltérés, így az árnyékhata hiánya



70. ábra. Nemesvámos – Baláca-pusztá (Veszprém vármegye)

A: 2016. május, MePAR-felvétel: a villagazdaság mellett színelterés alapján észlelhető középkori kőépületek az őszi vetésű búzában, vö. PÁTKAI - GYÓRFFY-VILLÁM 2023

B: 2022. július, MePAR-felvétel: a kőépületek nem, vagy alig észlelhetők az aratás előtt álló őszi vetésű búzában



71. ábra. Harkakötöny – Suba-major Kelet I. (Bács-Kiskun vármegye). Alacsony reliefű halomsírok domborzatmodellje. A római számmal jelzett tumulusok a drónos fotogrammetriai felmérés révén váltak felismerhetővé (MÉSZÁROS et al. 2017, 5. ábra)

jóformán „eltünteteti” ezeket a jelenségeket. Jól látható ez a Nemesvámos – Balácsa-pusztai villagazdaság épületei esetében, amelyek a 2016. májusi(?) fényképezésnél jól dokumentálhatók, 2022. júliusában(?) azonban csak a markánsabb falak/falalapozások voltak észlelhetők (70. ábra).

#### 6.2.4. A drónos légi fényképezés

A drónos (vagy UAV, illetve RPAS) légi fényképezés – miként az összes rokon módszer – óriási előnye a repülőgépes platformhoz képest, hogy a felvételeket könnyen lehet közel függőleges kameratengellyel elkészíteni. Ezen túlmenően optimális megoldást jelent a kismagasságú régészeti légi fényképezésekre. Mindkét szempontból a ballonos repülések jelentik a gyökereit. Minthogy az ásatási felszíneket általában nehéz repülőgépből költséghatékonyan dokumentálni, számos alternatív módszert (tornyok, tűzoltólétra, rúdra

szerelt távkioldós fényképezőgép, héliummal töltött ballon, robothelikopter) próbáltak alkalmazni a drónok elterjedését megelőzően (vö. CZAJLIK 2022, 135-137).

A rohamos fejlődésük nyomán előállt – a lehetőségek időnként áttekinthetetlenül gyors változásával járó – technikai fejlődést S. Campana a „drónok dzsungelének” nevezte (CAMPANA 2017, 278). A drónokat többféleképpen használhatjuk légi fényképezésre, a három legfontosabb régészeti alkalmazás a következő:

- ásatási felszínek, feltárás alatt lévő régészeti jelenségek dokumentálása.
- programozott repülések révén nagyobb területek egybefüggő, fotogrammetriai feldolgozásra alkalmas légi fényképezése,
- ismert régészeti lelőhelyek gyakori drónos megfigyelése.

A drónos platform az utóbbi 4-5 évben lényegében kiváltotta az ásatási felületek repülő-

gépes, motoros sárkányrepülő, siklóernyős, stb. légi fényképezését, használata átalakítja a műszeres felmérést és a rajzi dokumentálást is. A kutatástörténeti fejezetben láthatuk, hogy korábban is használtak olyan platformokat, elsősorban ballonokat, amelyekről hasonló módon lehetett fényképezni, mint a drónokkal. A rögzített ballonok, jóval később a héliummal, vagy meleg levegővel töltött léggömbök segítségével magasba emelhető kamerák (BALOGH – SZABÓ 2013, 2. kép) stabilitása és a könnyen elkészíthető vertikális felvételek előnyösek voltak a repülőgépekkel szemben.

A problémát korábban az üveglemezek, majd a filmek cseréje, a távirányítás és legfőképp a fényképezendő terület földi kontrolljának hiánya jelentette. Ezeket a kérdéseket a hazai gyakorlatban a 2010-es évek elejétől digitális kamerával felszerelt, a földi pilótával stabil kép-kapcsolatban lévő kvadrokopterek segítségével oldották meg (BALOGH – SZABÓ 2013, POKROVENSZKI et al. 2016). Az évtized közepétől megjelenő drónok alkalmazásával még könnyebben lehetett elkészíteni a fotó 3D-felméréseket (71. ábra), sőt az utóbbiak kitűnő eszköznek bizonyultak olyan felvételsorozatok elkészítésére, amelyek 3D-kiértékelésre is alkalmasak voltak (SZABÓ 2016, 66-75). A technológiai fejlődés egyik fontos mozgatórugóját a szoftverfejlesztés, a másikat a drónok árának nagyléptékű csökkenése jelentette. Az utóbbival kapcsolatban figyelemre méltó tény, hogy ma már kisebb költség a jó minőségű drónt megvásárolni, mint a ferde tengelyű régészeti légi fényképezésben használt professzionális Leica-formátumú fényképezőgépet.

A legtöbb drón képes előre programozottan, útvonalát rögzítve repülni, ami nyílt területeken könnyen megvalósíthatóvá teszi a fotogrammetriai alapú terepfelméréseket. Ismert lelőhelyek megfigyelésében, monitorozásában, főként más terepi tevékenységekkel koordinálva (pl. felszíni leletgyűjtés, geofizikai felmérések) ugyancsak előnyös a drónok alkalmazása, a regionális, vagy annál nagyobb léptékű felderítésben viszont a konvencionális repülőgépes légirégészeti módszer jóval hatékonyabb (CZAJLIK – RUPNIK 2023).

A platform különleges tehát abból a szempontból, hogy mind az aktív, azaz a drónpilóta által befolyásolt, tallózó légi fényképezésre, mind a *quasi* automatikus felvételezésre használható. A drónok a fent jelzett, a látható fénytartományon túli és egyéb távérzékelési feladatok (NIR, termális, ALS, sekély-geofizika) elvégzésére is alkalmasak. Ezek mindegyikében előnyt jelenthet a kis magasságú repülés, ami komoly perspektívát jelent a platform alkalmazásában.

Érdekes eredményt hoztak a 2022-ben elvégzett összehasonlító fényképezések a gabona-jelek vizsgálatában. Vértesszőlő – Nagy-mező lelőhelyet június 2-án repülőgépről fényképezte Czajlik Z., amelynek során az ismert római villagazdaság (O. Braasch 2003. június 27-én készült felvétele alapján azonosítva, közölve SZABÓ 2016, 216. kép) kőépületei mellett, azokkal közel azonos irányítású, földbe mélyített épületek nyomát sikerült megörökíteni az ugyancsak pozitív növény-jelek révén megmutatkozó, egykori patakok feltöltődött medrére. Egy nappal később, június 3-án, jobb észlelési körülmények mellett drónnal ismételte meg a fényképezést Czajlik M. A közeli felvételeken a gödör-épületek formája elmosódottabb, feltehetően azért, mert a gabona-tövek egy részénél a gödör peremén túl is bekövetkezett némi – magasabbról már nem észlelhető magasság- és szín-eltérés (72. ábra). Érdekes előzetes eredményt hozott a multispektrális felvételezésre alkalmas drón alkalmazása az ókori *Savaria* környéki *centuriatio* nyomainak vizsgálatában. Bödőcs Andrásnak Ják – Soroknál egy, az egykori földbirtokrendszer orientációjának megfelelő csatorna(?) nyomát sikerült kimutatni.

Megjegyzendő, hogy hasonlóan a fent említett skóciai multi/hiperspektrális teszt-feldolgozásokhoz (AQDUS et al. 2012) a spektrum NIR (és RedEdge) tartománya bizonyult eredményesnek. (BÖDŐCS 2023, 295-296). Ugyancsak a drónos lehetőségeket bővítheti a hőkamerák alkalmazása. Észak-Amerikai kísérleti repülések során olyan régészeti jelenségeket észleltek, amelyek létét magnetométeres felmérés igazolta (CASANA et al. 2017).



72. ábra. Vértesboglár – Nagy-mező (Fejér vármegye)

A: A lelőhely áttekintő felvétele. 2022. június 2., Czajlik Zoltán felvétele

B: Földbe mélyített épületek (vagy gödrök?) nyoma az őszi vetésű búzában (az „A” képen kiemelt terület). 2022. június 3., Czajlik Márk drónfelvétele

A repülési magassága és egyéb lehetőségei tekintetében a drónos platformhoz hasonlítható helikopteres légi fényképezés kevesek kiváltsága. A francia rendőrség állományában szolgáló B. Lambot rendkívül sikeresen alkalmazta Champagne-ban folytatott

régészeti kutatásai során (LAMBOT 1996). Magyarországon a legtöbbet feltehetően H. Szabó Sándor, az MTI fotósa fényképezett helikopterből, ő azonban nem régészeti céllal dolgozott, legfeljebb várakat, templomokat örökített meg. Bár a repülőeszköz kipróbá-

lására túl sok lehetőségünk eddig nem volt, annyi tapasztalatot azonban sikerült gyűjteni 2018-ban, hogy csak a nagyobb, erősebb helikopterekkel lehet olyan felvételeket elkészíteni, amit repülővel nem. Ide tartoznak az extrém kis magasságból (pl. lombkoronaszint felett néhány méterrel, vagy beépített területen) készítendő fotók, illetve a légi filmezés. Mindkét tevékenységre igaz azonban, hogy

részben kiváltható drónos fényképezéssel, illetve filmezéssel, aminek a költsége a helikopterezés töredéke. Utóbbi ugyanis (pl. Robinson gépekkel) akár nyolcszorosa is lehet a repülőgépekének, ráadásul a helikopterek jóval gyakrabban szorulnak tankolásra és nincsen nyitható ablakuk, legfeljebb fotónyílásuk, vagy leszerelt ajtóval kell fényképezni/filmezni.

## 7. ZÁRÓ GONDOLATOK

Bár számos szakterületen, így mindenekelőtt a geo-tudományokban és az agrár diszciplínákban ismerik és használják a légi kutatási módszereket, ugyanakkor a térképészetet leszámítva kevés van közöttük, amely a légirégészethez hasonlóan 100 évet meghaladó tapasztalatokra tekinthet vissza. Gazdag szakirodalom, milliónyi felvétel, beazonosított régészeti jelenségek százezrei bizonyítják ezt szerte Európában. Nem lehet véletlen, hogy a technológiai szempontból már-már túlzottan egyszerűnek tűnő ferde tengelyű légi fényképezés ennyire sikeresnek bizonyult a régészeti gyakorlatban. Akkor sem, ha módszerei más, légi kutatásokat alkalmazó tudományágak szemszögéből „kakukktójásnak” tűnnek. A technikai lehetőségekből és a döntési szabadságból következő flexibilitás ugyanis rendkívüli hatékonyságot eredményez az egyre jobban automatizált adatgyűjtési megoldásokhoz képest.

O.G.S. Crawford tankönyvünk bevezetőjében említett jóslatának (CRAWFORD 1923) beváltásában igen jelentős szerepe volt a második világháború előtt és után kialakított ferde tengelyű kisép technológiának, elsősorban a fent említett hatékonyság megnövelése miatt (GOJDA 2020, 69). Ugyanakkor a sokat repülő és fényképező régészek a pilótákhoz és a térképészekhez hasonló táj-ismeretre, továbbá jelentős empirikus tudásra tettek szert a lelőhelyek azonosításában. Voltaképpen egy rendkívül soktényezős folyamat, a különféle humán (és más) impaktra utaló jelek kialakulásának és eltűnésének tapasztalt megfigyelőivé váltak. Bár e jelenségek körében néhány faktort (felszínborítás, geológiai háttér, csapadék, jelző növények) meteorológiai, földtani, talajtani, fizikai és mezőgazdasági adatok és ismeretek alapján jól tudjuk értékelni, azonban az egyes változók egymásra való hatását és ennek tükröződését a régészeti eredményességben egyelőre csak részlegesen tudjuk levezetni (vö. CZAJLIK et al. 2021).

Noha Közép-Európa a kezdetektől igyekezett bekapcsolódni ezekbe a kutatásokba, történelmi okokból csak kisebb-nagyobb fáziskésésekkel tudta követni azokat. Ugyanakkor Magyarország, köszönhetően a rendkívül jó természeti adottságainak, továbbá az 1990-

es években Nyugat-Európából megkapott szakmai és technológiai segítségnek, mára nemzetközi szinten is jelentős gyűjteményekkel rendelkezik, eredményeit számon tartják.

Könyvünk célja az idáig vezető út tanulságainak rögzítése, a tapasztalatok strukturált leírása, az egyre terebélyesebb diszciplína alapjainak magyar nyelvű rendszerezése. A felvételek feldolgozásából csak az archiválás lépéseit mutattuk be, minthogy a laboratóriumi munka révén már az 1970-es évektől további fontos szakterületek alakultak ki. Egyfelől – a térképészethez hasonlóan – elkülönült a régészeti légi fénykép értelmezői és fotótérképezői tevékenység, amelynek összetettsége és egyre bővülő technikai lehetőségei ma már a hazai gyakorlatban is oktatási anyagok létrehozását teszik szükségessé. Másfelől itt van az ideje egy – Közép-Európára adaptált – morfológiai rendszer publikálásának, ami elengedhetetlen feltétele az archívumokban lévő régészeti információ feldolgozásának és a terepi eredményekkel való összevetésének (lásd: STOERTZ 1997, GOJDA – HEJCMAN 2012).

Ezekre az alapvető munkákra azért is szükség van, mert egyre nő az internet segítségével a légi fotó gyűjteményekben digitálisan elérhető felvételek, továbbá a különféle közel függőleges kameratengelyű platformok szerepe. Minthogy az eltérő magasságokból és kameratengellyel, de a látható fénytartományban dokumentált jelek kialakulásának megértéséhez ugyanazokat az elveket kell alkalmazni, mint a kisép, ferde tengelyű kutatások során, könyvünk ezen adatforrások esetében is segítheti a feldolgozási munkát.

Igyekeztünk azt is bemutatni, hogy a régészeti célú légi kutatás számos más platformról folytatható, illetve egyre több optikai és nem optikai módszert ölel fel. Ezek műveléséhez a könyvünkben rendszerezett alapokon túl jelentős informatikai, térképészeti, mérnöki és (geo)fizikai háttértudásra is szükség van. Ez már az optikai módszerekkel folytatott térképészeti és műholdas adatgyűjtésekre is igaz, de különösen fontos a látható fénytartományon túli, lézeres és radaros technológiák esetében. E szakterületek közül az ALS (LiDAR) régészete és az űr-régészet eseté-

ben nemzetközi szinten az utóbbi évtizedben a diszciplináris önállósodás figyelhető meg (lásd: COMER – HARROWER 2012, VINCI et al. 2024), amely előbb-utóbb a hazai szakkönyvek elkészítését is megköveteli.

Az alapok elsajátítása azért is fontos, mert a légi kutatás lehetőségei és módszerei folyamatosan bővülnek, nagyon gyakran korábban már kipróbált technológiák „újjáéledését” tapasztalhatjuk. Példaként arra az összefüggésre érdemes rámutatni, ami a multi/hiperspektrális felvételezés NIR-tartományában újabban szerzett pozitív tapasztalatok (AQDUS et al. 2012, BÖDŐCS 2023) és az infrafilmes légi fényképezés korábbi eredményei között állhat fenn (BRAASCH 2010).

Az új technológiák döntő többsége – ideértve a drónos repülések jelentős részét is – automata, vagy félautomata üzemmódban szolgáltatja az adatokat, ami egyfelől nagyon hasznos a térbeli helyzet rögzítésében, másfelől azonban – paradox módon – nehezíti a korábban nem ismert régészeti lelőhelyek hatékony fel-

ismerését. A nagyszámú felvétel ugyanis még interpretátorok segítségével sem dolgozható fel racionális időtávon belül, ráadásul általában az adatsűrűség, azaz a régészetiileg releváns információ mértéke sem túl nagy. Nyilvánvaló, hogy automatizált/gépi tanulós rendszerekre van szükség a régészeti adatgyűjtések segítésére, amelyek tanításához és helyes alkalmazásához azonban az alapokat jól ismerő és a gyakorlatban alkalmazni képes szakemberekre lesz szükség.

Végül nem árt hangsúlyozni a légi régészeti felderítés szerepét a régészeti topográfiai kutatásokban. Számos példa, így egyebek között az utak azonosítása és a tájhasználat rekonstrukciójának eredményei, a légi kutatással azonosított temetkezések, a települések előzetes térképezése, stb. bizonyítja a módszer kitüntetett szerepét. Sokszor figyelhetjük meg geofizikai és más nondestruktív, vagy fél-destruktív kutatások hátterében is, hogy az elsődleges indikációt, vagy a felmérés helyes pozicionálását a légi kutatási módszerek szolgáltatták.

## 8. IRODALOMJEGYZÉK

AQDUS et al. 2012

Aqduş, S.A. – Hanson, W.S. – Drummond, J.: The potential of hyperspectral and multi-spectral imagery to enhance archaeological cropmark detection: a comparative study. *Journal of Archaeological Science* 39 (2012) 1915-1924. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.01.034>

BAKÓ 2012

Bakó G.: A légi fotogrammetria kezdetei Magyarországon 1916 – 1925. *RS&GIS* 2012.

BAKÓ 2013a

Bakó G. Légi fotogrammetria Magyarországon 1922 – 1930 között. *RS&GIS* 2013/1.

BAKÓ 2013b

Bakó G.: Légi fotogrammetria az 1930-as években. *RS&GIS* 2013/2.

BAKÓ 2016

Bakó G.: A légi térképészet 100 éve. *National Geographic*, 2016.

BALDWIN 1786

Baldwin, T.: *Airopaidia*. Chester 1786.

Балков et al. 2019

Балков, Е. В. – Дядьков, П. Г. – Позднякова, О. А. – Кулешов, Д. А. – Евменов, Н. Д. – Карин, Ю. Г. – Гоглев, Д. А.: Высоточная магнитная съемка с использованием БПЛА при поиске и исследовании курганов археологического памятника Новая Курья в Западной Сибири. *Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии*. 17,4 (2019) 5–12. <https://doi.org/10.25205/1818-7900-2019-17-4-5-12>

BALLA – HRENKÓ 1991

Balla J. – Hrenkó P. *A Magyar Katonai Térképészet története*. Budapest 1991.

BALOGH – SZABÓ 2013

Balogh A. – Szabó M.: *RPAS – Robotrepülő a régészet szolgálatában*. Magyar Régészet, 2013 tél.

BANNER 1939

Banner J.: A hódmezővásárhelyi Nagytatársánc. (I-V. tábla.). *Dolgozatok a*

Magyar Királyi Ferencz József Tudományegyetem Archaeologiai Intézetéből 15 (1939) 93-111.

BARADEZ 1949

Baradez, J.L.: *Vue aérienne de l'organisation romaine dans le Sud – Algérien : Fossatum Africae*. Paris 1949.

BARAY et al. 2004

Baray, L. – Laurent, P. – Delor, J.-P. – Souchet, F. – Mordant, C. – Fritz Diehl, J.-P.: *Les débuts de l'archéologie aérienne en France, les pionniers de l'Yonne*. In: Baray, L. (dir.): *Archéologie Aérienne dans l'Yonne*. Gloucestershire 2004, 11-25.

BARBER 2011

Barber, M.: *A History of Aerial Photography and Archaeology. Mata Hari's glass eye and other stories*. Swindon 2011.

BARTUS et al. 2016

Bartus, D. – Czajlik, Z. – Rupnik, L.: *Implication of non-invasive archaeological methods in Brigetio in 2016*. *Dissertationes Archaeologicae Ser. 3.4* (2016) 213–232. <https://doi.org/10.17204/dissarch.2016.213>

BEAZELEY 1919

Beazeley, G.A.: *Air Photography in Archaeology*. *The Geographical Journal* 53,5 (1919) 330-335. <https://doi.org/10.2307/1779474>

BEAZELEY 1920

Beazeley, G. A.: *Surveys in Mesopotamia during the War*. *The Geographical Journal* 55/2 (1920) 109-123. <https://doi.org/10.2307/1781585>

BERECKI et al. 2012

Berecki, S. – Czajlik, Z. – Soós, Z.: *Panorame istorice. Situri arheologice și monumente din Transilvania în fotografii aeriene – Történelmi látképek. Erdélyi régészeti lelőhelyek és mű-emlékek légi felvételei – Historical Landscapes. Aerial Photographs of Transylvanian Archaeological Sites and Monuments*. *Catalogi Musei Marisiensis, seria archaeologica 1*. Budapest – Târgu Mureș 2012.

BERECKI et al. 2013

Berecki, S. – Czajlik, Z. – Rupnik, L.: Aerial Archaeological Prospection on the Middle Course of the Mureş River and Adjacent Areas. *Apulum* 50 (2013) 87-109.

BERTÓK – GÁTI 2014

Bertók G. – Gáti Cs.: Régi idők – új módszerek. *Roncsolásmentes régészet Baranyában* 2005 – 2013. Budapest – Pécs 2014.

BERESFORD, – St. JOSEPH 1958

Beresford, M. W.- St. Joseph, J.K.S.: *Medieval England: an aerial survey*. Cambridge University Press 1958.

BEWLEY 1984

Bewley, R. H.: An approach to the classification of aerial photographs. *Scottish Archaeological Review* 3,2 (1984) 141-145.

BOURGEOIS et al. 1999

Bourgeois, J. – Crombe, F. – Semey, J.: Prospections archéologique en Belgique occidentale : résultats et perspectives. In: Bréart, B. – Nowicki, F. – Léva, Ch. (dirs.) : *Archéologie aérienne. Actes du colloque international tenu à Amiens (France) du 15 au 18 octobre 1992*. *Revue archéologique de la Picardie* n° spécial 17 (1999) 123-139.  
<https://doi.org/10.3406/pica.1999.2096>

BOWEN – BUTLER 1960

Bowen, H. C. – Butler, R.M.: *A matter of time: An archaeological survey of the river gravels of England*. London 1960.

BÓNA 1994

Bóna, I.: Les cultures des tells de l'âge du Bronze en Hongrie. In: Bóna, I. (dir.) : *Le bel âge du Bronze en Hongrie*. Budapest 1994, 9-39.

BÖDŐCS 2009

Bödöcs A.: Útkutatás levegőből. In: Anders A. – Szabó M. – Raczky P.: *Régészeti dimenziók. Tanulmányok az ELTE BTK Régészettudományi Intézetének tudományos műhelyéből*. Budapest 2009, 37-48.

BÖDŐCS 2013

Bödöcs, A.: Borders. The problems of the aerial

archaeological research of a Roman limitatio in Pannonia. In: Czajlik, Z. – Bödöcs, A. (eds): *Aerial Archaeology and Remote Sensing from the Baltic to the Adriatic. Selected Papers of the Annual Conference of the Aerial Archaeology Research Group, 13th–15th September 2012, Budapest, Hungary*. Budapest 2013, 59-66.

BÖDŐCS 2020

Bödöcs A.: Paradigmaváltás a római utak kutatásában? A lelőhely-diagnosztika új lehetőségei az utak kutatásában Pannoniában. *Magyar Régészet* 9,3 (2020) 1-12.

<https://doi.org/10.36245/mr.2020.3.2>

BÖDŐCS 2023

Bödöcs A.: Okkupáció – transzformáció – kommunikáció: A földrajzi környezet, a területi közigazgatás és közlekedés kölcsönhatása az Észak-Dunántúlon a római korban. *Az ALP-projekt*. *Magyar Régészet* 12,1 (2023) 50-59.  
<https://doi.org/10.36245/mr.2023.1.5>

BÖDŐCS 2025

Bödöcs, A.: *Denkmäler der römischen Straßen in Ungarn. Dissertationes Pannonicae ex Instituto Archaeologico Universitatis de Rolando Eötvös nominatae Budapestinensis provenientes. Ser. IV. Vol. 4.* <https://doi.org/10.56037/978-963-646-498-1>

BÖDŐCS – RUPNIK 2019

Bödöcs, A. – Rupnik, L.: Investigation of archaeological sites using old maps. In: Czajlik, Z. – Črešnar, M. – Doneus, M. – Fera, M. – Hellmuth Kramberger, A. – Mele, M. (eds.): *Researching Archaeological Landscapes Across Borders. Strategies, Methods and Decisions for the 21th Century*. Graz – Budapest 2019, 79-85.

BÖDŐCS et al. 2019

Bödöcs, A. – Rupnik, L. – Doneus, M.: Archival and cartographic aerial photographs, satellite images. In: Czajlik, Z. – Črešnar, M. – Doneus, M. – Fera, M. – Hellmuth Kramberger, A. – Mele, M. (eds.): *Researching Archaeological Landscapes Across Borders. Strategies, Methods and Decisions for the 21th Century*. Graz – Budapest 2019, 86-90.

BRAASCH 1994

Braasch, O.: Das archäologische Luftbild. In: Planck, D. – Braasch, O. – Oexle, J. – Schlichterle, H.: Unterirdisches Baden-Württemberg. 250.000 Jahre Geschichte und Archäologie im Luftbild. Stuttgart 1994, 78-96.

BRAASCH 1995

Braasch, O.: 50 Jahre verloren. In: Kunow, J. (Hrsg.): Luftbildarchäologie in Ost- und Mitteleuropa. Internationales Symposium 26-30 September 1994, Kleinmachnow, Land Brandenburg. Forschungen zur Archäologie im Land Brandenburg. Potsdam 1995, 109-122.

BRAASCH 1997

Braasch, O.: Bemerkungen zur archäologischen Flugprospektion in West und Ost. In: Oexle, J. (Hrsg.): Aus der Luft – Bilder unserer Geschichte: Luftbildarchäologie in Zentraleuropa. Dresden 1997, 28-37.

BRAASCH 1999

Braasch, O.: La libération du ciel à l'Est. In: Bréart, B. – Nowicki, F. – Léva, Ch. (dirs.) : Archéologie aérienne. Actes du colloque international tenu à Amiens (France) du 15 au 18 octobre 1992. Revue archéologique de la Picardie n° spécial 17 (1999) 61-72. <https://doi.org/10.3406/pica.1999.2090>

BRAASCH 2003

Braasch, O.: Die Donau hinab – archäologische Flüge in Ungarn. In: Visy Zs. (szerk.): Régészeti műemlékek kutatása és gondozása a 3. évezred küszöbén. Pécs 2003, 41-66.

BRAASCH 2010

Braasch, O.: Asterix und Infrarot – farbige Flugspuren. In: Bofinger, J. – Krausse, D. (Hrsg.): Aktuelle Forschungen zu den Kelten in Europa. Festkolloquium für Landeskonservator Jörg Biel am 1. August 2008 in Altheim, Kr. Biberach. Kappel-Grafenhausen 2009. Esslingen 2010, 17-44.

BRAASCH – KAUFMANN 1992

Braasch, O. – Kaufmann, D.: Zum Beginn archäologischer Flugprospektion in Sachsen-Anhalt. Ausgrabungen und Funde 37 (1992) 186-205.

BRADFORD 1957

Bradford, J.: Ancient Landscapes. Studies in Field Archaeology. London 1957.

BRÉART 1999

Bréart, B.: Traces et mémoire. Recueil de photographies de Roger Agache. Supplément au n° special 17 de la Revue Archéologique de Picardie, 1999. In: Bréart, B. – Nowicki, F. – Léva, Ch. (ed.): Archéologie Aérienne. Actes du colloque international tenu à Amiens (France) du 15 au 18 octobre 1992. Amiens 1999.

<https://doi.org/10.3406/pica.1999.3063>

BUTTLER et al. 1938

Buttler, W. – Crawford, O. G. S. – Ewald, E.: Luftbild und Vorgeschichte. Berlin 1938.

CAMPANA 2002

Campana, S.: High resolution satellite imagery: a new source of information to the archaeological study of Italian landscapes? Case study of Tuscany. Proceedings of the Conference Space Applications for Heritage Conservation; Strasbourg; France; 5 - 8 November 2002. European Space Agency, (Special Publication) ESA SP Issue 515, 2002, 129-137.

CAMPANA 2017

Campana, S.: Drones in Archaeology. State-of-the-art and Future Perspectives. Archaeological Prospection 24 (2017) 275-296.

<https://doi.org/10.1002/arp.1569>

CAPPER 1907

Capper, J. E.: Photographs of Stonehenge, as seen from a War Balloon. Archaeologia 60,2 (1907) 571.

<https://doi.org/10.1017/S0261340900005208>

CASANA 2020

Casana, J.: Global-Scale Archaeological Prospection using CORONA Satellite Imagery: Automated, Crowd-Sourced, and Expert-led Approaches. Journal of Field Archaeology 45 (2020) 89–100. <https://doi.org/10.1080/00934690.2020.1713285>

CASANA – COTHREN 2008

Casana, J. – Cothren, J.: Stereo analysis, DEM extraction and orthorectification of CORONA satellite imagery: archaeological applications

- from the Near East. *Antiquity* 82 (2008) 732-749.  
<https://doi.org/10.1017/S0003598X00097349>
- CASANA et al. 2012  
Casana, J. – Cothren, J. – Kalayci, T.: Swords into Ploughshares: Archaeological Applications of CORONA Satellite Imagery in the Near East. *Internet Archaeology* 32 (2012)  
<https://intarch.ac.uk/journal/issue32/2/toc.html>
- CASANA et al. 2017  
Casana, J. – Wiewel, A. – Cool, A. – Chad Hill, A. – Fisher, K.D. – Laugier, E.J.: Archaeological Aerial Thermography in Theory and Practice. *Advances in Archaeological Practice* 2017, 5(4) 310–327.  
<https://doi.org/10.1017/aap.2017.23>
- CERAUDO 2005  
Ceraudo, G.: 105 years of Archaeological Aerial Photography in Italy (1899-2004). In: Bourgeois, J. – Meganck, M. (eds.): *Aerial Photography and Archaeology 2003. A Century of Information (Archaeological Reports)* Ghent University 4. Gent 2005, 73-86.
- CHALLIS et al. 2004  
Challis, K. – Priestnall, G. – Gardner, A. – Henderson, J.: Corona Remotely-Sensed Imagery in Dryland Archaeology: The Islamic City of al-Raqqa, Syria. *Journal of Field Archaeology* 29 (2004) 139-153.  
<https://doi.org/10.1179/jfa.2004.29.1-2.139>
- CHANDLER 1998  
Chandler, J.: *John Leland's Itinerary. Travels in Tudor England.* Stroud 1998.
- CHEVALLIER 1958  
Chevallier, R.: *Essai de chronologie des centuriations romaines de Tunisie. Mélanges de l'école française de Rome* 70 (1958) 61-128.
- CHEVALLIER 1964  
Chevallier, R.: *L'avion à la découverte du passé.* Paris 1964.
- CHEVALLIER 1971  
Chevallier, R.: *La photographie aérienne.* Paris 1971.
- CHRISTLEIN – BRAASCH 1982  
Christlein, R. – Braasch, O.: *Das unterirdische Bayern. 7000 Jahre Geschichte und Archäologie im Luftbild.* Stuttgart 1982.
- COMER – HARROWER 2013  
Comer, D.C. – Harrower, M.J.: *Mapping Archeological Landscapes from Space.* Springer. New York- Heidelberg - Dordrecht – London 2013. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6074-9>
- COWLEY – FERGUSON 2010  
Cowley, D. C. – Ferguson, L. M.: Historic aerial photographs for archaeology and heritage management. In: Forte, M. – Campana, S. – Liuzza, C. (eds.), *Space, time, place. Third international conference on remote sensing in archaeology (BAR, International Series 2118, 97–104).* Oxford 2010.
- COWLEY – STICHELBAUT 2012  
Cowley, D. C. – Stichelbaut, B. B.: Historic Aerial Photographic Archives for European Archaeology. *European Journal of Archaeology* 15,2 (2012) 217–236. <https://doi.org/10.1179/1461957112Y.0000000010>
- COWLEY et al. 2010  
Cowley, D. C. – Standring, R. A. – Abicht, M. J.: *Landscapes through the Lens: an introduction.* In: Cowley, D. C. – Standring, R. A. – Abicht, M. J. (eds.): *Landscapes through the Lens. Aerial Photographs and Historic Environment. Occasional Publication of the Aerial Archaeology Research Group No. 2.* Oxford – Oakville 2010, 1-6. <https://doi.org/10.2307/jj.18255587.5>
- COWLEY et al. 2013  
Cowley, D. C. – Ferguson, L. M. – Williams, A.: *The Aerial Reconnaissance Archives: A Global Photographic Collection.* In: Hanson, W. – Oltean, I. (eds): *Archaeology from Historical Aerial and Satellite Archives.* New York 2013, 13-30.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4505-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4505-0_2)
- CRAWFORD 1923  
Crawford, O. G. S.: *Air Survey and Archaeology.* *The Geographical Journal* 61,5 (1923) 342-360.  
<https://doi.org/10.2307/1781831>

#### CRAWFORD 1938

Crawford, O. G. S.: Luftbildaufnahmen von archäologischen Bodendenkmälern in England. In: Buttler, W. – Crawford, O. G. S. – Ewald, E.: Luftbild und Vorgeschichte. Berlin 1938, 9-18.

#### CRAWFORD 1950

Crawford, O. G. S.: Some Linear Earthworks in the Danube Basin. The Geographical Journal, 116/4-6 (1950) 218-220.

<https://doi.org/10.2307/1789387>

#### CRAWFORD 1954

Crawford, O. G. S.: A Century of Air-Photography. Antiquity, 28/112 (1954) 206 – 210.

<https://doi.org/10.1017/S0003598X0002161X>

#### CRAWFORD – KEILLER 1928

Crawford, O. G. S. – Keiller, A.: Wessex from the Air. Oxford 1928.

#### CUCARZI 1992

Cucarzi, M.: The integrated geoarchaeological approach within the territory: the case of the Microregion. First results and further proposals. In: Bökönyi, S. (ed.): Cultural and Landscape Changes in South-East Hungary I. Budapest 1992, 13-40.

#### CZAJLIK 2007

Czajlik, Z.: Aerial archaeological prospection and documentation. The Aerial Archaeological Archive of the Institute of Archaeological Sciences at the Eötvös Loránd University of Budapest (Summary of the activity in 1993-2005). Archeometriai Műhely 3 (2007) 1-10.

#### CZAJLIK 2009

Czajlik Z.: Kerek templom Páty határában? In: Szabó Andrásné (szerk.): Páty története képekben, Páty, 2009, 20-21.

#### CZAJLIK 2010

Czajlik, Z.: Les possibilités de la prospection aérienne conventionnelle en Hongrie. In : László Borhy (éd.) : Studia Celtica Classica et Romana Nicolae Szabó septuagesimo dedicata, Budapest 2010, 80-96.

#### CZAJLIK 2019

Czajlik, Z.: Baseline-Assessment. In: Czajlik,

Z. – Črešnar, M. – Doneus, M. – Fera, M. – Hellmuth Kramberger, A. – Mele, M. (eds.): Researching Archaeological Landscapes Across Borders. Strategies, Methods and Decisions for the 21th Century. Graz – Budapest 2019, 35-43.

#### CZAJLIK 2020

Czajlik Z.: Halomtörténetek. Nyomozás a korai hazai régészeti légi fényképek után. Határtalan Régészet 5,2 (2020) 31-34.

#### CZAJLIK 2021a

Czajlik, Z.: Aerial archaeological time-window in 2020: 12 days in June. Report from Hungary. AARGnews 62 (2021) 27-37.

#### CZAJLIK 2021b

Czajlik, Z.: Otto Braasch's first aerial archaeology mission in Hungary (1992): A belated thank you. AARGnews 63 (2021) 29-32.

#### CZAJLIK 2022

Czajlik Z.: A terepi kirándulástól a domborzatmodellig. Bevezetés a régészeti topográfiába. Budapest 2022.

#### CZAJLIK - BÖDŐCS. 2013a

Czajlik, Z. – Bődőcs, A. (eds.): Aerial Archaeology and Remote Sensing from the Baltic to the Adriatic. Selected Papers of the Annual Conference of the Aerial Archaeology Research Group, 13th–15th September 2012, Budapest, Hungary. Budapest 2013.

#### CZAJLIK – BÖDŐCS 2013b

Czajlik, Z. – Bődőcs, A.: The Effectiveness of Aerial Archaeological Research – An Approach from the GIS Perspective. In: Anders, A. – Kulcsár, G. – Kalla, G. – Kiss, V. – V. Szabó, G. (eds.): Moments in Time. Papers Presented to Pál Raczky on His 60th Birthday. Budapest 2013, 873-883.

#### CZAJLIK – HOLL 2003

Czajlik, Z. – Holl, B.: Die Luftbildprospektion der urzeitlichen Erdburgen Ungarns. Mandu-lavirágzási tudományos napok, Régészeti műemlékek kutatása és gondozása a 3. évezred küszöbén (szerk.: Visy Zs.) Pécs-Szekszárd, 2002. március 4-8., Pécsi Tudományegyetem Ókortörténeti és Régészeti Tanszék Régészeti Szemináriuma. Pécs 2003, 67-82.

## CZAJLIK – RUPNIK 2023

A repülőgépes felderítéstől a drónos felmérésig. Régészeti célú légi fényképezés különböző platformokon. In: Rajnai Z. – Tardy J. (szerk.): A jövő nagy kihívása: kiberbiztonság és kiberhadviselés. Budapest 2023, 81-96.

## CZAJLIK et al. 2008

Czajlik Z. – Bődőcs A. – Đurković É. – Rupnik L. – Winkler M.: Légerégészeti kutatások Magyarországon 2007-ben (Rövid beszámoló az ELTE Régészettudományi Intézetének Térinformatikai Kutatólaboratóriumában végzett munkáról) - Aerial archaeological investigations in Hungary in 2007 (A short report of the activity of the 3D Research Laboratory of the ELTE Archaeological Institute). Régészeti Kutatások Magyarországon–Archaeological Investigations in Hungary, 2007. Budapest 2008, 121-144.

## CZAJLIK et al. 2014

Czajlik, Z. – Berecki, S. – Rupnik, L.: Aerial Geoarchaeological Survey in the Valleys of the Mureş and Arieş Rivers (2009-2013). *Dissertationes Archaeologicae Ser. 3. No. 2* (2014) 459-483.

<https://doi.org/10.17204/dissarch.2014.459>

## CZAJLIK et al. 2020

Czajlik, Z. - Bartus, D. - Rupnik, L.: Aerial Archaeological Investigations in Transylvania. The Aerial Archaeological Archive of Transylvania at the Institute of Archaeological Sciences of the Eötvös Loránd University, Budapest. *Marisia. Archaeologia, Historia, Patrimonium 2* (2020) 7-18.

## CZAJLIK et al. 2021

Czajlik, Z. – Árvai, M. – Mészáros, J. – Nagy, B. – Rupnik, L. – Pásztor, L.: Cropmarks in aerial archaeology: New lessons from an old story. *Remote Sensing 13* (2021) 1126.

<https://doi.org/10.3390/rs13061126>

## CZAJLIK et al. 2023

Czajlik Z. – Fejér E. – Gergács R. – Rupnik L.: Kora vaskori lelőhelyegyüttes tájrégészeti kutatása az érd-százhalombattai löszplatón. In: Tóth F. M. – Szilas G. – Anders A. – Kalla G. – Kiss V. – Kulcsár G. – Mester Zs. (szerk.): *ΜΟΜΟΣ XI Őskoros kutatók összejövetele. Környezet és ember. A BTM Aquincumi Múzeumban* 2019.

április 10-12-én megrendezett konferencia tanulmánykötete. *Ősrégészeti Tanulmányok – Prehistoric Studies III.* Budapest 2023, 35–48.

<https://doi.org/10.21862/momosz11.03>

## CSERMÉNYI – TÓTH 1984

Cserményi, V. – Tóth, E.: Eine römische Strassenstation und die Strassenstrecke zwischen Salla und Arrabona. *Savaria 13-14* (1984) 171-203.

## ČIŽMAŘ – KNECHTOVÁ 2021

Čižmař, I. – Knechtová, A.: Vývoj letecké archeologie na Moravě a v českém Slezsku – shrnutí a perspektivy. Development of aerial archaeology in Moravia and Czech Silesia – summary and perspectives. *Studia Archaeologica Brunensia 26,2 / 2021*, 29-56.

<https://doi.org/10.5817/SAB2021-2-2>

## DASSIÉ 1978

Dassié, J.: *Manuel d'archéologie aérienne.* Paris 1978.

## DELÉTANG 1998

Delétang, H.: La prospection aérienne à basse altitude. In: Dabas, M. – Delétang, H. – Ferdière, A. – Jung, C. – Zimmermann, W. H.: *La prospection.* Paris 1998, 91-128.

## DELÉTANG 1999

Delétang, H. (dir.): *L'archéologie aérienne en France. Le passé vu du ciel.* Paris 1999.

## DELOR 2004

Delor, J.-P.: Les habitats néolithiques. In: Baray, L. (dir.): *Archéologie Aérienne dans l'Yonne.* Gloucestershire 2004, 43-49.

## DEUEL 1973

Deuel, L.: *Flights into Yesterday. The Story of Aerial Archaeology.* Harmondsworth 1973.

## DINNYÉS et al. 1986

Dinnyés I. – Kővári K. – Lovag Zs. – Tettamanti S. Topál J. – Torma I.: *Magyarország Régészeti Topográfiája 7. Pest megye régészeti topográfiája. A Budai és Szentendrei járás.* Budapest 1986.

#### DONEUS 1995

Doneus, M.: Luftbildarchäologie und Photogrammetrie am Institut für Ur- und Frühgeschichte in Wien. In: Kunow, J. (Hrsg.): Luftbildarchäologie in Ost- und Mitteleuropa. Aerial Archaeology in Eastern and Central Europe. Internationales Symposium 26.–30. September 1994 Kleinmachnow. Land Brandenburg, Forschungen zur Archäologie im Land Brandenburg 3. Potsdam 1995, 123–132.

#### DONEUS 1997

Doneus, M.: Vom Luftbild zur Karte. In: Oexle, J. (Hrsg.): Aus der Luft – Bilder unserer Geschichte: Luftbildarchäologie in Zentraleuropa. Dresden 1997, 39–45.

#### DONEUS 2001

Doneus, M.: Precision Mapping and Interpretation of Oblique Aerial Photographs. Archaeological Prospection 8 (2001) 13–27.

#### DONEUS 2013

Doneus, M.: Die hinterlassene Landschaft – Prospektion und Interpretation in der Landschaftsarchäologie. Mitteilungen der Prähistorischen Kommission, Band 78. Wien 2013.

<https://doi.org/10.2307/j.ctt1vw0qcb>

#### DONEUS – GRIEBL 2015

Doneus, M. – Griehl, M. (Hrsg.): Die Leitha – Facetten einer Landschaft. Archäologie Österreichs Spezial 3, Wien 2015.

#### DONEUS – MAYER 2001

Doneus, M. – Mayer, Ch.: GIS – based archiving of aerial photographs and archaeological sites. In: Doneus, M. – Eder-Hinterleitner, A. – Neubauer, W. (eds.): Archaeological Prospection. Fourth International Conference on Archaeological Prospection Vienna, 19–23. September 2001. Wien 2001, 89–91.

#### DONEUS et al. 2013b

Doneus, M. – Gugl, Ch. – Doneus, N.: Luftbild und Archäologie. In: Doneus, M. – Gugl, Ch. – Doneus, N.: Die Canabae von Carnuntum – eine Modellstudie der Erforschung römischer Lagervorstädte. Von der Luftbildprospektion

zur siedlungsarchäologischen Synthese. Wien 2013, 15–40.

[https://doi.org/10.26530/OAPEN\\_441664](https://doi.org/10.26530/OAPEN_441664)

#### DONEUS et al. 2016

Doneus, M. – Wieser, M. – Verhoeven, G. – Karel, W. – Fera, M. – Pfeifer, N.: Automated Archiving of Archaeological Aerial Images. Remote Sensing 8,3 (2016) 2–22. 209.

<https://doi.org/10.3390/rs8030209>

#### EDIS et al. 1989

Edis, J. – Macleod, D. – Bewley, R.: An archaeologist's guide to classification of cropmarks and soilmarks. Antiquity 63 (1989) 112–126.

<https://doi.org/10.1017/S0003598X00075621>

#### ERDÉLYI 1955

Erdélyi M.: A Dunavölgy nagyalföldi szakszának víztároló üledékei. Hidrológiai Közlemény 35 (1955) 159–169.

#### ERDÉLYI 1982

Erdélyi B.: Régészeti légi fényképezés és légifénykép-értelmezés. Herman Ottó Múzeum Évkönyve 21 (1982) 81–88.

#### ERDÉLYI – SÁGI 1984

Erdélyi B. – Sági K.: A magyarországi régészeti légi fényképezés története és a Szent György-hegyi kolostorrom. Veszprém Megyei Múzeumok Közleményei 17 (1984) 273–280.

#### EVANS – JONES 1977

Evans, R. – Jones, R.J.: Crop marks and soils at two archaeological sites in Britain. Journal of Archaeological Science 4 (1977) 63–76.

[https://doi.org/10.1016/0305-4403\(77\)90112-1](https://doi.org/10.1016/0305-4403(77)90112-1)

#### FAGAN 1959

Fagan, B. M.: Cropmarks in antiquity. Antiquity 33 (1959) 279–281.

<https://doi.org/10.1017/S0003598X0002768X>

#### FARKAS et al. 2020

Farkas, Cs. – Marcsik, A. – Hegyi, A.: Human Remains in the Central Area of a Bronze Age Multi-layered Settlement at Boconád – Alátka-pusztá. Dissertationes Archaeologicae Supplementum 3. ΜΩΜΩΣ IX. A rituálé régé-

szete. Őskoros kutatók IX. Összejövetelének konferenciakötete. Miskolc, 2015. október 14-16. Budapest 2020, 59–73.

<https://doi.org/10.17204/dissarch.suppl3.59>

#### FODOR 1935

Fodor Gy.: A légi fotogrammetria térhódítása s várható jelentősége az erdőrendezési munkálatok szempontjából. Erdészeti Lapok 74,1 (1935) 41–62.

#### FOWLER 1995

Fowler, M. J. F.: Detection of archaeological features on multispectral satellite imagery. AARGnews 10 (1995) 7-14.

#### FOWLER 2010

Fowler, M. J. F.: Satellite imagery and archaeology. In: Cowley, D. C. – Standring, R. A. – Abicht, M. J. (eds.): Landscapes through the Lens. Aerial Photographs and Historic Environment. Occasional Publication of the Aerial Archaeology Research Group No. 2. Oxford – Oakville 2010, 99-110.

<https://doi.org/10.2307/jj.18255587.14>

#### FOWLER 2013

Fowler, M. J. F.: Declassified Intelligence Satellite Photographs. In: Hanson, W. S. – Oltean, I. A. (eds.): Archaeology from Historical Aerial and Satellite Archives. New York – Heidelberg – Dordrecht – London 2013, 47-66.

[https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4505-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4505-0_4)

#### FOWLER – CURTIS 1995

Fowler, M. J. F. – Curtis, H.: Stonehenge from 230 kilometres. AARGnews 11 (1995) 8-16.

#### GARAM et al. 1983

Garam, É. – Patay, P. – Soproni, S.: Sarmatisches Wallsystem im Karpatenbecken. RFII. 23, Budapest 1983.

#### GARAM et al. 2003

Garam, É. – Patay, P. – Soproni, S.: Sarmatisches Wallsystem im Karpatenbecken. RFII. 232, Budapest 2003.

#### GÁLL 2016

Gáll, E.: Archaeology and Nationalism: The Endless Struggle for Dăbâca (G.

Dobeschdorf; H.: Doboka). Thoughts on Research Development and Archaeological Realities. Communicationes Archaeologicae Hungariae 2014-2015 (2016) 257-323.

<https://doi.org/10.54640/CAH.2016.257>

#### GERŐ 1955

Gerő L.: Magyarországi várépítészet. Budapest 1955.

#### GERSTNER 1996

Archäologie und Landwirtschaft. In: Becker, H. (Zgst.): Archäologische Prospektion. Luftbildarchäologie und Geophysik. München 1996, 19-27.

#### GIARDINO 2011

Giardino, M. J.: A history of NASA remote sensing contribution to archaeology. Journal of Archaeological Science 38 (2011) 2003-2009.

<https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.09.017>

#### GOGUEY 1995

Goguey, R.: Archéologie aérienne de la Seine au Danube : quelques aspects des récentes recherches sur la Bourgogne et la Hongrie. In: Kunow, J. (Hrsg.): Luftbildarchäologie in Ost- und Mitteleuropa. Internationales Symposium 26-30. September 1994, Kleinmachnow, Land Brandenburg. Forschungen zur Archäologie im Land Brandenburg. Potsdam 1995, 227-235.

#### GOGUEY 1997

Goguey, R.: Coopération franco-hongroise en archéologie aérienne : Cinq campagnes de recherches de 1993 à 1997. In: Oexle, J. (Hrsg.): Aus der Luft – Bilder unserer Geschichte. Dresden 1997, 82-89.

#### GOGUEY 2000

Goguey, R.: Nécropoles et habitats protohistoriques : aperçu des recherches d'archéologie aérienne menées sur le quart nord-est de la France et sur la Hongrie. In: Guillaumet, J.-P. (dir.) : Dix ans de coopération franco-hongroise en archéologie 1988-1998, Collegium Budapest. Budapest 2000, 77-96.

#### GOGUEY 2002

Goguey, R.: Traces de la Grande Plaine... Saint-Romain-en-Gal / Vienne 2002.

GOGUEY 2004

Goguey, R.: Bref historique de la discipline en France. In: Luc Baray (dir.): Archéologie Aérienne dans l'Yonne. Saint-Cyr-sur-Loire 2004, 9-10.

GOGUEY – CZAJLIK 2003

Goguey, R. – Czajlik, Z. : Un aspect de la coopération Bourgogne-Hongrie dans la recherche et la protection sites : le GPS, vecteur entre l'archéologue, le chercheur aérien et la carte informatisée. *Communicationes Archaeologicae Hungariae* 23 (2003) 5-14.  
<https://doi.org/10.54640/CAH.2003.5>

GOGUEY – SZABÓ 1995

Goguey, R. – Szabó, M. : L'histoire vue du ciel : photographie aérienne et archéologie en France et en Hongrie – A történelem madártávlatból: légi fényképezés és régészet Franciaországban és Magyarországon. Budapest 1995.

GOGUEY et al. 2003

Goguey, R. - Czajlik Z. - Bödőcs A.: Magyar-francia légi régészeti kutatások Magyarországon - Recherches franco-hongroises d'archéologie aérienne en Hongrie en 2000. Régészeti kutatások Magyarországon - Archaeological Investigations in Hungary, 2000, Budapest 2003, 75-86.

GOJDA 1994

Gojda, M.: Current problems of aerial archaeology in Bohemia: toward a conceptual approach – Současné problémy letecké archeologie v Čechách: pokus o koncepční přístup. *Památky archeologické. Supplementum* 1, 1994, 229–238.

GOJDA 2019

Gojda, M.: Current Development in Archaeological Remote Sensing: A Central European Experience and Evaluation. *Interdisciplinaria Archaeologica*. 10,2 (2019) 155-164.  
<https://doi.org/10.24916/iansa.2019.2.5>

GOJDA 2020

Gojda, M.: Air survey and remote sensing in archaeology. Warszawa 2020.

GOJDA – HEJCMAN 2012

Gojda, M. – Hejzman, M.: Cropmarks in main field crops enable the identification of a wide spectrum of buried features on archaeological sites in Central Europe. *Journal of Archaeological Science* 2012, 39, 1655–1664.  
<https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.01.023>

GREGORY – KENNEDY 1985

Gregory, S. – Kennedy, D.: Sir Aurel Stein's Limes Report. BAR International Series 272, Oxford 1985.

GRUNWALD 2002

Grunwald, L.: Anmerkungen zur Luftbildarchäologie in Niedersachsen. Von den Anfängen bis zum Ausbruch des Zweiten Weltkrieges. *Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte* 71 (2002) 221-238.

GRUNWALD 2004

Grunwald, L.: Luftbildarchäologie. Niedersachsen aus der Vogelperspektive gesehen. In: Mamoun, F. (ed.): *Archäologie Land Niedersachsen. - 400.000 Jahre Geschichte*. Oldenburg 2004, 82-91.

GRUNWALD 2008

Grunwald, L.: Die Entstehung der Luftbildarchäologie im Raum Mayen-Koblenz. *Plaidter Blätter. Jahrbuch des Plaidter Geschichtsvereins* 6 (2008) 69-87.

GUNST 1958

Gunst P. (ismertetés): M. W. Beresford – J. K. S. St. Joseph: *Medieval England. An aerial survey*. Cambridge 1958. *Történelmi Szemle* 1 (1958) 466-468.

HANSEN 1932a

Hansen, W.: Die Grundkarte 1 : 5000 und das Luftbild im Dienst der Urgeschichtsforschung. *Praehistorische Zeitschrift* 23 (1932) 262-270.

HANSEN 1932b

Hansen, W.: Hansen, W. 1932b: Luftbild und Vorgeschichtsforschung. *Nachrichtenblatt für deutsche Vorzeit* 8 (1932) 145-147.

HANSEN 1934

Hansen, W.: Die Auswertung des Luftbildes

bei der archäologischen Landesaufnahme von Hamburg und Umgebung. In: Proceedings of the First International Congress of Prehistoric and Protohistoric Sciences. London, August 1-6 1932. Oxford – London 1934, 304-307.

HANSON – OLTEAN 2013

Hanson, W.A. – Oltean, I.A. (eds.): Archaeology from Historical Aerial and Satellite Archives. Springer. New York – Heidelberg – Dordrecht – London 2013.

<https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4505-0>

HANZELYOVÁ et al. 1996

Hanzelyová, E. – Kuzma, I. – Rajtár, J.: Letecká prospekcia v archeológii na Slovensku. Archeologické rozhledy 48 (1996) 194–211 és 275–278.

HAUSER 2008

Hauser, K.: Bloody Old Britain: O. G. S. Crawford and the Archaeology of Modern Life. London 2008.

HÁSEK 1968

Hásek, I.: Archeologie z letadla. Archeologické rozhledy 20 (1968) 94-95.

HEJCMAN – SMRŽ 2010

Hejcman, M. – Smrž, Z.: Cropmarks in stands of cereals, legumes and winter rape indicate sub-soil archaeological features in the agricultural landscape of Central Europe. Agriculture, Ecosystems & Environment 138 (2010) 348–354. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.06.004>

HEJCMAN et al. 2013

Hejcman, M. – Součková, K. – Gojda, M.: Prehistoric settlement activities changed soil pH, nutrient availability, and growth of contemporary crops in Central Europe. Plant and Soil 369 (2013) 131–140.

<https://doi.org/10.1007/s11104-012-1559-y>

HELLEBRANDT 2000

Hellebrandt M.: Szirmabesenyő – Földvár. A Herman Ottó Múzeum Évkönyve 39 (2000) 77–93.

HERBICH 1996

Herbich, J.: Relationships between the

Contemporary Distribution of Weed Types and Earlier Settlements along the Lower Vistula Banks (Northern Poland). Archaeological Prospection 3 (1996) 1-11.

[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0763\(199603\)3:1<1::AID-ARP41>3.0.CO;2-9](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0763(199603)3:1<1::AID-ARP41>3.0.CO;2-9)

HILL et al. 2020

Hill, A. Ch. – Laugier, E. J. – Casana, J.: Archaeological Remote Sensing Using Multi-Temporal, Drone-Acquired Thermal and Near Infrared (NIR) Imagery: A Case Study at the Enfield Shaker Village, New Hampshire. Remote Sensing 12 (2020) 690.

<https://doi.org/10.3390/rs12040690>

HOLL – CZAJLIK 2013

Balázs Holl – Zoltán Czajlik: Where are all the tumuli? Problems of interpretation in aerial archaeology. In: Zoltán Czajlik - András Bődöcs (eds): Aerial Archaeology and Remote Sensing from the Baltic to the Adriatic. Selected Papers of the Annual Conference of the Aerial Archaeology Research Group, 13th–15th September 2012, Budapest, Hungary. Budapest, 2013, 25-31, Pl. 4-5.

HOLL – PUSZTAI 2011

Holl B. – Pusztai T.: Térinformatika alkalmazása a régészeti feltárásokon. In: Müller R. (főszerk.): Régészeti kézikönyv. Budapest 2011, 321-375.

HRITZ 2014

Hritz, C.: Contributions of GIS and Satellite-based Remote Sensing to Landscape Archaeology in the Middle East. Journal of Archaeological Research 22 (2014) 229-276.

<https://doi.org/10.1007/s10814-013-9072-2>

ILLE 1993

Ille, P.: Methoden der Luftbildarchäologie. In: Herrmann, F. R. (ed.): Zeitspuren-Luftbildarchäologie in Hessen. Wiesbaden 1993, 18-25.

IRLINGER 2001

Irlinger, W.: Ein Maulwurf im Cockpit. Luftbildarchäologie in Bayern. Begleitband zur Sonderausstellung im Archäologischen Museum der Stadt Kelheim vom 20. Juli bis 31. Oktober 2001. Kelheim 2001

JANKOVICH 1993

Jankovich B. D.: A felszíni leletgyűjtés módszerei és szerepe a régészeti kutatásban. Régészeti Továbbképző Füzetek 4. Magyar Nemzeti Múzeum – MTA Régészeti Intézet, Budapest 1993.

JANKÓ 1917

Jankó S.: Fotogrammetria. Pozsony 1917.

JEREM et al. 1992

Jerem, E. – Kiss, Zs. – Pattantyús, M. Á. – Varga, A.: The combined use of archaeometric methods preceding the excavation of archaeological sites. In: Bökönyi, S. (ed.): Cultural and Landscape Changes in South-East Hungary I. Budapest 1992, 61-98.

KENNEDY 1998

Kennedy, D.: Declassified satellite photographs and archaeology in the Middle East: case studies from Turkey. *Antiquity* 72 (1998) 553-561.

<https://doi.org/10.1017/S0003598X0008697X>

KUZMA 2013

Kuzma, I.: Archeologické nálezišká na Google Earth. *Študijné zvesti* 53 (2013) 183-230.

LAMBOT 1996

Lambot, B.: Cartes postales aériennes de Champagne-Ardenne. 3000 ans d'histoire vue du ciel. Châlons-en-Champagne 1996.

LASAPONARA – MASINI 2011

Lasaponara, R. – Masini, N.: Satellite remote sensing in archaeology: past, present and future perspectives. *Journal of Archaeological Science* 38 (2011) 1995-2002.

<https://doi.org/10.1016/j.jas.2011.02.002>

LECKEBUSCH – NAGY 1991

Leckebusch, J. – Nagy, P.: Propektionsmethoden in der Archäologie. Stiftung für die Erforschung des Üetlibergs. Zürich 1991.

LECKEBUSCH – NAGY 1999

Leckebusch, J. – Nagy, P.: Photographie aérienne et archéologie dans la vallée de Stammheim (Suisse). In: Bréart, B. – Nowicki, F. – Léva, Ch (éds.): Archéologie Aérienne. Actes du colloque international tenu à Amiens

(France) du 15 au 18 octobre 1992. Amiens 1999, 155-163.

<https://doi.org/10.3406/pica.1999.2099>

LEIDORF 1996

Leidorf, K.: Luftbildarchäologie – Geschichte und Methoden. In: Helmut Becker (Zgst.): Archäologische Prospektion. Luftbildarchäologie und Geophysik. München 1996, 33-44.

LÉVA 1999

Léva, Ch.: Prospections aériennes de voies Romaines en Belgique. In: Bréart, B. – Nowicki, F. – Léva, Ch (éds.): Archéologie Aérienne. Actes du colloque international tenu à Amiens (France) du 15 au 18 octobre 1992. Amiens 1999, 111-122.

<https://doi.org/10.3406/pica.1999.2095>

LICSKÓ 2017

Licskó B.: Vízgazdálkodási, természetvédelmi és környezetvédelmi légi felmérések Magyarországon (1960-2008). RS&GIS. Távérzékelési Technológiák és Térinformatika Online. 7,3 (2017) 522-532.

LOVAS 2021

Lovas D.: A repülés pionírai, légi akrobaták, vakmerő utasok – kétszáz éve röpködnek lég-ballonok a Városliget felett. „múlt kor” történelmi magazin: <https://mult-kor.hu/a-repules-pionirjai-legi-akrobatak-vakmero-utasok-ketszaz-eve-rpkdnek-legballonok-a-varosliget-felett-20210209?pldx=2>

MASON 2016

Mason, R. A.: Carl Schuchhardt and the beginnings of aerial archaeology in Romania 1918. In: Mason, R. A. – Croitoru, C. (eds.): Carl Schuchhardt's contributions on Ancient Linear Fortifications along the Lower Danube. Cluj-Napoca 2016, 331-350.

MAROSI – SOMOGYI 1990

Marosi S. – Somogyi S. (szerk.): Magyarország kistájainak katasztere I-II. Budapest 1990.

MARSIGLI 1726

Marsigli, L.-F.: Danubius Pannonico-Mysicus I-VI. Amsterdam 1726.

MENCL 1937

Mencl, V.: Středověká města na Slovensku. Bratislava 1937

MESTERHÁZY – STIBRÁNYI 2012

Mesterházy G. – Stibrányi M.: Roncsolásmentes régészeti kutatások a Sárvíz-völgyében. Magyar Régészet 2012. tél.

MÉSZÁROS et al. 2017

Mészáros J. – Pánya I. – Petkes Zs. – Szücsi F.: Térinformatika és fotogrammetria alkalmazási lehetőségei a régészetben. In: Dr. Balázs Boglárka (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VIII. (Theory meets practice in GIS) Debrecen 2017, 223-231.

MIKE 1966

Mike Zs.: Légifénykép interpretálási munkabizottság... Az Erdő 15,1 (1966) 48-49.

MIKE 1968

Mike, Zs.: The Interpretation of Aerial Photographs in Hungary. Photogrammetria 23 (1968) 113-122. [https://doi.org/10.1016/0031-8663\(68\)90014-8](https://doi.org/10.1016/0031-8663(68)90014-8)

MIKE 1980

Mike Zs.: Talajtérképek készítése légi- és űrfelvételek alapján. MTA X. Osztályának Közleményei 13,1 (1980) 77-86.

MIKLÓS 2001

Miklós Zsuzsa: Várak légifotózása. Castrum Bene Hírlevél 1 (2001) 12-15.

MIKLÓS 2007

Miklós Zs.: Tolna megye várai. Budapest 2007.

MIKLÓS 2010

Miklós Zs.: A légi fotózás szerepe a középkori régészetben (The role of aerial photography in the archaeology of the Middle Ages). In: Benkő E. – Kovács Gy. (eds): A középkor és kora újkor régészete Magyarországon (Archaeology of the Middle Ages and the Early Modern Period in Hungary). Budapest 2010, II. 853-870.

MIKLÓS 2011

Miklós Zs.: A régészeti topográfia és a légi fotózás kapcsolata. In: Kővári K. – Miklós Zs. (szerk.): „Fél évszázad terepen” Tanulmánykötet Torma István tiszteletére 70. születésnapja alkalmából. Budapest 2011, 121-130.

MIKLÓS et al. 2011

Miklós Zs. – Bödőcs A. – Czajlik Z. – Szabó M. – Visy Zs.: Légi fényképezés. In: Müller R. (főszerk.): Régészeti kézikönyv. Budapest 2011, 40-70.

NEOGRÁDY 1948-1950

Neogrady S.: A légifénykép és az archeológiai kutatások. Térképészeti Közöny 7 (1948-1950) 283-332.

NEWHALL 1969

Newhall, B.: Airborne Camera. The World from the Air and Outer Space. New York 1969.

NÉMETH 1965

Németh F.: Az erdészeti Fotogrammetriai Csoport munkájáról. Erdő 14 (1965) 123-125.

NOVÁKI 1964

Nováki, Gy.: Zur Frage der sogenannten Brandwalle in Ungarn. Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae 16 (1964) 99-149.

NOVÁKI 1979

Nováki Gy.: Óskori és középkori várak a bakoynyi Kesellő- és Zöröghegyen. Veszprém Megyei Múzeumok Közleményei 14 (1979) 75-122.

NOVÁKI 1998

Nováki Gyula: Óskori földvárak Sopron mellett. Soproni Szemle 51 (1998) 118-134.

NOVÁKI – BARÁZ 2000

Nováki Gy. – Baráz Cs.: Óskori és középkori erődített telepek Heves megye Mátrán kívüli területén. Agria 36 (2000) 5-46.

NOVÁKI – SKERLETZ 1991

Nováki Gy. – Skerletz I.: Várvölgy-Kis-Láz-hegy későbronzkori földvára. Zalai Múzeum 3. (1991) 155-162.

NOVÁKI et al. 2006

Nováki, Gy. – Czajlik, Z. – Holl, B.: Kataster der prähistorischen Erdburgen Ungarns – Versuch einer umfassenden Datenerfassung zum Schutz des kulturellen, archäologischen und naturraumlichen Erbes. In: Krenn-Leeb, A. (Hrsg.): Wirtschaft, Macht und Strategie. Höhensiedlungen und ihre Funktionen in der Ur- und Frühgeschichte. Archäologie Österreichs Spezial 1 (2006) 125-139.

NOVÁKI et al. 2007

Nováki Gy. – Sárközy S. – Feld I.: Borsod-Abaúj-Zemplén megye várai az őskortól a kuruc korig. Magyarország várainak topográfiája 1. Miskolc 2007.

NOVÁKI et al. 2017

Nováki Gy. – Feld I. – Guba Sz. – Mordovin M. – Sárközy S.: Nógrád megye várai az őskortól a kuruc korig. Magyarország várainak topográfiája 4, Budapest 2017.

OBERLÄNDER-TÂRNOVEANU 2010

Oberländer-Târnoveanu, I.: Proiecte de arheologie aeriană în România. ANGVSTIA, 14 (2010) 389-412.

OEXLE 1997

Oexle, J. (Hrsg.): Aus der Luft – Bilder unserer Geschichte: Luftbildarchäologie in Zentraleuropa. Dresden 1997.

OLTEAN – HANSON 2013

Oltean, I.A. – Hanson, W.S.: Integrating Aerial and Satellite Imagery: Discovering Roman Imperial Landscapes in Southern Dobrogea (Romania). In: Hanson, W., Oltean, I. (eds): Archaeology from Historical Aerial and Satellite Archives. Springer. New York, NY. 2013.

[https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4505-0\\_18](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4505-0_18)

ONDROUCH 1941

Ondrouch, V.: Rímska stanica v Stupave a rímske stavebné stopy v Pajštúne. Bratislava 1941.

PALMER 2005

Palmer, R.: If they used their own photographs they wouldn't take them like that. In: Brophy, K. – Cowley, D. (eds.): From the air. understanding aerial archaeology. Stroud 2005, 94-116.

PANAITE – MIU (BEM) 2016

Panaite, A. – Miu (Bem), C.: Roman Roads identified on aerial and satellite images within the territory of the city of Tropaeum Traiani (Moesia Inferior). Dacia N.S. 60 (2016) 201-220.

PÁNCZÉL et al. 2011

Pánczél, T. – Szabó, M. – Visy, Zs.: Archaeological Research on the Eastern Frontier of Dacia Superior. In: Visy, Zs. – Szabó, M. – Priskin, A. – Lóki, R. (ed.): A Danube Limes program régészeti kutatása 2008-2011 között. Jelentés a Danube Limes UNESCO World Heritage Site pályázat keretében a PTE BTK Régészet Tanszékének kutatócsoportja által végzett kutatásokról. PTE Régészet Tanszék, Pécs 2011, 173-180.

PATAY 1968

Patay, P.: Recherches d'archéologie aérienne en Hongrie. Geodéziai és Kartográfiai Egyesület Kiadványa, Budapest 1968.

PAVELČÍK 1976

Pavelčík, J.: Letecká archeologie v severomoravském kraji. Vlasivedné listy 3/1 (1976) 17-18.

PÁSZTOR et al. 2018

Pásztor, L. - Laborci, A. - Bakacsi, Z. - Szabó, J. - Illés, G.: Compilation of a national soil-type map for Hungary by sequential classification methods. Geoderma 2018, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.04.018>

PÁTKAI – GYÖRFFY-VILLÁM 2023

Pátkai Á. S. – Györffy-Villám, Zs.: Balács közép-kora. Előzetes eredmények a római villagazdaság területén található középkori település újabb kutatásáról – légrégészet és műszeres lelőhelyfelderítés. A Laczkó Dezső Múzeum Közleményei 31 (2023) 25-38.

PERNICKA 1961

Pernicka, R. M.: Eine unikale Grabanlage der Glockenbecherkultur bei Prosimerice, Südwestmähren. Sborník prací filozofické fakulty Brněnské univerzity (1961) 9-54.

PHILIP et al. 2002

Philip, G. – Donogue, D. – Beck, A. – Galiatsatos, N.: CORONA satellite photography:

an archaeological application from the Middle East. *Antiquity* 76 (2002) 109-118. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00089869>

PLANCK et al. 1994

Planck, D. – Braasch, O. – Oexle, J. – Schlichterle, H.: *Unterirdisches Baden-Württemberg. 250.000 Jahre Geschichte und Archäologie im Luftbild.* Stuttgart 1994.

PLATICHOVÁ 2010

Platichová, J.: Studium sídelních struktur a dálkový průzkum Země. Události a trendy v našich zemích. *Acta Fakulty filozofické Západočeské univerzity v Plzni*, 4 (2010) 303-304.

POIDÉBARD 1934

Poidébard, A.: *La trace de Rome dans le désert de Syrie. Le limes de Trajan à la conquête arabe. Recherches aériennes (1925-1932).* Paris 1934.

POKROVENSZKI et al. 2016

Pokrovenszki K. – Vágvölgyi B. – Tóth Z.: A csókakői vár feltárása során alkalmazott 3D fotogrammetriai módszerek gyakorlati tapasztalatai / Practical experience with the 3D photogrammetric methods used at the excavation of Csókakő Castle. *Magyar Régészet / Hungarian Archaeology* 2016 ősz, 31-38.

RĄCZKOWSKI 2005

Rączkowski, W.: Tradition in power: vicious circle(s) of aerial survey in Poland. In: Brophy, K. – Cowley, D. (eds.): *From the air. Understanding aerial archaeology.* Stroud 2005, 151-167.

RACZKY 1990

Raczky, P.: Öcsöd – Kováshalom. Eine Siedlung der Theiss-Kultur. In: Raczky, P. (Hrsg.): *Alltag und Religion. Jungsteinzeit in Ost-Ungarn.* Frankfurt am Main 1990, 71-96.

RACZKY et al. 1997

Raczky P. – Kovács T. – Anders A. (szerk.): *Utak a múltba. Az M3-as autópálya régészeti leletmentései – Paths into the Past. Rescue Excavations on the M3 motorway.* Budapest 1997.

RADNAI 1940

Radnai L.: Újabb archaeologiai nyomok

Dunapentele környékéről. *Archaeologiai Értesítő* 3 (1940) 62-66, XIV-XVI. tábla

RADNÓTI 1944-1945

Radnóti A.: A dáciai limes a Meszesen. *Archaeologiai Értesítő* 5-6 (1944-1945) 137-168., LXIII-LXVIII. tábla

RÁDAI 1978

Rádai Ö.: *Légifotó-értelmezés a vízügyi gyakorlatban.* Budapest 1978.

RÁDAI 1990

Rádai Ö.: *Régészek a víz alatt és a levegőben.* Budapest 1990.

RILEY 1944

Riley, D.N.: The Technique of Air-Archaeology. *Archaeological Journal*, 101,1 (1944) 1-16. <https://doi.org/10.1080/00665983.1944.10853775>

RILEY 1980

Riley, D. N.: Factors in the development of crop marks. *The Journal for Air Photography and Archaeology* 4 (1980) 28-32.

RILEY 1987

Riley, D. N.: *Air Photography and Archaeology.* London 1987.

ROMANO – TOLBA 1996

Romano, D. G. – Tolba, O.: Remote sensing and GIS in the study of Roman centuriation in the Corinthia, Greece. II. In: Kamermans, H. – Fennema, K. (eds.): *Interfacing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology.* Leiden 1996, 457-463.

RÓZSA 2010

Rózsa Z.: *Körzövel írt történelem, azaz nincs új a Nap alatt. Mozaikok Orosháza és vidéke múltjából.* Orosháza 2010.

RUPNIK et al. 2018

Rupnik, L. – Czajlik, Z. – Bartus, D.: The use of aerial photography in the topographical research of Brigetio: the archive imagery. In: Borhy, L. – Dévai, K. – Tankó, K. (eds.): *Celto – Gallo – Roman. Studies of the MTA-ELTE Research Group for Interdisciplinary Archaeology.* Paris 2018, 83-96.

SCHNEIDER 1974

Schneider, S.: Luftbild und Luftbildinterpretation. Lehrbuch der Allgemeinen Geographie. Berlin – New York 1974. <https://doi.org/10.1515/9783110826128>

SCHUCHHARDT 1918

Schuchhardt, C.: Die sogenannten Trajanswälle in der Dobrudscha. Abhandlungen der Preussischen Akademie der Wissenschaften 12. Berlin 1918.

SCHWEITZER et al. 2015

Schweitzer F. – Fábíán F.Á. – Varga G. – Sípos Gy. – Kovács I.P.: A periglaciális talajfagy-jelenségek kutatása Pécsi Márton Nyomán. Földrajzi Közlemények 139,3 (2015) 157-171.

SCOLLAR et al. 1990

Scollar, I. – Tabbagh, A. – Hesse, A. – Herzog, I.: Archaeological Prospecting and Remote Sensing, Topics in Remote Sensing. Cambridge 1990.

SEDLÁČEK – VENCL 1975

Sedláček, Z. – Vencl, S.: Zpráva o leteckém snímkování na Kolínsku. Archeologické rozhledy 27 (1975) 151 – 158, 228 – 233.

SHENNAN – DONOGHUE 1992

Shennan, I. – Donoghue, D. N. M.: Remote Sensing in Archaeological Research. Proceedings of the British Academy 77 (1992) 223-232.

STANJEK – FASSBINDER 1996

Stanjek, H. – Fassbinder, J.: Bodenkundliche Untersuchungen zum Verständnis archäologischer Strukturen im Luftbild. In: Helmut Becker (zgst.): Archäologische Prospektion. Luftbildarchäologie und Geophysik. München 1996, 249-255.

ȘTEFAN 1986

Ștefan, A. S. : Archéologie aérienne en Roumanie, Photo Interprétation (spec. edition) 25,1-2 Paris 1986.

STEFAN 1999

Stefan, A. S.: Les fortifications de l'Âge du Fer en Dacie (Roumanie) : l'apport de la photo-interprétation. In: Bréart, B. – Nowicki,

F. – Léva, Ch. (dirs.) : Archéologie aérienne. Actes du colloque international tenu à Amiens (France) du 15 au 18 octobre 1992. Revue archéologique de la Picardie n° spécial 17 (1999) 261-269. <https://doi.org/10.3406/pica.1999.2111>

STEFAN 2019

Stefan, A. S.: Histria. Photographies aériennes et topographie générale: paléo-environnement, configurations urbaines, installations portuaires, nécropole tumulaire, voies vers la chôra (VIIe s. av. J.-C. – VIIe s. ap. J.-C.), Journal of Ancient Topography 29, 2019, 9–92.

St. JOSEPH 1945

St. Joseph, J. K. S.: Air Photography and Archaeology. The Geographical Journal 105,1-2 (1945) 47-59. <https://doi.org/10.2307/1789545>

STOERTZ 1997

Stoertz, C.: Ancient Landscapes of the Yorkshire Wolds. Aerial photographic transcription and analysis. Swindon 1997.

STRUNK-LICHTENBERG 1965

Strunk-Lichtenberg, G.: Bodenkundliche Untersuchungen an archäologischen Objekten, die durch Luftbild-Aufnahmen entdeckt wurden. Archaeo-Physika 15 (1965) 175-202.

SZABÓ 1991

Szabó J. (főszerk.): Repülési lexikon I-II. kötet. Budapest 1991.

SZABÓ 2016

Szabó M.: Régészet madártávlatból. Fejezetek a Pécsi Légitrégészeti Téka 20 éves történetéből. Budapest 2016.

SZABÓ 2018

Szabó M.: Repülés a múltba. A légi régészet története. Pécs 2018.

SZALAY 1933

Szalay Á.: A dunabogdányi római castellumról – Über das römische Castell von Dunabogdány. Archaeologia Hungarica 10. Budapest 1933.

SZATMÁRI 2018

Szatmári I.: Középkori temetőárok drónnal

- készített felvételeken. In: Bíró Gy. – Katona Kiss A. – Rózsa Z. (szerk.): Fémek a földből I. Mozaikok Orosháza és vidéke múltjából 19. Orosháza 2018, 86-89.
- SZEDERJEI 1939**  
Szederjei Á.: A légitérképészet szerepe a korszerű erdészetben. Erdészeti Lapok 78,12 (1939)
- SZEVERÉNYI – KULCSÁR 2012**  
Szeverényi, V. – Kulcsár, G.: Middle Bronze Age Settlement and Society in Central Hungary. In: Jaeger, M. – Czebreszuk, J. – P. Fischl, K. (eds.): Enclosed Space – Open Society. Contact and Exchange in the Context of the Bronze Age Fortified Settlements in Central Europe. Studien zur Archäologie in Ostmitteleuropa, Band 9, Poznań – Bonn 2012, 287-351.
- THOMPSON 1967**  
Thompson, H. O.: A new development in archaeological air photography. Antiquity 41 (1967) 225-227. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00102376>
- TÍMÁR 2004**  
Timár, G.: Space and GIS technology in the palaeoenvironmental analysis. Old maps, satellite images and digital elevation models in the archaeology. Antaeus 27 (2004) 135-144.
- UJSÁGHY 1882**  
Ujsághy Zs.: A fényképmérés feltalálója. Erdészeti Lapok 21 (1882) 623-625.
- UR 2003**  
Ur, J.: CORONA Satellite Photography and Ancient Road Networks: A Northern Mesopotamian Case Study. Antiquity 77 (2003) 102-115. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00061391>
- VERHOEVEN 2017**  
Verhoeven, G. J.: Are We There Yet? A Review and Assessment of Archaeological Passive Airborne Optical Imaging Approaches in the Light of Landscape Archaeology. Geosciences 7,86 (2017) 1-33. <https://doi.org/10.3390/geosciences7030086>
- VERHOEVEN – SEVARA 2016**  
Verhoeven, G. – Sevara, C.: Trying to break new ground in aerial archaeology. Remote Sensing, 8 (2016) 918. <https://doi.org/10.3390/rs8110918>
- VISY 1978**  
Visy Zs.: Pannoniai limes-szakaszok légifényképeken. Archaeologiai Értesítő 105 (1978) 235-259.
- VISY 1988**  
Visy, Zs.: Der pannonische Limes in Ungarn. Budapest 1988.
- VISY 1989**  
Visy Zs.: A római limes Magyarországon. Budapest 1989.
- VISY 1997**  
Visy, Zs.: Stand und Entwicklung der archäologischen Luftprospektion in der DDR, der Tschechoslowakei und Ungarn in den Jahren 1945 bis 1990. In: Oexle, J. (Hrsg.): Aus der Luft – Bilder unserer Geschichte: Luftbildarchäologie in Zentraleuropa. Dresden 1997, 22-27.
- VISY 2000**  
Visy Zs.: A ripa Pannonica Magyarországon. Budapest 2000.
- VISY 2003a**  
Visy Zs.: A pécsi légirégészeti műhely. Régészeti kutatások a ripa Pannonica mentén. In: Visy Zs. (szerk.): Régészeti műemlékek kutatása és gondozása a 3. évezred küszöbén. Pécs 2003, 107 – 122. [https://doi.org/10.1016/S1566-0702\(03\)00176-0](https://doi.org/10.1016/S1566-0702(03)00176-0)
- VISY 2003b**  
Visy Zs.: A légirégészet Magyarországon. In: Visy Zs. (főszerk.): Magyar régészet az ezredfordulón. Budapest 2003, 25-28.
- VISY 2003c**  
Aerial Archaeology in Hungary. In: Zs. Visy (főszerk.): Hungarian Archaeology at the Turn of the Millennium. Budapest 2003, 25-28.
- VISY 2008**  
Visy, Zs.: Légirégészeti kutatások Erdélyben. I. Dacia keleti limese. Várak, kastélyok, templomok 2008, 4/4, 4-6.

VISY 2009a

Visy, Zs.: Régészeti kutatások Dacia superior keleti határán. Molnár István Múzeum Kiadványai 1. Cristuru Secuiesc/Székelykeresztúr 2009, 107-115.

VISY 2009b

Visy Zs.: Archäologische Forschungen an der östlichen Grenze von Dacia superior. In: Bíró Sz. (szerk.): Ex officina... Studia in honorem Dénes Gabler. Győr 2009, 587-598.

VISY 2013

Visy, Zs.: The Value and Significance of Historical Air Photographs for Archaeological Research: Some Examples from Central and Eastern Europe. In: Hanson, W. S. – Oltean, I. A. (eds.): Archaeology from Historical Aerial and Satellite Archives. New York – Heidelberg – Dordrecht – London 2013, 165-177. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4505-0\\_10](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4505-0_10)

VISY 2014

Visy, Zs.: Some notes on the topography of Nicaea. ΑΓΑΘΑ XXVIII, Hereditas litteraria totius graeco-latinitatis II. Debrecen 2014, 58-68.

VISY 2017

Visy Zs.: A római limes magyarországi topográfiája. A CLIR program és a világörökségi nevezés tükrében. In: Benkő E. – Bondár M. – Kolláth Á. (szerk.): Magyarország Régészeti Topográfiája. Múlt, Jelen, Jövő – Archaeological Topography of Hungary. Past, Present and Future. Budapest 2017, 539-547.

VISY 2018

Visy Zs.: A pannoniai késő római „belső erődök”. Archaeologiai Értesítő 143 (2018) 233–246. <https://doi.org/10.1556/0208.2018.143.12>

VISY 2021

Visy, Zs.: Omnes viae Carnuntum ducunt. Manfred Kandler octogenario. Römisches Österreich 44, 2021, 111-116.

VISY et al. 2008a

Visy, Zs. – Soós, Z. – Orbán, J.: Légitérészeti kutatások Erdélyben II. Székelyföldi várak. Várak, kastélyok, templomok 4,5 (2008) 7-9.

VISY et al. 2008b

Visy, Zs. – Soós, Z. – Orbán, J.: Légitérészeti kutatások Erdélyben III. Székelyföldi templomok. Várak, kastélyok, templomok 4,6 (2008) 8-11.

VISY et al. 2011

Visy, Zs. – Szabó, M. – Priskin, A. – Lóki, R. (szerk.): A Danube Limes program régészeti kutatása 2008-2011 között. Jelentés a Danube Limes UNESCO World Heritage Site pályázat keretében a PTE BTK Régészet Tanszékének kutatócsoportja által végzett kutatásokról. PTE Régészet Tanszék, Pécs 2011

WILSON 2005

Wilson, D. R.: Bias in aerial reconnaissance. In: Brophy, K. – Cowley, D. (eds.): From the air. understanding aerial archaeology. Stroud 2005, 64-72.

ZALAI-GAÁL 1990

Zalai-Gaál I.: A neolitikus körárokrendszerek kutatása a Dél-Dunántúlon (Die Erforschung der neolithischen Kreisgrabensysteme in SO-Transdanubien). Archaeologiai Értesítő 117 (1990) 3-24.

ZATYKÓ 2023

Zatykó Cs.: Tájregészet: tudományterület, módszer, szemlélet vagy divat? In: Tóth F. M. – Szilas G. – Anders A. – Kalla G. – Kiss V. – Kulcsár G. – Mester Zs. (szerk.): ΜΩΜΟΣ XI Őskoros kutatók összejövetele. Környezet és ember. A BTM Aquincumi Múzeumban 2019. április 10-12-én megrendezett konferencia tanulmánykötete. Ősrégészeti Tanulmányok – Prehistoric Studies III. Budapest 2023, 11–21. <https://doi.org/10.21862/momosz11.03>

ZÁMOLYI et al. 2015

Zámolyi, A. – Draganits, E. – Doneus, M. – Fera, M.: Paläoflusslaufentwicklung der Leitha (Österreich) – Eine Luftbildperspektive. In: Doneus, M. – Griebel, M. (Hrsg.), Die Leitha - Facetten einer Landschaft. Archäologie Österreichs Spezial 3, Wien 2015, 11-23.