

Szabó Máté

## Légirégészeti kutatások Magyarországon 2011-ben (Rövid beszámoló a PTE – Pécsi Légirégészeti Tékában folyó munkáról)

**Kulcsszavak:** légirégészet; Baranya, Fejér, Tolna megye; római, *ripa Pannonica*, Limes-út

Légirégészeti kutatásaink háttérét 2011-ben is a Central-Europe Danube Limes UNESCO WHS<sup>1</sup> program biztosította, amelynek köszönhetően fő felderítési területünk a *ripa Pannonica* magyarországi szakasza volt. A Duna vonalán kívül – az átrepülések során – ugyanakkor lehetőség nyílt más helyszínek fényképezésére is, valamint folytattuk a 2008-óta tartó, Dacia K-i határvédelmi rendszerének felderítését célzó programunkat is.<sup>2</sup> Ezt kiegészítette a Pécsi Légirégészeti Téka archívumának részleges revíziója,<sup>3</sup> és a Pécs környéki római villagazdaságok kutatásában is előrelépés történt.

Az év folyamán közel 15 órányi légirégészeti megfigyelést végeztünk. A repülésekhez Cessna-150 és Cessna-172 típusú kettő, ill. négyüléses repülőgépet használtunk, gyakorlott pilótáinknak köszönhetően a megfigyelési és adatrögzítési<sup>4</sup> körülményeket igyekeztünk maximálisan kihasználni.<sup>5</sup>

A Danube Limes projekt ütemezése szerint az utolsó évre arányosan kevesebb repülést terveztünk. Az idei év kitűnő megfigyelési lehetőségeit így csak korlátozottan használhattuk ki.

Az év folyamán összesen 41 régészeti lelőhelyről készült felvétel (*1. kép*). A fényképezett lelőhelyek egy részén terepi ellenőrzést, vagy össze-

tettebb kutatást is végeztünk.

A légirégészeti kutatás során felvételezett lelőhelyek projektünkhöz tartozó részét, valamint esetenként más lelőhelyeket is fotogrammetriai és térinformatikai feldolgozásnak<sup>6</sup> vetettük alá. Az így született objektum-szintű lelőhely térképeket terepi térinformatika<sup>7</sup> segítségével használhattuk a helyszíni ellenőrzések során. Ezzel pontosíthattuk és a régészeti jelenségekhez köthettük a felszíni és fém-detektoros leletgyűjtés eredményeit is.

### *A ripa Pannonica lelőhelyei*

2011-ben Budapeستől D-re végeztünk felderítést a római határvédelmi rendszert kutatva. A kitűnő időjárási körülményeknek köszönhetően több helyszínről sikerült új információt szerezni.

**Őcsény, Alisca:** A római tábor a Pécsi Légirégészeti Téka kutatásai óta először mutatta meg magát a levegőből. Május és június folyamán is sikerült képeket készíteni az erőd *retentura* frontjának egy részéről. A képek kiegészítik a 2010-ben végzett geofizikai felmérés eredményeit.<sup>8</sup> Az egy m-es felbontású magnetométeres méréshez képest a légi felvételek helyenként részletesebb adatokat nyújtanak, így az erőd falát, belső épületek falait, és a késő római korban kialakított, legyező alakú saroktornyot is pontosabban kirajzolják a növényzeti jelek (*2. kép*).

**Baracs, Annamatia, vicus:** A baracsi római táborhoz kapcsolódó táborfalu légi felvételezését évek óta végzi a Pécsi Légirégészeti Téka a határvédelmi rendszer kutatásához kapcsolódóan. A szisztematikus felderítésnek, valamint az ezt kiegészítő terepi munkáknak köszönhetően nagy területen váltak

<sup>1</sup> Central Europe Danube-Limes UNESCO WHS program 2009–2011, 1 CE 079 P4

<sup>2</sup> LiDOR (Limes Dacicus Orientalis) projekt

<sup>3</sup> A PLT archívumának 1994–1996 között készült felvételein látható lelőhelyek – az akkori lehetőségek szerint – csupán közelítő pontossággal kerültek térképre. A 7669 felvételt tartalmazó gyűjtemény revízióját Kiss Szabó Eszter és Talabér Ildikó régészhallgatók végezték el. A munka következő lépéseként az 1997–2002 közötti anyag ellenőrzése, majd az állomány polygonális térképi meghatározása következik.

<sup>4</sup> A fényképezéshez Nikon D50 digitális fényképezőgépet és AF-S DX NIKKOR 16-85mm f/3.5-5.6G ED VR objektívet használtunk, az adatrögzítést PDA (ArcPAD szoftverrel) és GPS segítségével, útvonaladatok tárolásával (tracklog) végeztük.

<sup>5</sup> A repüléseknél az AEROGLOBE Kft. segédkezett. Pilótáink: Farkas Péter, Németh Tamás.

<sup>6</sup> A feldolgozáshoz ERDAS IMAGINE és ESRI ArcGIS programokat használtunk.

<sup>7</sup> A terepi ellenőrzés során a PDA-ra telepített ArcPAD szoftverben használhatjuk a korábban feldolgozott lelőhely adatokat, a helymeghatározást egy, a rendszerrel kommunikáló Garmin Mobile 10 GPS biztosítja.

<sup>8</sup> LÓKI 2011.

ismertté – legalább alaprajzi szinten – a lelőhely maradványai. A korábbi vizsgálatokkal ellentétben<sup>9</sup> eddig csupán egy kőépületet, számos – feltehetően – faszerkezetes épületet és gödörházat, gödröket, árkokat és utcákat sikerült azonosítani a felvételek és a terepi vizsgálat alapján (3. kép).<sup>10</sup>

**Fadd, LVS 9-10:** A település közelében fekvő római őrtornyok maradványai, árkaik és a mellettük futó *limes-út* többször volt már látható. 2011-ben azonban rendkívül plasztikusan, a korábbi eredményeket kiegészítve váltak láthatóvá árokszakaszok nyomai a gabonában (4. kép).

**Feltételezett őrtornyok:** A terepi kutatások alapján Dunaszekcső Bár felé eső határrészén, a löszfennsík tetején egy római lelőhely található. Katonai vonatkozásaira utalnak a területén talált *cohors VII Breucorum* segédcsoport bélyeges téglatöredékei, ugyanakkor a lelőhely *limes*hez kapcsolódását és funkcióját geofizikai vizsgálattal sem sikerült megnyugtatóan tisztázni. 2011-ben légi felvételen a korábbi eredményeket jobban szemléltető, szabályos négyzet alaprajzú falat rajzolt ki a gabona negatív anomáliája. Habár mérete és formája alapján egy késő római őrtornyot kerítő fal maradványa is lehetne,<sup>11</sup> mivel belsejében semmi nem utal építményre, rendeltetését csak ásítás tisztázhatja (5. kép).

Az M6 autópálya építéséhez kapcsolódóan került feltárára egy római útállomás Bátaszék térségében.<sup>12</sup> A lelőhely közelében, kukoricában sikerült megfigyelni egy rombikus elszíneződést. Mérete és formája alapján a jelenség illeszkedik a kutatásokból ismert római őrtornyotípushoz,<sup>13</sup> a Lajvér-patak átkelőjéhez csatlakozva pedig stratégiai helyzete is elfogadható. Leletanyag hiányában ugyanakkor csak feltételezett őrtornyoként tarthatjuk számon (6. kép).

**Limes-út:** Az évek óta folyó szisztematikus kutatásnak köszönhetően hosszú szakaszait sikerült már felderíteni/újra azonosítani a *limes-útnak*.<sup>14</sup> 2011-ben Ercsőtől É-ra egy rövidebb szakasza vált láthatóvá, míg Adonytól D-re több része feltűnt az egymással határos parcellákban. Mindkét esetben kalászos növények által vált láthatóvá az utat határoló árok pozitív anomáliája. Egy rövidebb szakaszt figyelhetünk meg Rácalmás térségében, valamint a lelőhelyekhez kapcsolódóan is feltűnt a római út nyoma.

### Római lelőhelyek a Dunántúlon

Átrepülések során több római lelőhely került lecsévégre. A felvételek jelentőségét mutatja, hogy legtöbbször ismert helyszínek esetén is újdonságokkal szolgálhatnak amellelt, hogy állapotuk felmérésére is lehetőség nyílik. 2011-ben ezek közül kettőt fontos kiemelni.

**Alsóhetény, Süllyedtvár:** A késő római belső erőd 2010. évi kutatási eredményeit<sup>15</sup> követően, a kitűnő időjárási körülményeknek és a lelőhely nagy részét fedő kalászos növényeknek köszönhetően jelentős előrelépés történt (7. kép).

Az erődítés falait a művelt parcellák mindegyikén követni lehetett. A publikált összesítő rajzzal ellentétben,<sup>16</sup> a képek tanúsága szerint egyenes oldalakkal építették az erődöt, ami a kitűzés módjára is utal. A falak olyan markánsan jelentkeznek a felvételeken, hogy képszegmentálási eljárással több helyen szinte automatikusan lehetett lehatárolni a falmagokat és az erősen törmelékeny részeket.

Az erőd falát É-i oldalon metsző vízfolyás partján egy, az oldaltornyoknál nagyobb méretű kerek torony részlete sejthető. Az É–Ny-i saroktoronyban látható a korábbi, legyező alakú torony falának külső íve is.

A maradványok előterében többnyire láthatóvá vált a védőárok nyoma is, mely – ezek alapján – az egész erődöt övezhette, a DK-i részeket ábrázoló képek alapján pedig felmerülhet helyenként a ketős árok egykori léte is.

Az erődön belül a korábbi kutatások során azonosított épületeken kívül más objektumok is láthatóvá váltak. Az ÉK-i sarokban található „VII. számú raktár”<sup>17</sup> mellett egy másik, közepén pillérsorral rendelkező gazdasági épületet azonosíthatunk. Az ÉNy-i részen egy négyszögletes, belső osztás nélküli, tőle délre mintegy 100 m-re pedig egy több helyiséges épületet lehetett látni. A Ny-i erőd fal mellett a korábban „XI. számú gazdasági épület”<sup>18</sup>-ként meghatározott objektum további, É felé nyúló nyomai látszódtak, a DNy-i sarokban pedig egy nagy kiterjedésű, belsőudvaros épület rajzolódott ki (kb. 60×40 m). Ennek egy részén már folyt feltárás,<sup>19</sup> a nagyrészt elpusztult épület *hypocaustum* rendszerrel ellátott részét kutatták, teljes kiterjedése azonban nem volt ismert. Jelenleg, képszegmentálással voltak pontos-

síthatók a határai, sőt tőle É-ra is kirajzolódott egy szabályos, törmelékeny folt, melynek nyomai a levegőből nem voltak ilyen egyértelműek (8. kép). Az É–D-i folyású patak Ny-i partján egy többhelyiséges, *apszisos*, kb. 35×30 m kiterjedésű, valamint egy kisebb, fürdőre utaló maradványt is azonosíthatunk.

A korábbi kutatások alapján az erődöt Ny-ra fekvő, késő római épületekként azonosított<sup>20</sup> maradványokat is pontosíthatjuk légi felvételek alapján. A képeken egy nagy kiterjedésű villagazdaság nyoma rajzolódott ki. Elhelyezkedése, és az erőd közelsége alapján legközelebbi párhuzama Tokodon található,<sup>21</sup> ahol 1979-ben szondázó ásítás is volt.<sup>22</sup> Az alsóhetényi erőd és a villagazdaság kapcsolatára is csak további kutatás világíthat rá (9. kép).

**Cserdi, Horgas-dűlő:** 2008 óta többször rögzítettük a kalászos növényekben negatív anomáliaként jelentkező falakat és törmeléket a római villagazdaság területén. Az eltérő körülményeknek köszönhetően e három év felvételei részletekbe menő adathatárteret biztosítottak a lelőhely szerkezetéről, az erősen rabolt helyszínről származó csekély mennyiségű leletanyag mellett így elsősorban a roncsolásmentes kutatások anyagára támaszkodhatunk. A légirégészeti kutatásokra épülő vizsgálatok ugyanakkor módszertani kérdéseket is felvetettek.

A légi felvételek térképre illesztését a művelt terület formája, a lelőhely domboldalban elfoglalt helye, valamint a környéken nehezen fellelhető kapcsolópontok nehezítették. A transzformáció pontosságát – mely az azonosítható jelenségeken és tereptárgyakon keresztül ellenőrizve néhány m-es eltérést sejtetett – a további kutatást szem előtt tartva kiemelt fontosságúnak tartottuk. Ellenőrzésükre – amelyet már egy részletesebb terepmodell<sup>23</sup> is segített – 2011 folyamán nyílt lehetőség. Előzetes légi felderítést követően, a terület kezelőjével egyeztetve, az érő árpában felmérést végeztünk. A vizsgálathoz geodéziai pontosságú GPS-t használtunk, és kinematikus-relatív módszert alkalmaztunk. A korábban kitűzetett geodéziai alapontra felállított bázis állomás adatain alapulva a mozgó egységgel (rover) rövid idő, kb. 1,5–2 óra alatt bemérhettük a levegőből azonosított jelenségeket a gabonában (10. kép). A jelenségek abszolút pontosságát szubméteresként értékelhetjük,

hiszen a gabona által kirajzolt nyomokról, a bemért pont jelenséghez viszonyított helyzetéről és a valós régészeti jelenségek kapcsolatáról csak közvetett adatokkal rendelkezünk. A mérés amellelt, hogy a régészeti jelenségeket a növényzet segítségével, nagy pontossággal rögzítette, lehetőséget teremtett a korábbi feldolgozás ellenőrzésére is. Ahogy az várható volt, a parcella formájából és a domborzatból adódó torzulások miatt korábban pontatlanul, 1–10 m-es eltéréssel kerültek feldolgozásra a jelenségek. Az eltérések egyenetlenségéből adódóan a terepi kontroll nagy segítséget jelentett mind a lelőhely kiterjedése, mind pedig szerkezetének pontosítása szempontjából. A vizsgálat gyorsan elvégezhető, eredményességéhez viszont elegendő előzetes információval kell rendelkezni a lelőhelyről.

A nagy pontosságú mérések mellett ezen a lelőhelyen is sikerrel alkalmaztuk képszegmentálási kísérleteinket. Kiemelendő, hogy ezzel a módszerrel nem az azonosított jelenségek automatikus kiegészítésére törekszünk, hanem a képben rejlő, de nem szembe-tűnő részletek kiemelésével, és a számunkra lényegtelen elemek homogenizálásával segítjük a feldolgozást. Szerencsés esetben a szegmentálás lehetőséget teremt a maradványok automatikus digitalizálására is, amellyel a lelőhely, vagy egyes objektumok kiterjedése, részletei jeleníthetők meg vektoros formában, elősegítve a régészeti értelmezést.

A villagazdaságról készült képeken a szegmentálás során a nehezen azonosítható részleteket sikerült kiemelni, ami az értelmezést, a struktúrák elkülönítését segítette. Habár csupán a látható fény tartományába eső adatokkal dolgoztunk, eredményeink arra utalnak, hogy a nagy felbontású hiperspektrális képalkotás a jövőben fontos szerepet játszhat a légirégészeti kutatások során (11. kép).

A lelőhelyen UAV technikát is alkalmaztunk.<sup>24</sup> A geodéziai felmérésnek és a képszegmentálásnak köszönhetően kellő információ állt rendelkezésre a látható maradványokról, a modellrepülő és hexakopter segítségével viszont egy más perspektívája is feltárult a látottaknak. Egyrészt videofelvételt, másrészt nagy felbontású, merőlegeshez közelítő légifotó mozaikot készítettünk a maradványokról. A lelőhely felett lebegni képes hexakopter lehetőséget teremtett sztereo párok fényképezésére is, így a térbeli ellenőrzésre is mód nyílt. Az árpában jelent-

<sup>9</sup> CZAJLIK–BÖDŐCS–RUPNIK 2010, 88.

<sup>10</sup> SZABÓ 2011a, 147–153.

<sup>11</sup> GRÓF–GRÓH 2006, 9–12., SOPRONI 1978, 63–66., 71.

<sup>12</sup> GELENCSEY–LARSSON–MAJERIK 2008, 17–18.

<sup>13</sup> SZABÓ 2011b, 129–137.

<sup>14</sup> LÓKI–SZABÓ 2011, 101–106.

<sup>15</sup> SZABÓ 2012, 145.

<sup>16</sup> TÓTH 2009, 46.

<sup>17</sup> TÓTH 2009, 48.

<sup>18</sup> TÓTH 2009, 49.

<sup>19</sup> TÓTH 2009, 49.

<sup>20</sup> TÓTH 1987–88, 26.

<sup>21</sup> SZABÓ 2011a, 158–162.

<sup>22</sup> H. KELEMEN 2010.

<sup>23</sup> SOKKIA Set630RK típusú mérőállomással a lelőhelyről és szűkebb környezetéről 1-4 méter sűrűségű tereppont felvétel történt, mely a domborzatmodell alapját képezte.

<sup>24</sup> A technológiai és szakmai háttérrel Szalánczay Péter (www.deltahf.hu), Balogh András és Sandó Norbert (www.aeroart.hu) biztosította.

kező jelenségek dokumentációjával korábban nem azonosított részletek is napvilágra kerültek.

A lelőhelyről gyűjtött adatok ellenőrzésére, és állapotának, fázisainak vizsgálatára geofizikai vizsgálatot és szondázó ásatást tervezünk a jövőben.

### Más korszakba tartozó régészeti lelőhelyek

A 2011. évi felderítések során fényképezett lelőhelyek közül néhányat érdemes külön is megemlíteni.

Őskori földváraink közül informatív felvételek készülhettek a részleges hótakarónak köszönhetően a **Pécs, jakabhegyi** erődítéstről, valamint a gabonajelek segítségével **Solt, Tételhegy** földvárának árkaival. Előrelépést jelent **Sárbogárd, Bolondvár** kutatásában, hogy a már korábban azonosított külsővár védművével,<sup>25</sup> a kapu helyénél az árok megszakítása is látható volt (12. kép).

A temetkezési helyek felderítésében is előrelépés történt. A kitűnő időjárási körülményeknek köszönhetően vált láthatóvá **Nagyberki, Szalacska** őskori halomsírmezéjének számos sírja. A korábbi eredményekhez képest<sup>26</sup> újdonságnak számít, hogy a – pozitív anomáliaként jelentkező – árokkal határolt halmok közül többnél megfigyelhető volt a négyzetes foltként jelentkező sírkamra is. Egyes részeken a halmok között feltételezhetően hamvasztásos sírok foltjait is rögzíthettük (13. kép). **Szakcs, Bonyhádi-dűlő**ben, az érő gabona rajzolta ki halványan egy nagy sírszámú soros temető nyomait. Korábbi tapasztalataink alapján<sup>27</sup> a lelőhelyet fejlődő gabonában érdemes lesz újra fényképezni, hogy pontosabban lehatárolható legyen.

Repüléseink során néhány Árpád-kori templomot is sikerült fényképezni Tolna megyében. A korábban azonosított **Dalmand, Petőfi utca** és **Dalmand, Felsőleperd-puszta** templomai kevésbé jelző növények (pl. napraforgó) által rajzolódta ki. Gabonában jelentkezett **Gyulaj, Pölöske (Forrási-dűlő)** temploma, melynél a korábbi felvételeihez képest<sup>28</sup> a sekrestye és a szentélyzáródás is sejthető volt. **Szakcs, Varnyási-dűlő** lelőhely részleteit a sűrűfény emelte ki a gabonában. A korábbi képekkel<sup>29</sup> ellentétben inkább a körítőfal és a település maradványait lehetett megfigyelni. Újdonságnak számí-

tott **Tamási, Szentmártoni-dűlő**<sup>30</sup> templomának légi felvétele. A lelőhely terepi azonosítása már korábban megtörtént, a légi felvételek alapján az épület szélessége vált meghatározhatóvá, valamint a kerítőfal és az Árpád-kori település egy része is láthatóvá vált (14. kép).

### Általános tanulságok

A Pécsi Légirégészeti Téma 2011-ben aránylag kevés, mindössze 15 órát töltött légi felderítéssel. Ennek projekt-szervezési és pénzügyi okai voltak. A kitűzött célokat nagyrészt sikerült teljesíteni, ugyanakkor a kitűnő időjárási körülményeket érdemes lett volna jobban kihasználni.

A *ripa Pannonica* szisztematikus kutatása évről-évre újabb eredményeket hozott, s csak remélhetjük, hogy a Danube Limes program lezárásával nem szakad meg a továbbra is nagy reményekkel kecsegtető felderítés.

Fő feladatunk mellett az átrepülések során is fontos felvételek születtek, melyek közül számos kép már ismert helyszínekről árult el további adatokat.

Több esetben azonosíthattunk légirégészeti szempontból gyenge jelzőképességű növényzetben régészeti jelenségeket, amely egyrészt az időjárási viszonyokra, másrészt a terepi kutatással való együttműködésre vezethető vissza.

Máté Szabó

## Aerial archaeological research in Hungary in 2011 (Brief report on the work of Pécs University – Pécs Aerial Archaeological Archives)

**Keywords:** aerial archaeology; Counties Baranya, Fejér and Tolna; Roman Age, ripa Pannonica, limes road

The background to our aerial archaeological research in 2011 was the research project on the study of the *ripa Pannonica*;<sup>11</sup> at the same time, we also had the opportunity to photograph other locations during our flights and we also continued our project investigating the eastern defence system of Dacia.<sup>2</sup> This work was complemented by the partial review and recataloguing of our archives<sup>3</sup> and the advances made in the research of the Roman villa economies in the Pécs area.

We undertook some fifteen flight hours for aerial archaeological prospection. We used Cessna-150 and Cessna-172 planes during these flights, and thanks to our highly experienced pilots, we strove to utilise the time for making observations and recording them<sup>4</sup> as fully as possible.<sup>5</sup>

We planned fewer flights for 2011 in our research project and we could therefore exploit the excellent conditions for observations to a limited extent only. We took photos of forty-one sites (Fig. 1). We undertook the photogrammetric and GIS analysis of the sites that were part of our own project and, in some cases, of additional sites.<sup>6</sup> We used these feature-level site plans combined with GIS when checking the sites in the field.<sup>7</sup>

### Sites of the ripa Pannonica

In 2011, we studied the Roman border defence system south of Budapest.

*Ócsény, Alisca:* We were able to observe the Roman fort from the air for the first time. The photos made of the *retentura* complement the results of the earlier geophysical surveys (Fig. 2).<sup>8</sup>

*Baracs, Annamátia, vicus:* In contrast to earlier aerial archaeological prospecting,<sup>9</sup> we were only able to identify a single stone building alongside several probably timber-framed structures, sunken houses, pits, ditches and streets at this site (Fig. 3).<sup>10</sup>

*Fadd, LVS 9-10:* The remains of Roman watch-towers and of the *limes* road beside them were extremely clearly outlined in the wheat field (Fig. 4).

*Assumed watch-towers:* The exact relation between the site and the *limes* and the site's function could not be clarified either from the aerial photos or from the earlier geophysical survey (Fig. 5).

We noted a lozenge-shaped soil mark in the maize field near the Roman road station uncovered at Bátaszék.<sup>11</sup> While it conforms to the known Roman watch-tower types regarding its form and size,<sup>12</sup> no finds have yet been collected at this site (Fig. 6).

*Limes road:* Continuing the research on the *limes* road begun several years ago,<sup>13</sup> we identified sections of this Roman road north of Ercsi, south of Adony and in the Rácalmás area in 2011.

### Roman sites in Transdanubia

It seems instructive to highlight two of the sites identified during our flights.

*Alsóhetény, Süllyedtvár:* Major advances were made in the research of the late Roman inland fort following the aerial archaeological prospecting in 2010<sup>14</sup> owing to the excellent weather conditions and the

<sup>25</sup> VISY 2003, 110. Otto Braasch felvétele

<sup>26</sup> CZALIK 2008, 98.

<sup>27</sup> SZABÓ 2012, 146–147.

<sup>28</sup> K. NÉMETH–SZABÓ 2010, 361–362.

<sup>29</sup> K. NÉMETH–SZABÓ 2007, 327–328.

<sup>30</sup> K. NÉMETH 2011, 161.

<sup>1</sup> The footnote texts can be found in the Hungarian study

cereals covering the greater part of the site (*Fig. 7*). In contrast to the site's published plan,<sup>15</sup> the fort had straight sides. The traces of the walls could almost automatically be identified using the image segmentation procedure and we were also able to identify the ditch in front of them.

Part of a round tower that was larger than the side towers can be assumed on the bank of a watercourse along the northern side of the fort. We identified a smaller apsidal building with several rooms measuring *ca.* 35 m×30 m as well as remains indicating a possible bath-house to its south along the stream bank.

The outer curve of an earlier fan-shaped tower was noted in the north-western corner tower.

Another economic building was identified near Storehouse VII in the fort's north-eastern corner<sup>16</sup> alongside a rectangular building without interior divisions in its north-western part and a building with several rooms to its south. Additional traces of Building XI became visible beside the fort's western wall,<sup>17</sup> and the outlines of a large building with an inner courtyard measuring *ca.* 60 m×40 m were identified in the south-western corner or became visible after image segmentation. A part of this building has already been excavated (*Fig. 8*).<sup>18</sup>

The remains lying west of the fort<sup>19</sup> can be interpreted as a villa. In view of its location and its proximity to the fort, its best parallel is Tokod,<sup>20</sup> where an excavation has been conducted (*Fig. 9*).<sup>21</sup>

*Cserdi, Horgas-dűlő*: In 2011, we had the opportunity to check the mapping accuracy of the aerial photos made since 2008, for which we used a GPS with geodesic accuracy with which we could record the features in the wheat field identified from the air during one and a half to two hours (*Fig. 10*). The features that were earlier processed inaccurately with 1–10 metres large differences could now be mapped with an accuracy of within a half metre,

In this case too, we were able to draw from our experiences with image segmentation and were thus able to identify smaller details that aided the interpretation of features that almost eluded identification (*Fig. 11*). We made a video of the remains using UAV<sup>22</sup> as well as a high-resolution aerial photo mosaic.

#### *Archaeological sites of other periods*

In 2011, we made a series of informative photos of the hillforts and earthen forts at Pécs, Jakabhegy and Solt, Tételhegy. In the case of Sárbogárd, Bolondvár, the gap in the ditch marked the location of the entrance through the defences of the hillfort's "bailey" (*Fig. 12*).<sup>23</sup>

In the case of the prehistoric tumulus cemetery of Nagyberki, Szalacska, one major finding compared to previous research<sup>24</sup> was the identification of the burial chambers in addition to the ditches enclosing the mounds and, in some cases, the documentation of the soil marks of cremation burials (*Fig. 13*).

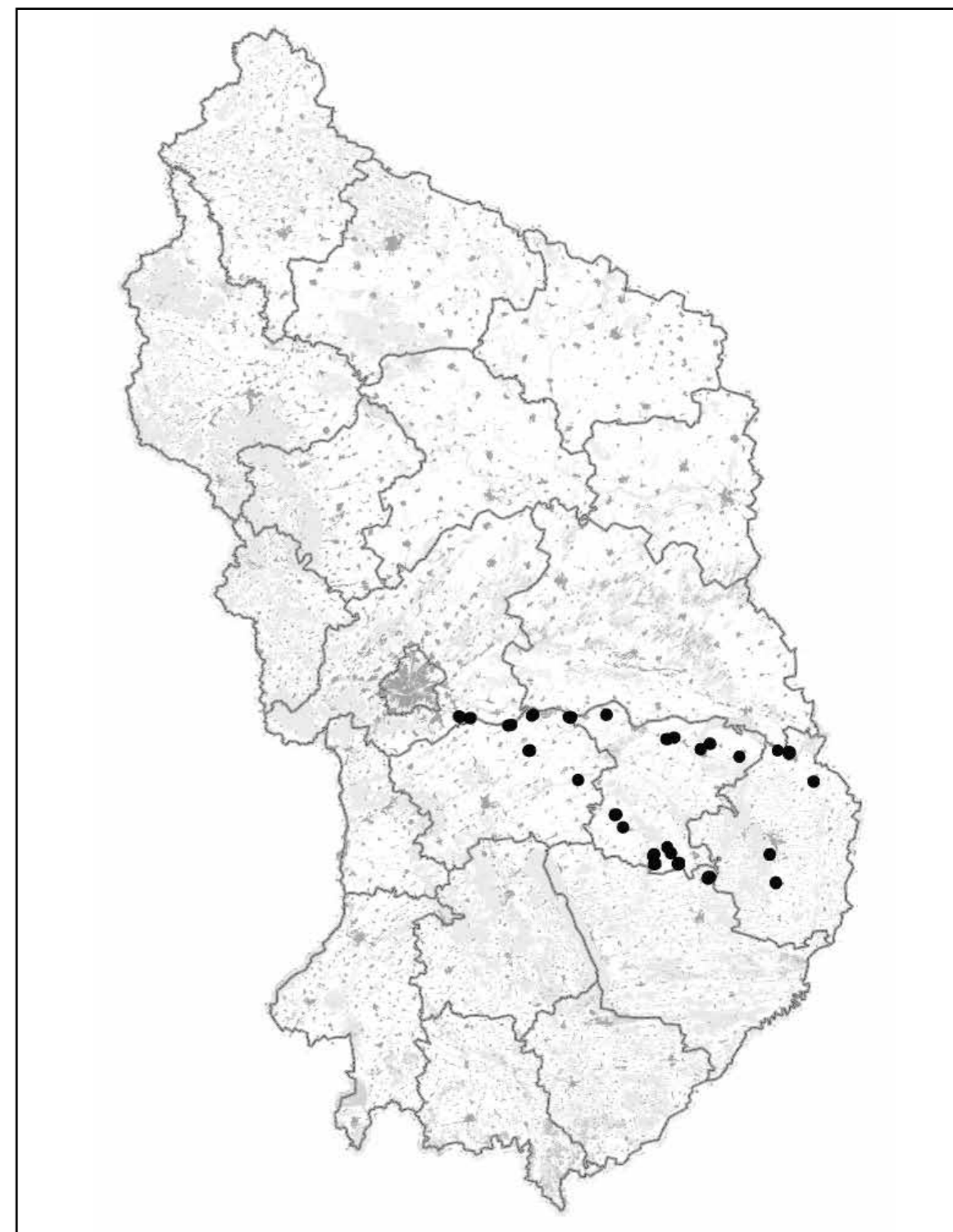
We photographed a large row-grave cemetery at Szakcs, Bonyhádi-dűlő.

From a methodological perspective, it was interesting that the medieval churches at Dalmand, Petőfi Street and Dalmand, Felsőleperd-pusztá were outlined in less informative vegetation covers such as sunflowers. The crop mark of the church at Gyulaj, Pölöske (Forrási-dűlő) could be noted in a wheat field, and the sacristy and the ending of the sanctuary could also be made out. Smaller details of the site at Szakcs, Varnyasi-dűlő were highlighted by the low raking light in the wheat field. In contrast to earlier photos,<sup>25</sup> we could now observe the enclosing wall and the remains of the settlement. The aerial photo of the medieval church at Tamási, Szentmártoni-dűlő<sup>26</sup> was another novelty (*Fig. 14*).

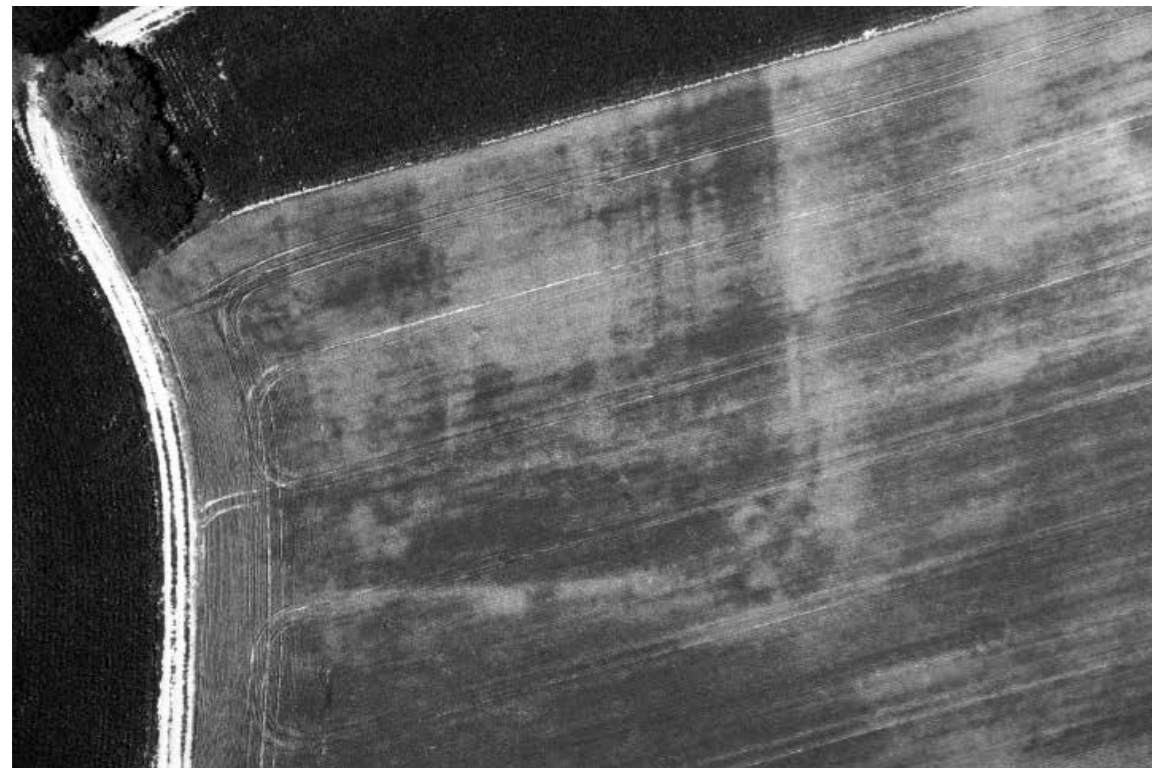
## Irodalom • References

- CZAJLIK 2008 CZAJLIK, Z.: Aerial archaeology in the research of burial tumuli in Hungary. *Communicationes Archaeologicae Hungariae* 2008, 95–107.
- CZAJLIK–BÖDŐCS–RUPNIK 2010 CZAJLIK Z.–BÖDŐCS A.–RUPNIK L.: Légi fényképezéses régészeti kutatások Magyarországon 2009-ben (Aerial photographic archeological investigations in Hungary in 2009). In: Kisfaludi Júlia (szerk.) *Régészeti kutatások Magyarországon 2009. Archaeological Investigations in Hungary 2009*. Budapest 2010, 81–111.
- GELENCSÉR–LARSSON–MAJERIK 2008 GELENCSÉR Á.–LARSSON, N.–MAJERIK V.: Bátaszék–Kanizsai-dűlő/Lajvér. In: Kvassay J. (szerk.) *Évkönyv és jelentés a K.Ö.SZ. 2008. évi feltárásairól. Field Service for Cultural Heritage 2008 Yearbook and Review of Archaeological Investigations*. Budapest 2010, 17–18.
- GRÓF–GRÓH 2006 GRÓF P.–GRÓH D.: Visegrád római emlékei. *Altum Castrum VI., Visegrád* 2006, 9–12.
- H. KELEMEN 2010 H. KELEMEN M.: Adatok egy új római objektumról Tokodon. In: Tari E.–Tóth E. (szerk.) *Laudator Temporis Acti. Tanulmányok Horváth István 70 éves születésnapjára. Esztergom–Budapest 2010(2012)*, 69–93.
- K. NÉMETH 2011 K. NÉMETH A.: A középkori Tolna megye templomai. Pécs, 2011.
- K. NÉMETH–SZABÓ 2007 K. NÉMETH A.–SZABÓ M.: Újabb középkori templomok légi régészeti felfedezése a középkori Tolna megyében. *Műemlékvédelem* 2007/5, 323–330.
- K. NÉMETH–SZABÓ 2010 K. NÉMETH A.–SZABÓ M.: A légifotózás újabb eredményei a Tolna megyei középkori templomkutatásban (Luftbildarchäologische Forschung von neueren Kirchen in dem mittelalterlichen Komitat Tolna). *A Wosinszky Mór Múzeum Évkönyve* 32 (2010) 357–370.
- LÓKI 2011 LÓKI R.: Geofizikai mérések a Ripa Pannonica lelőhelyein (Geophysical surveys of the sites of the Ripa Pannonica). In: Visy Zs.–Szabó M.–Priskin A.–Lóki R. (szerk.) *A Danube Limes program régészeti kutatásai 2008–2011 között (The Danube Limes project archaeological research between 2008–2011)*, Pécs 2011, 113–121.
- LÓKI–SZABÓ 2011 LÓKI R.–SZABÓ M.: A limes-út (The limes road). In: Visy Zs.–Szabó M.–Priskin A.–Lóki R. (szerk.) *A Danube Limes program régészeti kutatásai 2008–2011 között (The Danube Limes project archaeological research between 2008–2011)* Pécs 2011, 101–106.
- SOPRONI 1978 SOPRONI, S.: *Der spätrömische Limes zwischen Esztergom und Szentendre*. Budapest, 1978.

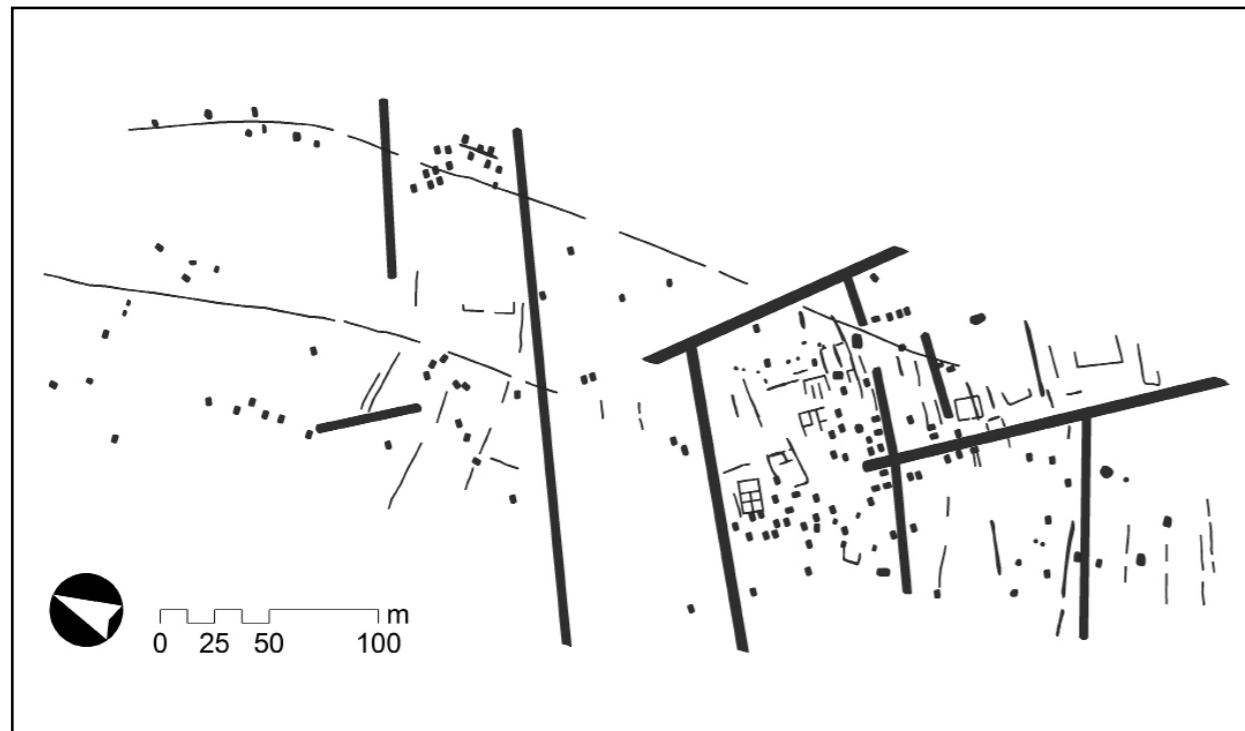
- SZABÓ 2011a SZABÓ M.: Régészeti kutatások a Ripa Pannonica polgári településein (Archaeological research on the civilian settlements of the Ripa Pannonica). In: Visy Zs.–Szabó M.–Priskin A.–Lóki R. (szerk.) A Danube Limes program régészeti kutatásai 2008–2011 között (The Danube Limes project archaeological research between 2008–2011) Pécs 2011, 147–162.
- SZABÓ 2011b SZABÓ M.: Eredmények a Ripa Pannonica őrtornyainak kutatásában (Results of the research on the watch towers of the Ripa Pannonica). In: Visy Zs.–Szabó M.–Priskin A.–Lóki R. (szerk.) A Danube Limes program régészeti kutatásai 2008–2011 között (The Danube Limes project archaeological research between 2008–2011) Pécs 2011, 129–138.
- SZABÓ 2012 SZABÓ M.: Légirégészeti kutatások Magyarországon 2010-ben (Aerial archeological investigations in Hungary in 2010). In: Kisfaludi Júlia (szerk.) Régészeti kutatások Magyarországon 2010. Archaeological Investigations in Hungary 2010. Budapest 2012, 143–158.
- TÓTH 1987–88 TÓTH E.: Az alsóhetényi 4. századi erőd és temető kutatása, 1981–1986. Eredmények és vitás kérdések. Archaeológiai Értesítő 114 (1987–88) 22–61.
- TÓTH 2009 TÓTH E.: Studia Valeriana. Az alsóhetényi és ságvári késő római erődök kutatásának eredményei. Dombóvár, 2009.
- VISY 2003 VISY Zs.: A pécsi légirégészeti műhely. Kutatások a ripa Pannonica mentén. In: Visy Zs. (szerk.) Régészeti műemlékek kutatása és gondozása a 3. évezred küszöbén. Pécs 2003, 107–122.



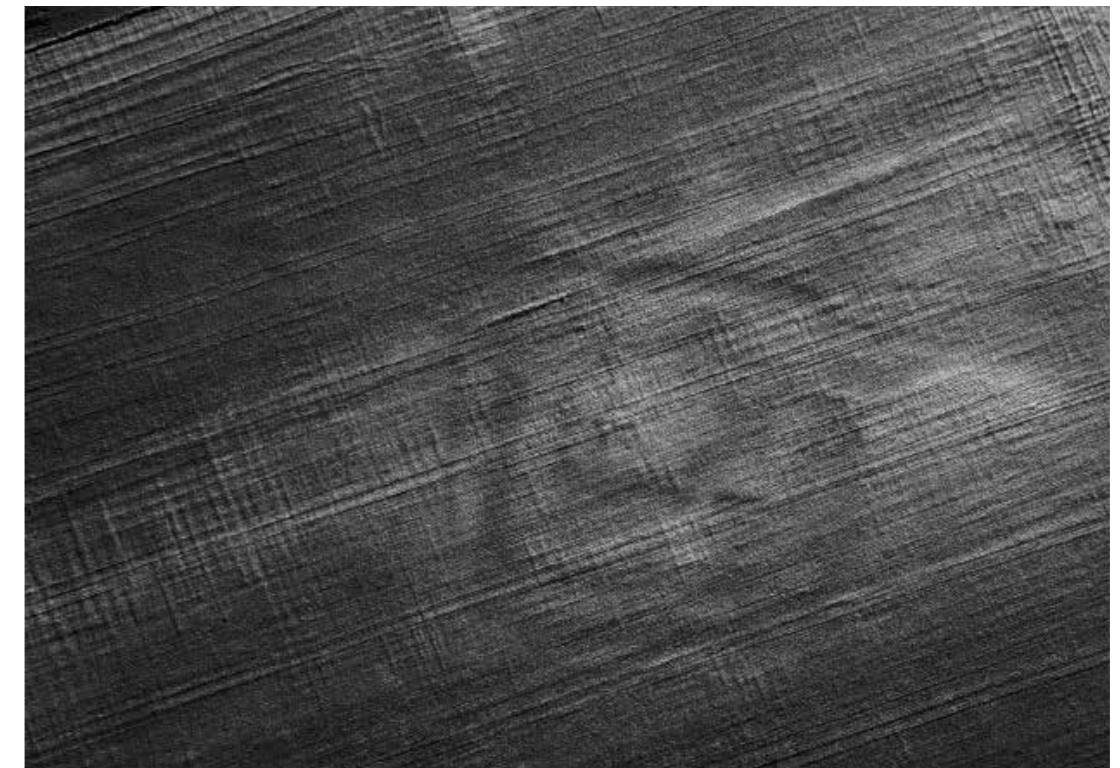
1. kép: A Pécsi Légirégészeti Téma 2011. évben fényképezett helyszíneinek áttekintő térképe  
Fig. 1: Map of the locations photographed in 2011 for the Pécs Aerial Archaeological Archives



2. kép: Alisca (Ócsény) római tábor retentura frontjának részlete (PLT 39603)  
 Fig. 2: Detail of the *retentura* of the Roman fort at Alisca (Ócsény) (PLT 39603)



3. kép: Annamatia (Baracs), római vicus. A szisztematikus légi felderítés során azonosított régészeti jelenségek légifotó-térképe  
 Fig. 3: Annamatia (Baracs), Roman *vicus*. Aerial photo plan of the archaeological features identified during the systematic aerial archaeological prospection



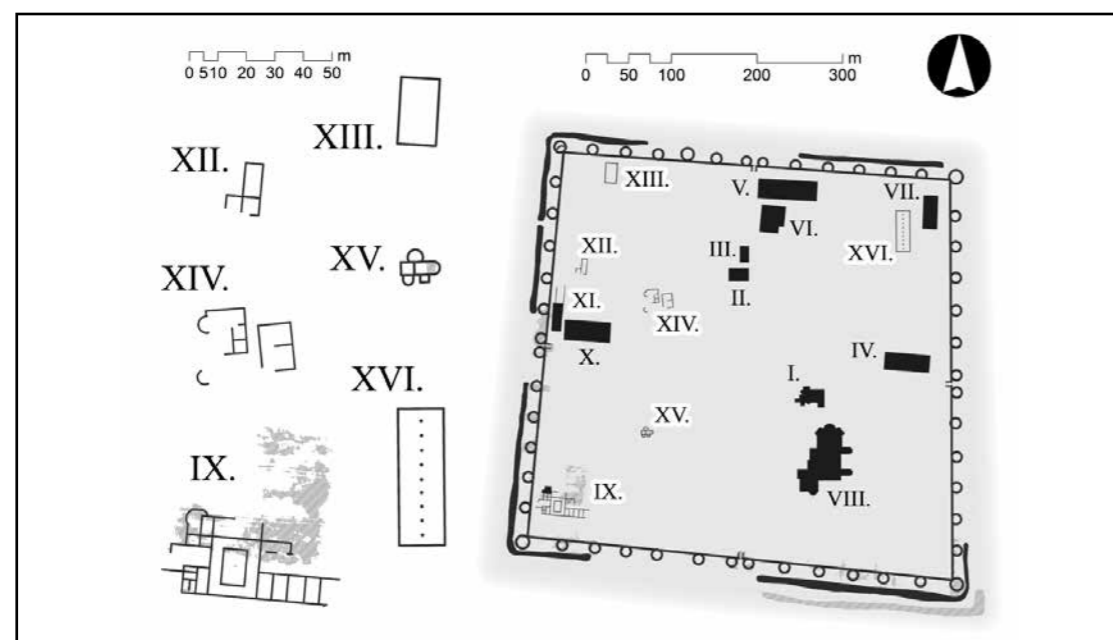
4. kép: LVS 10 őrtorony és a limes-út árkainak nyoma a levegőből (PLT 39010)  
 Fig. 4: Traces of Watch-tower LVS 10 and the ditches of the *limes* road from the air (PLT 39010)



5. kép: A Bár feletti római lelőhelyen azonosított négyszögletes falnyom (PLT 39496, részlet)  
 Fig. 5: The rectangular wall remains of the Roman site above Bár (PLT 39496, részlet)

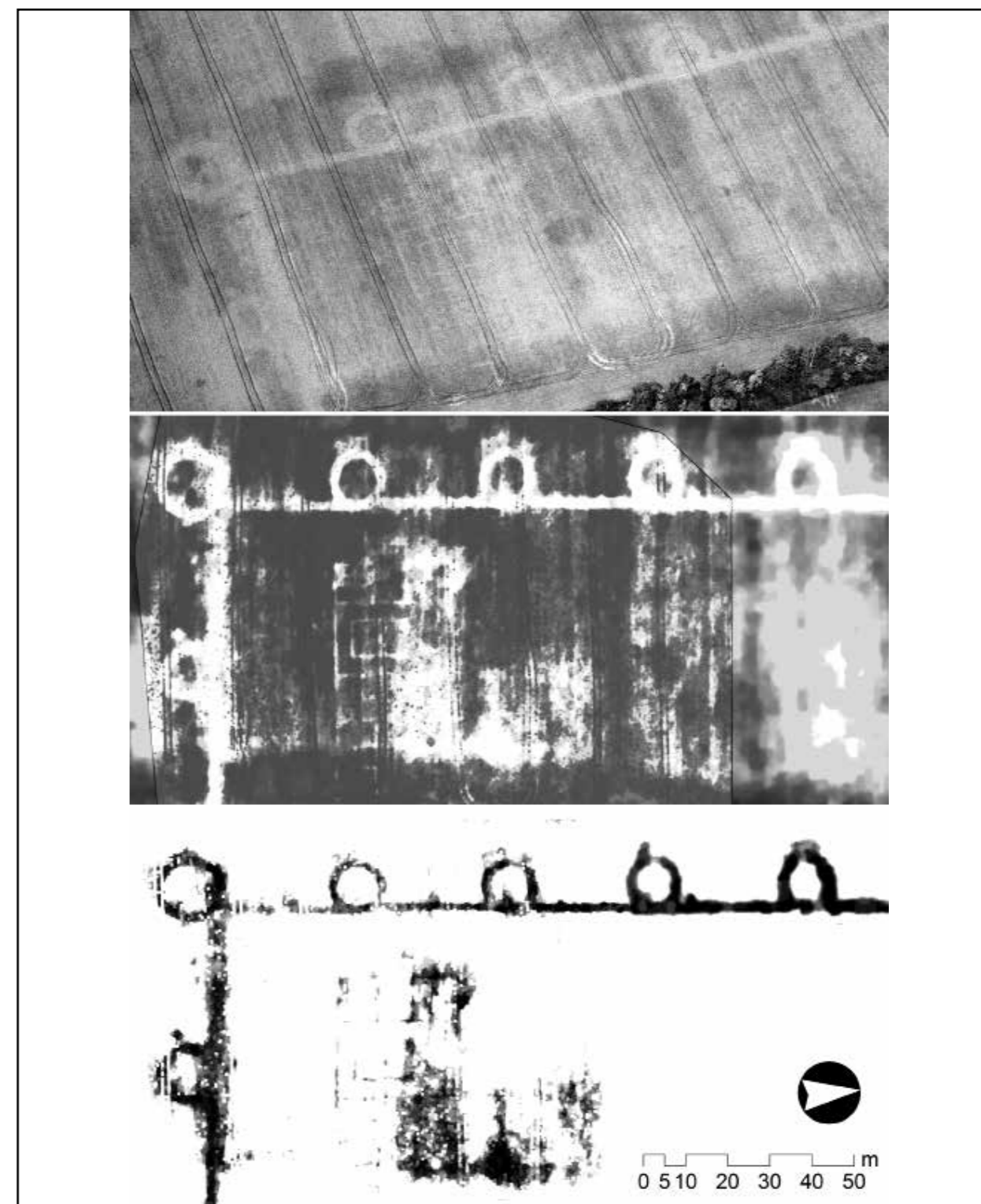


6. kép: Őrtoronyra utaló rombikus elszíneződés Bátaszék közelében (PLT 39487, részlet)  
 Fig. 6: Lozenge-shaped soil mark suggesting a watch-tower near Bátaszék (PLT 39487, detail)



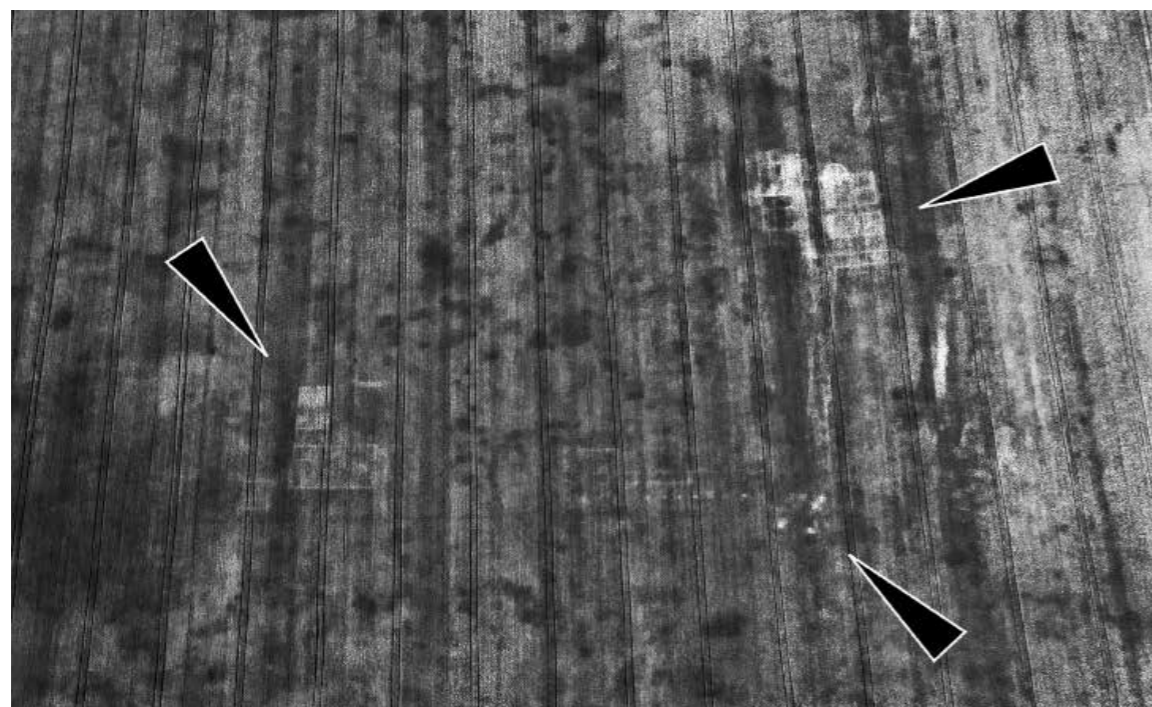
7. kép: Alsóhetény, Sülyedtvár összesítő rajza a kutatásokból ismert, és a légi felvételeken azonosított, vagy kiegészített (fehér keretes számok) épületek jelölésével. Az erődöt övező árkok egy része szintén a légirégészeti felderítés során vált ismertté.

Fig. 7: Plan of Alsóhetény, Sülyedtvár showing the buildings known from previous research, identified on aerial archaeological photos or complemented with new details. A part of the ditches enclosing the fort were also identified during aerial archaeological prospecting



8. kép: Az alsóhetényi késő római erőd DNy-i sarka légi felvételen (PLT 39363, részlet), a terület képszegmentálással tisztított, georeferált, mozaikolt részlete, valamint az ebből generált, régészeti objektumokra és törmelékes nyomokra utaló vektoros ábrája.

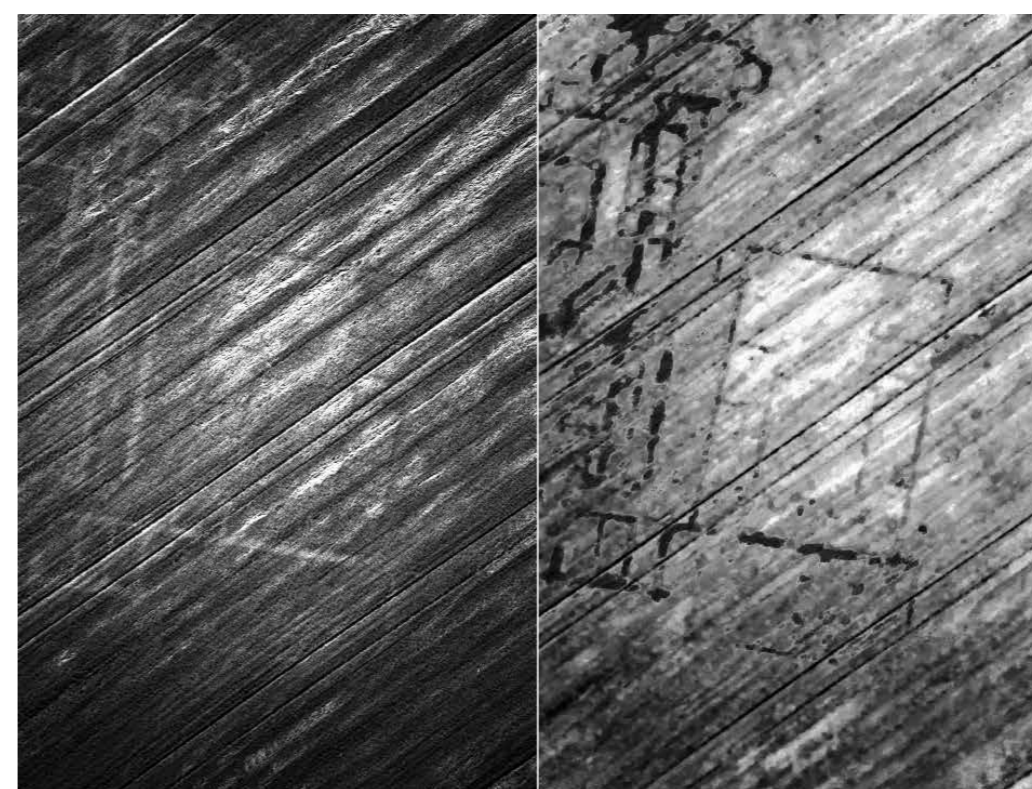
Fig. 8: South-western corner of the late Roman fort at Alsóhetény on an aerial photo (PLT 39363, detail), its image following segmentation, georeferencing and the preparation of a photo mosaic, and the vector image showing the archaeological features and debris traces generated from it



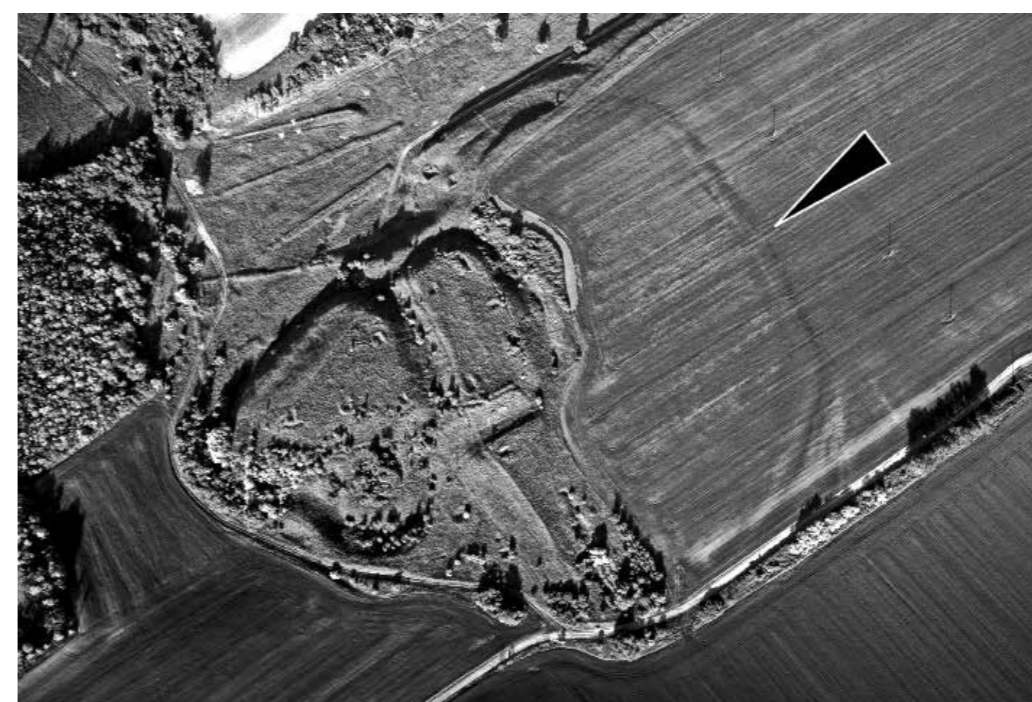
9. kép: Az alsóhetényi erőd közelében fekvő villagazdaság légi felvételen látható nyomai (PLT 39350)  
 Fig. 9: Remains of the villa lying near the Alsóhetény fort on an aerial photo (PLT 39350)



10. kép: Légitérészeti módszerrel azonosított falnyomok geodéziai pontosságú bemérése a jelenségeket mutató növényben  
 Fig. 10: Identification of wall remains detected by aerial archaeological prospection with geodesic accuracy in the vegetation with the cropmarks



11. kép: Eredeti légi felvételen, valamint a képszegmentálás után azonosítható jelenségek a cserdi lelőhelyen (PLT 31581)  
 Fig. 11: Features on the original aerial photo and on an image after segmentation of the Cserdi site (PLT 31581)



12. kép: Sárbogárd, Bolondvár külső, kettős árkának nyoma, jelölve a kapura utaló megszakadással (PLT 39150)  
 Fig. 12: Traces of the outer double ditch at Sárbogárd, Bolondvár külső, and the gap indication the entrance (PLT 39150)





13. kép: Nagyberki, Szalacska néhány halomsírja. A kör alakú árokkal határolt temetkezéseken belüli elszíneződések sírkamrára, míg a halmok közti foltok hamvasztásos temetkezésekre utalnak (PLT 39309, részlet)

Fig. 13: Tumulus burials at Nagyberki, Szalacska. The burial is surrounded by a round ditch. The discolouration within the round ditch indicates a grave pit, while the patches between the mounds indicate cremations. (PLT 39309, detail)



14. kép: A Tamási közelében fotózott Árpád-kori templom Ny- felén kívül a levegőből látható volt a körítőfal, valamint a falu egy része is (PLT 39551)

Fig. 14: Apart from the western part of an Árpadian Age church, its surrounding wall and part of its village is also visible in the aerial photograph close to Tamási. (PLT 39551)