

CZAJLIK ZOLTÁN

## LÉGI RÉGÉSZET A 21. SZÁZAD ELEJÉN: A TECHNIKAI LEHETŐSÉGEK FOLYAMATOS FEJLESZTÉSE

Mintegy tíz évvel ezelőtt egy interjúban azt kérdezték e sorok írójától, hogy vajon a műholdas technológia nem lesz-e hamarosan a hagyományos, sportrepülőkkel folytatott légi régészeti kutatás versenytársa. A futurisztikusnak szánt válasz az volt, hogy abban az esetben, ha én irányíthatnám egy irodából a műholdat, természetesen akkor és oda, ahova a régészeti szempontok ezt megkövetelnék, az biztosan komoly változást jelentene. Noha még ma, 2022-ben sem tartunk itt, a lehetőségek bővülése ugyanakkor már látványos. Erről győződhetnek meg e lapszám olvasói is!

A légi régészet sokkal többet jelent ma, mint a 2000-es évek elején, amikor még sportrepülőkkel, 300 méter körüli magasságból, többnyire kisfilmes fényképezőgépekkel igyekeztünk minél több régészeti lelőhelyet azonosítani, illetve a meglévő információkat kiegészíteni, pontosítani. Mielőtt azonban e változásokat bemutatjuk, feltétlenül szükséges a kezdetek és az alapelvek tisztázása. Nemcsak az elődök iránti tiszteletből, hanem azért is, mert a régészeti jelenségek távolból való felismerése mindmáig túlnyomórészt az 1920-as, 1930-as években lefektetett alapelveken nyugszik.

Az akkor felismert törvényszerűségek horderejével az érintettek is tisztában voltak. Osbert Guy Stanhope Crawford például egy 1923-as tanulmányát a következőkkel zárta: „*A paper of this kind seems called for to inaugurate what will prove to be a new epoch in the history of British archaeology.*” Azaz: „*Egy ilyen jellegű tanulmány szükséges ahhoz, hogy új fejezetet nyissunk a brit régészet történetében.*” Crawford itt a különféle régészeti jelenségek levegőből való felismerésére és lefényképezésére, illetve a csak levegőből felismerhető összefüggések rögzítésére gondolt.



Osbert Guy Stanhope Crawford





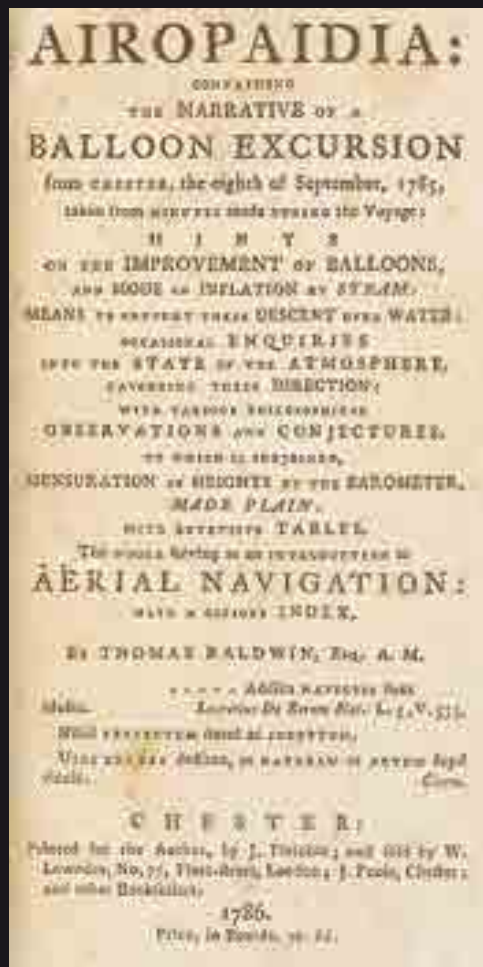
Római kori villa Celldömölk (Vas megye) határában. Az őszi vetésű búza növekedését a falak akadályozták, így rajzolódott ki az épület alaprajza (Czajlik Zoltán, 2020. 06. 30.)

A talaj és a növényzet részben állandó, részben pedig tünékeny jelekkel számos régészeti információt közvetít felénk. A feltöltődött árkok, gödrök talaja általában sötétebb, de a falak maradványai akár „át is üthetnek” a talajfelszín közelében. A növényzet, különösen egyes szántóföldi fajták (így a búza, az árpa, a mák, a borsó, s bizonyos esetekben a kukorica vagy a repce) a talajnál is jóval finomabb jeleket adhatnak, oly módon, hogy az eltemetett falak blokkolják a növekedésüket, az egykori árkok, gödrök felett ugyanakkor a magasabb tápanyagtartalom miatt jobban nő és később is érke be a gabona. A régészeti információt tehát a talaj színeltérés, a növényzet pedig a színeltérés mellett a magasságkülönbség révén közvetíti.

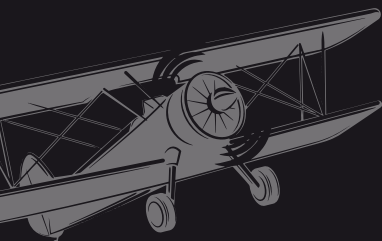
Talán meglepő, de az utóbbi összefüggésre egyes szerzők már a 16. században rájöttek. Az ismert régiségbúvár, John Leland *Calleva Atrebatum* római kori város (a mai Silchester) 1540 körüli meglátogatásakor írta le a jelenséget. Amint azonban egy szőnyeg mintáit is nagyon nehezen tudnánk felismerni 15–20 cm magasból, úgy a talaj és a növényzet jeleinek felismeréséhez és dokumentálásához is két fontos problémát



*Calleva Atrebatum* római kori város (ma Silchester) drónról készített modern fotója



Thomas Baldwin 1786-os műve, az *Airopaidia* első oldala és egyik metszete a chesteri tájról felülnézetben



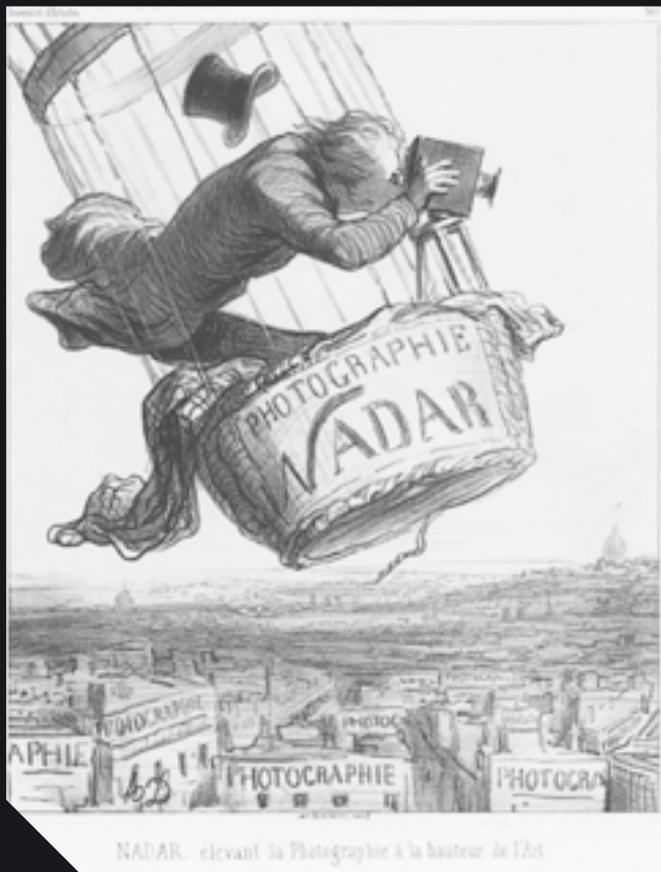


kellett megoldani: a biztonságos, irányítható levegőbe emelkedést és a látvány rögzítését. Az első igazolt, pilótával történő meleg levegős ballonos repülés a Montgolfier fivéreknek köszönhetően már 1783-ban megtörtént Franciaországban, sőt, Thomas Baldwin 1785-ös chesteri repüléséről 1786-ban már metszetekkel illusztrált könyvet is megjelentetett *Airopaidia* címmel. A francia Gaspard Félix Tournachon, művésznevén Nadar volt azonban az első, aki a két technológiát, azaz a repülést és a fényképezést összekapcsolta, amikor az 1850-es évektől kezdődően Párizsról készített felvételeket a levegőből. A ballonokat az első világháborúban már repülőgépek, a korai, meglehetősen nagy és nehéz kamerákat pedig rövid expozícióra képes modernebb fényképezőgépek váltották fel, azaz mind a manőverezés, mind a jó minőségű légi fényképek készítésének problémája – köszönhetően a haditechnikai fejlesztéseknek is – megoldódott. A fent említett Crawford is már ezt a technológiát használta fel és ezek révén közölte első eredményeit 1928-ban *Sussex from the Air* (*Sussex a levegőből*) címmel.

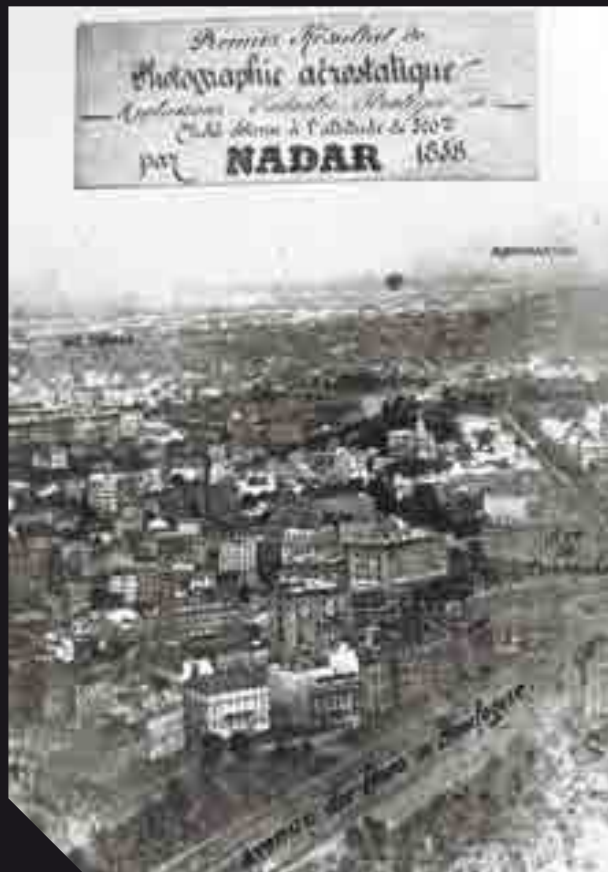
Mindeközben Magyarországon Neogrady Sándor, az első világháborúban az északolasz fronton szolgáló

légi fényképész/térképész – Crawford munkájától teljesen függetlenül – ugyancsak felismerte a régészeti célú légi fotózás jelentőségét: „Kora tavasztól késő őszig, néha decemberig, 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.”

Tehát, mint ahogyan arról már szó volt fentebb, noha az úgynevezett talajjelek is nagyon fontosak, az igazán finom rajzolatú, egyes esetekben a feltárt lelőhelyek összesítő térképének részletességével vetekedő információt leginkább a növényi jelek képesek adni. Az azonban, hogy a növényzet mikor és mennyi ideig (néha hosszú évek alatt csupán egy-egy délutáni órában!) jelez, rendkívül összetett kérdés. Függsz az alapközettől, az azon képződött talajtól, a csapadéktól, a hőmérséklettől stb. Nem véletlen, hogy az 1950-es évek végétől, a jól manőverezhető sportgépek és a csúcsmínőségű kisfilmes kamerák megjelenésével a régészeti légi fényképezés egyik első számú



Gaspard Félix Tournachon, azaz Nadar tevékenységét reklámozó metszet



Párizs látképe 1858-ból Nadar légi fotóján



Neogrády Sándor társaival a légi fotózásokhoz használt repülőgéppel

törekvése az volt, hogy a kutatók a megfelelő időpontban legyenek a megfelelő helyen. Ehhez rengeteg repülési tapasztalat kellett, így gyakran aktív vagy egykori pilóták váltak vérbeli légi régésszé.

Szenzációs felfedezések sorát köszönhetjük René Gogueynak és Otto Braaschnak, akik a francia, illetve a német légierő pilótái voltak, mielőtt a modern európai légi régészeti kutatások meghatározó alakjaivá váltak volna. A repülések tervezése, dokumentálása és feldolgozása, az információk archívumokba rendezése – részben nekik köszönhetően – a II. világháborút követően indult meg. Ebből a folyamatból a volt szocialista országok, s köztük Magyarország sokáig kimaradtak. Nem kis

részben azonban a fent említett francia és német kutatóknak köszönhetően, a rendszerváltás után már nálunk is megindulhatott a rendszeres légi régészeti kutatás. A René Gogueyval való évtizedes együttműködés egyik eredménye lett az ELTE Régészettudományi Intézetében létrejött Légitrégészeti Archivum, Otto Braasch magyarországi tevékenysége pedig a pécsi Légitrégészeti Téka megalakulásához vezetett. E folyóiratszám szerzői közül többen is az ő tanítványaiknak számítanak, részt vettek ezeknek a gyűjteményeknek a fejlesztésében.

Amíg a növényzeti jelek kora nyári fényképezésében sokáig biztos számíthatunk az itt említett két kiváló kutató segítségére, addig az év többi részének lehetőségeit – remek magyar pilóták segítségével – magunknak kellett kitapasztalni. Élen járt ebben a 2014-ben elhunyt Miklós Zsuzsa kolléganőnk, aki – elsősorban a ritka hóleplek időszakokat kihasználva – számos őskori és középkori földvárát örökített meg sikeresen. A hó szerepe részben az, hogy egyenletesebb hátteret biztosít a fotók számára, emellett sok esetben megfigyelhető, hogy éppen a sáncok vonalában olvad elő-

Vaskori halomsírmező (Százhalombatta-Százhalom, Pest megye). A pusztuló halmok helye részben a talajjelek, részben a fiatal gabonajelek révén ismerhető fel (Czajlik Zoltán, 2014. 03. 11.)





ször el, s ezáltal a különböző erődítések az ekkor készült fotókon jobban követhetővé válnak. A téli légi fényképezés legkomolyabb előnye azonban általában az, hogy az erre az időszakra jellemző ferde megvilágítás révén [a nap jóval alacsonyabb pályán mozog ilyenkor – a szerk.] kialakuló árnyékhatás miatt napsütéses időben még az enyhe magasságkülönbségek is egész nap jól dokumentálhatók.

A légi régészetben a hagyományos terepi kutatásokat megelőzve kezdődött meg olyan modern technológiáknak is az alkalmazása, mint a GPS. Ezeket az eszközöket már az 1990-es évek elején használni kezdték, s kulcsszerepük volt a légi fényképek helyzetének meghatározásában is. A technikai fejlődés következő lépése már a digitális kamerák megjelenése volt a 2000-es évek közepén. Ezek az eszközök nagyon felgyorsították a régészeti légi fényképezést. A repülés közben végzett időabló dokumentálási procedúra megszűnt, így az elkészíthető felvételek mennyisége a sokszorosára növekedett, s az egy-egy alkalommal lefényképezhető területek mérete is jelentősen megnőtt.



René Goguy és Otto Braasch

Mindez és persze sok további fejlesztés azonban még mindig csak a tradicionális légi régészet modernizálódását vonta maga után. Az utóbbi egy évtized azonban számos, a fundamentumokat is érintő változást hozott. Ezek közül talán a legfontosabb az új platformok megjelenése. A műholdas adatok felhasználása először az 1990-es évek közepétől vett nagyobb lendületet, amikor is az Amerikai Egyesült Államok felszabadította a hidegháborús kémműholdak tevékenységéből származó felvételek felhasználását. Ezeknek az archív fotóanyagoknak köszönhetően sokszor a terepen és a levegőből egyaránt nehezen meg-

Vaskori sánc (Százhalombatta-Földvár, Pest megye). Az erődítés formája a hóborításnak és téli, ferde megvilágításnak köszönhetően részletesen tanulmányozható (Czajlik Zoltán, 2003. 01. 12.)



Vaskori halomsírmező (Érd/Százhalombatta-Százhalom, Pest megye). A hagyományos légi fotón látható terület egy 3 nappal később, 2014. 03. 14-én készült Google Earth-felvételen

ismerhető térségek (például a Közel-Kelet egyes vidékei) váltak kutathatóvá, megsokszorozva a rendelkezésre álló régészeti információinkat. De talán még ennél is jelentősebb az ingyenesen hozzáférhető Google Earth rendszer okozta változás. Ennek segítségével Közép-Európában is számos új lelőhelyet sikerült azonosítani, sőt ma már az adatgyűjtéstől a repülések előkészítésén át a fotók feldolgozásáig segíti e program a kutatást. A térképeknél frissebb információi – például az aktuális parcellahasználat dokumentálása révén – sokkal gyorsabbá teszik a felvételek kiértékelését is.

A sportrepülőknél jóval nagyobb magasságból dolgozó műholdak mellett a másik fontos új platformot az alacsonyabbról fényképező drónok jelentik. A rögzített ballonoktól a tűzoltólétrán át a sárkányrepülőkhöz

sokféle próbálkozást ismerünk az 50–100 méteres magasság „meghódítására”, azonban a távolról irányítható és a fényképezendő területet folyamatosan kamerázó eszközök, összefoglaló elnevezéssel a drónok régészeti alkalmazása ma már vitán felül áll, szinte mindenhol része a napi terepi rutinnak. A programozott repülésre is képes drónokkal olyan nagy átfedésű fotósorozatok is készíthetők, amelyekből a finom különbségeket is megmutató magasságmodellek, valamint a különböző erődítések, halmok hagyományos terepi felméréseknél jóval precízebb ábrázolásai hozhatók létre. Az elv nem új, hiszen topográfiai térképeink domborzatrajza is fotogrammetriai alapon készült, a módszer igazi elterjedése a régészeti geodéziában azonban még várat magára.





Ugyanakkor nemcsak itthon, de nemzetközi szinten is viszonylag kevés egyelőre a tapasztalat a drónos lézerszkennelésről, ami várhatóan tovább bővíti majd a platform lehetőségeit. Egyértelmű sikertörténet a hagyományos eszközre (repülőgépre vagy helikopterre) szerelt eszközzel végzett légi lézerszkennelés (vagy magyarosabban: légi lézeres letapogatás), amelynek régészeti alkalmazásával kapcsolatban már Magyarországon is évtizedes tapasztalatokkal rendelkezünk. Amint az e lapszámban olvasható tanulmányból is kiderül, ennek a legnagyobb szerepe az erdős területek kutatásában van. Nemcsak a korábnál jóval gyorsabban előállítható nagy pontosságú domborzatmodellekre gondolunk itt, de az ezek révén megmutatkozó, korábban nem vagy alig ismert régészeti jelenségek azonosítására is.

A légi régészetből kifejlődött régészeti távérzékelés tehát egyre több, folyamatosan bővülő lehetőséggel rendelkezik. A legkülönbözőbb terepviszonyokra, növényzeti borításra, sőt évszakokra is egyre hatékonyabb eljárások állnak a rendelkezésünkre. Megjegyzendő, hogy Magyarország e tekintetben különösen szerencsés, hiszen területének több mint kétharmada kifejezetten jól kutatható a felsorolt módszerekkel. További pozitívum, hogy a térképészeti célú archív légi fényképek jelentős része ma már

elérhető a világhálón is (lásd a *fentrol.hu* oldalt). Mindez kiegészülve az olyan lehetőségekkel, mint például az *Arcanum* digitális térképrendszerei (így az úgynevezett első, második, harmadik és negyedik katonai felmérések, valamint a kataszteri térképek, lásd: *mapire.eu*), egyre többet tudunk meg nemcsak az egykori településekről, temetőkről, utakról, a határ használatáról stb., de a környezet, a táj változásairól is. Az elmúlt legalább 100 év néha gyorsabb, néha viszont megtorpanó, de az utóbbi időkben meglehetősen öles léptekkel haladó adatgyűjtése, valamint a technikai lehetőségek folyamatos fejlesztése egyre inkább elfogadottá, sőt kihagyhatatlanná tették a régészeti távérzékelést a terepi kutatások sorában.



Vaskori halomsírmező és földvár (Érd/Százhalombatta-Százhalom és Földvár, Pest megye). Légi lézeres szkennelés alapján készült domborzatmodell (Király Géza munkája) a magasságkülönbség alapján megfigyelhető (barna színű korongok), a csak légi felvételekről ismert (üres karika) és a magnetométeres geofizikai felméréseken látható (hússzínű korongok) halmokkal és halomnyomokkal. A modellen jól látható a földvár északi sánca, illetve sárga színnel jelöltük a geofizikai felméréseken kirajzolódó erődítési árkokat (Rupnik László, 2019)

