



národní
úložiště
šedé
literatury

Metodika zpracování a evidence dat leteckého průzkumu v archeologii

Gojda, Martin
2022

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-510673>

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

Datum stažení: 16.08.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní [nusl.cz](http://www.nusl.cz) .

MARTIN GOJDA – DAVID NOVÁK – MARTIN KUNA – PAVEL VAVŘÍN – JARMILA BÍŠKOVÁ

METODIKA ZPRACOVÁNÍ A EVIDENCE DAT LETECKÉHO PRŮZKUMU V ARCHEOLOGII



MARTIN GOJDA – DAVID NOVÁK – MARTIN KUNA – PAVEL VAVŘÍN – JARMILA BÍŠKOVÁ

METODIKA ZPRACOVÁNÍ A EVIDENCE DAT LETECKÉHO PRŮZKUMU V ARCHEOLOGII

PRAHA 2022



MINISTERSTVO
KULTURY



ARCHEOLOGICKÝ ÚSTAV
AV ČR PRAHA



Ústav archeologické památkové péče Brno
veřejná výzkumná instituce



Archeologický ústav
AV ČR, Brno



NÁRODNÍ
PAMÁTKOVÝ
ÚSTAV

Oponenti Doc. PhDr. Ladislav Šmejda, PhD. a PhDr. Jan John, PhD.

Ministerstvo kultury, Odbor výzkumu a vývoje vydalo osvědčení metodiky č. 257 vedené pod č j.: MK 55771/2022 OVV a Sp. Zn.: MK-S 8938/2022 OVV.

© Martin Gojda – David Novák – Martin Kuna – Pavel Vavříň – Jarmila Bíšková, 2022

© Archeologický ústav AV ČR, Praha, v. v. i., 2022

ISBN 978-80-7581-043-4

OBSAH

1	ÚVOD	7
1.1	Okolnosti vzniku metodiky	8
1.2	Cílové skupiny uživatelů	9
2	SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY V EVROPĚ A V ČESKU	11
2.1	Archivy leteckých fotografií v Evropě	11
2.2	Sbírký leteckých fotografií na archeologických pracovištích v České republice	14
2.2.1	<i>Archeologický ústav AV ČR v Praze</i>	15
2.2.2	<i>Další instituce na území Čech</i>	17
2.2.3	<i>Ústav archeologické památkové péče v Brně</i>	17
2.2.4	<i>Další instituce na území Moravy a Slezska</i>	18
3	POŘÍZOVÁNÍ LETECKÝCH FOTOGRAFIÍ V ARCHEOLOGII	21
3.1	Aktivní způsoby sběru archeologických dat z výšky	23
3.1.1	<i>Pořizování leteckých snímků fotoaparátem drženým v ruce</i>	24
3.1.2	<i>Pořizování fotografií z dálkově řízených letounů (dronů)</i>	30
3.2	Pasivní způsoby sběru dat DAP	33
4	SPRÁVA FOTOLETECKÝCH DAT	35
4.1	Základní kroky a zásady správy leteckých dat	35
4.1.1	<i>Kompletace dat a jejich zajištění</i>	35
4.1.2	<i>Selekce snímků</i>	36
4.1.3	<i>Označování snímků</i>	37
4.1.4	<i>Uložení snímků v pracovním úložišti</i>	37
4.1.5	<i>Metadatový popis snímků</i>	38
4.2	Letecká fotografie jako digitální data	40
4.2.1	<i>Bezpečné uložení digitálních dat</i>	41
4.2.2	<i>Média pro ukládání digitálních dat</i>	42
4.2.3	<i>Preferované formáty digitálních snímků</i>	43
4.2.4	<i>Digitalizace snímků pořizovaných na analogová média</i>	45
4.2.5	<i>Grafické úpravy leteckých fotografií</i>	49
5	ZPRACOVÁNÍ FOTOLETECKÝCH DAT PRO ODBORNÉ ÚČELY	51
5.1	Morfologická klasifikace a archeologická interpretace obsahu snímků	51
5.1.1	<i>Bodyvé a plošné objekty</i>	54

5.1.2	<i>Liniové objekty</i>	56
5.2	Prostorové vymezení a popis snímkaných objektů	59
5.3	Možnosti automatizace procesu zpracování leteckých snímků	66
5.4	Další využití fotoleteckých dat ve výzkumu a památkové péči	68
6	TRVALÉ ULOŽENÍ A ZPŘÍSTUPNĚNÍ FOTOLETECKÝCH DAT	71
6.1	Zásady FAIR správy dat	71
6.2	Trvalé uložení fotoleteckých dat	72
6.2.1	<i>Trvalé uložení analogové dokumentace</i>	72
6.2.2	<i>Trvalé uložení digitálních dat</i>	72
6.3	Letecké snímky, jejich evidence a zpřístupnění v praxi AMČR	74
6.3.1	<i>Charakteristiky popisného systému AMČR</i>	75
6.3.2	<i>Definice základních kategorií dat v AMČR</i>	76
6.3.3	<i>Postup dokumentace leteckého průzkumu v AMČR</i>	79
6.3.4	<i>Zápis dat leteckého snímkování do AMČR</i>	82
6.3.5	<i>Letecké fotografie v Digitálním archivu AMČR</i>	83
6.3.6	<i>Rozhraní pro vytěžování dat z AMČR</i>	83
6.4	Využití leteckých snímků a odvozených archeologických dat v integrovaném informačním systému památkové péče	84
7	ZÁVĚR	87
	LITERATURA	89
	PŘÍLOHA 1 – Metodika popisu leteckých fotografií v projektu Archeologie z nebe	93
	Základní kroky zpracování	93
	Tvorba metadat v databázi	95
	PŘÍLOHA 2 – Metodika vektorizace archeologických objektů na základě šikmých leteckých snímků v projektu Archeologie z nebe	101

1 ÚVOD

V oborech spjatých s mapováním stop minulých sídelních aktivit prostřednictvím metod *dálkového průzkumu Země* (DPZ), tedy postupů, které získávají informace o povrchových vrstvách Země z výšky bez přímého fyzického kontaktu s terénem a samotnými památkami, měla česká archeologie dlouhá desetiletí výrazný odstup od oborově vyspělých zemí. Za poslední tři desetiletí se situace významně změnila.

Dosavadní výsledky badatelských projektů, které se profilyovaly převážně svým zaměřením na analýzu a interpretaci šikmých leteckých fotografií, dokládají jejich prvořadý význam v oblasti výzkumu pravěkých a raně historických sídelních zón a jejich environmentálních charakteristik, při studiu intenzity a hustoty osídlení a jeho formálních aspektů (sídelních projevů). Smysluplné využívání informací zaznamenaných na šikmých leteckých snímcích je podmíněno procesem archivace, který zahrnuje analýzu, klasifikaci, transformaci (ortorektifikaci), interpretaci a publikaci dat ve formě podrobných map a plánů lokalit s objekty archeologického zájmu. Teprve touto cestou se z primárních dat stávají prameny, srovnatelné svými parametry s plánovou dokumentací ostatních typů terénního archeologického výzkumu.

Předložená metodika je jedním z výstupů projektu aplikovaného výzkumu a vývoje národní a kulturní identity ***Archeologie z nebe. Analýza a prezentace fondů dálkového průzkumu na Moravě a ve Slezsku*** (2018–2022; NAKI II, Ministerstvo kultury ČR, reg. č. DG18P020-VV058). Myšlenka její přípravy se rodila v souvislosti s okolnostmi spjatými s dynamickým

rozvojem naší archeologie, vstupující na přelomu druhého a třetího tisíciletí do éry digitálních technologií se všemi důsledky, které s touto skutečností souvisejí. V České republice byl proces systematizace archeologické informační základny spojený s využitím digitálních technologií zahájen již v devadesátých letech minulého století, a to péčí *Archeologického ústavu AV ČR v Praze* (ARÚ) a *Národního památkového ústavu* (NPÚ), o desetiletí později se připojil i *Archeologický ústav AV ČR v Brně* (ARÚB). Postupnými kroky (vytvořením digitálních informačních zdrojů, digitalizací analogových archivů a posléze i tvorbou agendového oborového systému) byla vybudována celostátní výzkumná infrastruktura, která byla pod názvem *Archeologický informační systém České republiky* (AIS CR)¹ zapsána do *Cestovní mapy velkých výzkumných infrastruktur ČR*.

Základem AIS CR je *Archeologická mapa České republiky* (AMČR) – interaktivní systém správy informací o archeologickém dědictví naší země zahrnující nástroj pro management terénních výzkumů (sdílení informací o jejich přípravě a průběhu), korpus informací o jejich výsledcích (archeologickou mapu v užším slova smyslu) a repozitář digitálních a digitalizovaných dokumentů (*Digitální archiv AMČR*).² Nově vytvořené prostředí se stalo důležitým nástrojem správy oborových dat. Umožňuje jejich sdílení jak

1 <https://www.aiscr.cz/>

2 <https://digiarchiv.aiscr.cz/>; více o AMČR a problematice digitálních archeologických dat v ČR viz Kuna et al. 2015; Kuna – Tryml eds. 2018; Novák – Kuna – Lečbychová 2021.

uvnitř archeologie, tak díky propojenosti oborových infrastruktur také mezioborově. Pozitivní je přitom skutečnost, že tato data může z velké části sdílet a využívat též širší veřejnost.

Nepominutelnou součástí platformy AMČR jsou nyní archivy leteckých fotografií. Související proces zpracování a archivace archeologických leteckých snímků je ve strukturované podobě prezentován v této příručce. Ta ve své první části prezentuje stav archivů archeologických leteckých snímků a jejich zpracování u nás i v Evropě a následně popisuje proces pořizování různých typů dat. Dále se zabývá problematikou leteckých fotografií jako digitálních dat, jejich zpracováním a uchováváním. V poslední části se pak věnuje problematice dlouhodobé archivace snímků a souvisejících informací z hlediska existujících digitálních infrastruktur v ČR, a to jak v teoretické rovině (systematika popisu a terminologie), tak v praxi. Poslední část metodiky tvoří přílohy, které mohou sloužit jako příklady aplikace konkrétních metodických postupů v rámci projektu *Archeologie z nebe*.

Vzhledem k tomu, že poslední metodická příručka týkající se explicitně archivování leteckých fotografií a dat dálkového průzkumu se zaměřením na jejich využití v archeologii byla publikována před více než dvaceti lety,³ tedy v době, kdy se její obsah týkal převážně analogových fotografií, neměli autoři předkládané metodické příručky možnost využít jakoukoli (zahraniční či tuzemskou) předlohu a navázat na ni. Navíc tato příručka nemá předchůdce i z toho důvodu, že je téměř výlučně zaměřena na zpracování a evidenci šikmých leteckých snímků pořizovaných aktivním způsobem sběru fotoleteckých dat (podrobně k tomu viz kap. 3).

NOTA BENE: *přístup ke všem internetovým zdrojům citovaným v této příručce byl ověřen 23. 5. 2022.*

1.1 Okolnosti vzniku metodiky

Obraz zemského povrchu zachycený prostřednictvím fotografie je specifickým zdrojem informací o pravěké a historické minulosti krajiny, resp. o archeologickém potenciálu konkrétně zkoumaného prostoru (lokality, regionu apod.). Popsat způsoby jeho pořizování, především ale cesty k jeho zpracování a správě (ukládání, sdílení aj.) v digitálním prostředí moderních výzkumných infrastruktur je základním cílem této metodické příručky. Její autoři se v ní zaměřili na aktivně získávané letecké snímky, jejichž pořizování je plně v režii samotných archeologů. Jsou jimi:

- (1) šikmé letecké fotografie pořizované fotoaparátem drženým v ruce během „terénního“ průzkumu prováděného pozorováním krajiny z letadla;
- (2) kolmé a šikmé snímky exponované kamerou připevněnou k dronu.

Pořízení šikmých leteckých fotografií je v naprosté většině případů učiněno poté, kdy je odborníkem detekována na povrchu země situace, již pozorovatel vyhodnotí jako plochu s objekty archeologického původu/zájmu. Údaje o jiných kategoriích obrazové informace pořizované z výšky (letecké měřické snímky, družicová či letecká lidarová data) se proto v této příručce vyskytují pouze doplňkově, hlavně v případě, kdy jsou v kontextuálním vztahu k některým dílčím tématům týkajících se šikmých leteckých snímků a fotografií pořizovaných z dronů.

Letecké snímky byly v uplynulých třech desetiletích (a jsou i dnes) pořizovány více než desítkou výzkumných, muzejních, vzdělávacích a památkových institucí. Základní zpracování, archivace, digitalizace a metadatový popis leteckých snímků na jednotlivých pracovištích dosud postupovaly s různou intenzitou, v každém případě ale nekoordinovaně. S ohledem na systémové změny, k nimž u nás v oblasti nakládání s archeologickými prameny a vytváření oborové

3 Bewley et al. 1999.

informační základny dochází, je třeba tuto dosa-
vadní praxi změnit. Hlavním úkolem této změny
je standardizace struktury dat a sjednocení
používané terminologie (srov. kap. 6.3).

S ohledem na skutečnost, že nejsystema-
tičtěji dlouhodobě shromažďovaná národní
kolekce leteckých fotografií (*Archiv leteckých
snímků ARÚ*, dále ALS) byla vytvořena v instituci,
na jejíž půdě vznikl centrální oborový informační
systém AIS CR, je přirozené, že právě ALS
byl do tohoto systému integrován jako první.
Zpracování leteckých fotografií ALS do podoby
databáze bylo zahájeno v rámci projektu
***Od nálezu ke struktuře. Informační systém
dálkového průzkumu a potenciál letecké
fotografie pro tvorbu archeologických
map*** (2013–2015; GA ČR). Jeho cílem byla
digitalizace 6 500 negativů této sbírky a vytvo-
ření metodiky efektivního zpracování a ukládání
šikmých leteckých fotografií. Stanovený postup
umožnil vytěžení informačního potenciálu snímků
a zároveň vedl k jejich integraci do Digitálního
archivu AMČR. Vycházelo se z předpokladu,
že postupné zpracovávání fotoleteckých kolekcí
z fondů dalších institucí bude prováděno stej-
ným způsobem, s cílem začlenit je do AMČR
jakožto základní oborové databáze.

S vědomím toho, že pouze takovýto postup
umožní další analytickou práci s hrubými daty,
jimiž nezpracované letecké fotografie jsou, pokračo-
valo ve druhé polovině minulého desetiletí plně-
ní databáze v omezené míře také v rámci projektu
*Archeologický informační systém ČR – druhá
generace* (2017–2022; OP VVV, MŠMT), a v pro-
gramu *Paměť v digitálním věku* (2017; Strategie
AV21, AV ČR). V současném projektu *Archeologie
z nebe* je primární pozornost věnována digitalizaci,
analýze a interpretaci leteckých snímků umístě-
ných v archivech moravských a slezských institucí
a jejich následné ukládání do databáze leteckých
fotografií Digitálního archivu AMČR. Vedle toho
probíhá na půdě ARÚ tvorba vektorových plánů
letecky objevených archeologických lokalit, a to
v prostředí geografických informačních systémů.

1.2 Cílové skupiny uživatelů

Cílovými skupinami, jimž je tato metodická
příručka určena, jsou v první řadě výzkumná
a další odborná archeologická pracoviště, která
uchovávají letecké fotografie v jakékoli formě
(digitální snímky, negativy a/nebo jejich papíro-
vé zvětšeniny, diapozitivy), případně instituce,
které leteckoarcheologický průzkum praktikují,
nebo tak hodlají činit. Vzhledem k tomu, že
obsahem leteckých snímků uložených v Digi-
tálním archivu AMČR jsou vedle pohřbených
(na povrchu země fyzicky nezachovaných)
archeologických lokalit identifikovaných pro-
střednictvím tzv. nepřímých (převážně vegetač-
ních) příznaků také stavebně historické památ-
ky a urbánní sídelní jednotky, může být tato
metodika inspirací pro pracoviště zaměřená
na památkovou péči. V neposlední řadě mohou
být alespoň některé části předkládané meto-
dické příručky uplatněny na vysokoškolských
pracovištích jako součást výuky archeologie,
historie, dějin umění či dálkového průzkumu
Země.

Jednotlivé kapitoly této metodiky mohou
oslovit také odborné pracovníky a členy speciál-
ních výzkumných týmů, neboť se vážou ke spe-
cifickým úkolům v rámci sběru a zpracování
leteckých archeologických dat. Zatímco první
dvě kapitoly se týkají obecné orientace v dané
problematicke, kapitola třetí reflektuje otázky
vlastního terénního průzkumu. Čtvrtá kapitola je
určena především správcům dat, pátá kapitola
pak archeologům, kteří vytěžují odborný obsah
leteckých snímků a tyto fotografie připravují
k trvalé archivaci. Šestá kapitola se zabývá
obecnějšími otázkami ukládání a využití dat
v současném nástupu informační společnosti.
V závěru této metodiky přinášíme i několik pří-
kladů rozpracovaných postupů pro konkrétní dílčí
oblasti práce s leteckými daty. Doufáme však, že
všechny kapitoly mohou být užitečné pro širokou
škálu pracovníků v archeologii a k ní vztážené
archivaci dat, a to nejen proto, že v konkrétních

týmech se jednotlivé úkoly často prolínají a jsou řešeny týmiž konkrétními odbornými pracovníky.

2 SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY V EVROPĚ A V ČESKU

Archivy leteckých (analogových) fotografií pořizovaných na klasický fotomateriál, tedy na negativ (obvykle zpracovaný do podoby kontaktního či zvětšeného pozitivu) a diapozitiv, stejně jako repozitáře digitálních leteckých snímků, disponují v současné době jen těžko představitelnou sumou informací o nemovité složce kulturního dědictví. Přitom je důležité zdůraznit, že informace o archeologických památkách nacházejících se na povrchu země a pod ním jsou detekovatelné na všech druzích dat dálkového průzkumu. Na jedné straně se jedná o prameny pořizované archeologickými a památkovými institucemi se záměrem zachytit na nich archeologické a stavebně historické památky a další projevy související se sídelními procesy a podobou krajiny v minulosti. Na straně druhé jde o data pořizovaná z jiných než výše uvedených důvodů – především vojenských a špiónážních, kvůli tvorbě a aktualizaci map a pro potřeby geografických a přírodovědných výzkumů všeho druhu, která však mají nemalý potenciál zachytit objekty archeologického zájmu. Těchto (převážně kolmých) snímků se týká tzv. *serendipity effect* (pozitivní vedlejší efekt), který reprezentuje významný přínos v podobě objektů (tedy i nemovitých památek v jakémkoli stádiu transformačního procesu) zachycených na tomto druhu snímků, ačkoli to nebylo primárním účelem jejich pořízení.⁴ Právě vzhledem k velkému počtu po světě rozptýlených fotoleteckých archivů, čítajících mnoho

desítek milionů položek, je z důvodu opakovaně prokazatelného fungování faktoru vedlejšího efektu význam historických leteckých fotografií pro studium historické krajiny tak velký. K jejich využití došlo zatím jen v zanedbatelné míře, ačkoliv dosa-
vadní analýzy opakovaně doložily jejich hodnotu.⁵

2.1 Archivy leteckých fotografií v Evropě

Z evropských institucí, jež disponují archivy leteckých snímků pořizovaných za účelem evidence, dokumentace a ochrany památek a historické krajiny, jmenujme stručně ty nejvýznamnější.⁶

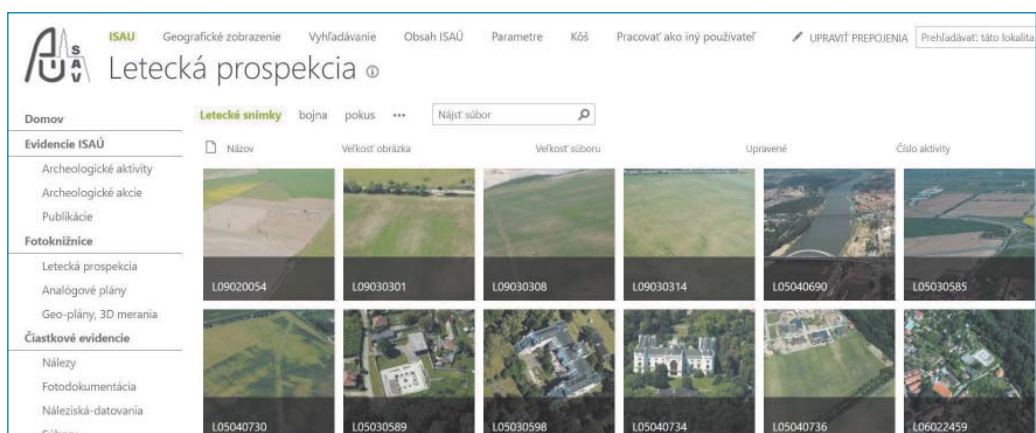
Fondy archivu leteckých snímků na britské **Cambridge University** (*Cambridge University Collection of Aerial Photography*, CUCAP),⁷ vytvářené od roku 1947, obsahují půl milionu šikmých a kolmých převážně černobílých, ale též barevných a infračervených fotografií, které jsou stále využívány v mnoha oborech (archeologie, zemědělství, ekologie, urbanismus atd.). Jeho archeologická část obsahuje například fotografie více než jednoho tisíce zaniklých středověkých vesnic. Vedle Velké Británie obsahuje archiv též menší kolekce snímků z Irska, Dánska, Nizozemí

4 Fowler 2004.

5 Cowley – Standing – Abicht 2010; Cowley – Stichel-
baut 2012.

6 Podrobně viz Gojda 2016.

7 <https://www.cambridgeairphotos.com/>



a severní Francie. Fotogrammetrické snímky mají měřítko 1 : 10 000 až 1 : 2 500. Po roce 2000 proběhla jejich digitalizace. Snímky je možné prohlížet prostřednictvím internetové aplikace CUCAP buď zadáním klíčového slova (kategorie památek), zeměpisného názvu (obce, regionu), nebo kliknutím na digitální mapu. Také ostatní níže zmíněné britské instituce mají přístup k leteckým fotografiím na svých webových stránkách řešen podobným způsobem.

Nejpočetnější kolekci leteckých fotografií využitelných pro výzkum archeologických památek a historické krajiny v Anglii (spravovanou do nedávné doby památkovým úřadem *English Heritage*, od roku 2015 *Historic England*) vlastní **National Library of Air Photographs** (NLAP) v jihoanglickém Swindonu.⁸ Tamní archiv, skládaný postupně z různých institucionálních a soukromých kolekcí i z obrazových dat pořízených samotnou NLAP od roku 1920, čítá 6,25 milionů fotografií Anglie, z toho pře 600 000 šikmých, v měřítku 1 : 60 000 až 1 : 3 000 (u kolmých snímků). Fotografie z tohoto archivu jsou například standardně využívaným pramenem při realizaci dlouhodobého projektu *National Mapping Programme for England*, který směřuje

Obř. 2.1 Úvodní stránka databáze leteckých snímků *Informačního systému pro komplexní evidenci archeologických akcí AÚ SAV Nitra*.

k vytvoření digitální archeologické mapy Anglie vytvořené analýzou a interpretací všech dostupných leteckých snímků evidovaných v anglických fotoleteckých archivech.⁹

K největším evropským fotoleteckým archivům spravovanými památkovými institucemi se řadí italská **Aerofototeca Nazionale** (AFN), součást Národního fotografického archivu sídlícího v Římě. Je v ní uložena řada kolekcí jak státního (vojenského), tak soukromého původu pořizovaných od konce 19. století – včetně zhruba dvou milionů leteckých fotografií spojeneckých vzdušných sil z dob druhé světové války, resp. z let 1943–1945. AFN má v držení také velký počet map vyprodukovaných analýzou a interpretací leteckých snímků.¹⁰

Z dalších významných institucí disponujících leteckými fotografiemi pořizovanými pro potřeby studia minulých krajín a sídel jmenujme alespoň ty, které se nacházejí ve středoevropském prostoru. Jsou to akademická pracoviště (univerzity a ústavy akademie věd) ve Vídni, v Budapešti a Pécsi, v Poznani a Varšavě, v Nitře a v Lublani;

8 <https://historicengland.org.uk/whats-new/research/50-years-flying/history-of-the-historic-england-aerial-photo-archive/>

9 Horne 2009.

10 Ceraudo – Shepherd 2010.

z památkových úřadů možno uvést např. pracoviště v Mnichově a v Drážďanech. Uvedené instituce vlastní sbírky čítající řádově desetitisíce až statisíce leteckých snímků.¹¹

Nejrozsáhlejší archiv šikmých leteckých fotografií vytvořený a uložený na půdě profesionálního archeologického pracoviště ve **Slovenské republice** vlastní *Archeologický ústav Slovenskej akadémie vied* v Nitře (AÚ SAV). Je součástí *Informačního systému pro komplexní evidenci archeologických akcí* (ISAU). Samotná evidence leteckých snímků obsahuje v databázi základní popisné údaje ke každému snímku a náhledové foto; na server se k datovému řádku ukládá i originální soubor. Při prohlížení databáze je možné filtrovat podle zvoleného kritéria. Každý datový řádek – snímek – je georeferencován (v systému S-JTSK) a bodově je zaznamenán také v prostředí geografických informačních systémů (GIS), které je integrální součástí ISAU. Databáze je plněna od nejnovějších přírůstků, tudíž nejstarší fotografie exponované ještě na klasický fotomateriál (celuloidové filmy) zatím v ISAU nejsou; na jejich postupné digitalizaci a následném popisu se nyní pracuje (obr. 2.1). Aktuálně je v ISAU uloženo téměř 7 500 leteckých fotografií, žádná z nich však není dosud veřejně sdílená. Ze systému ISAU je na veřejných portálech prozatím publikována jen jedna složka (nazvaná Archeologické aktivity), ale v dohledné době bude vytvořena z celého systému publikační vrstva určená pro veřejnost – její součástí budou i fotoletecká data.¹²

Je však třeba konstatovat, že v celém evropském prostoru není mnoho zemí, v jejichž centrální databázi archeologických památek je zastoupena sekce leteckých fotografií pořizovaných v procesu intencionálně prováděného letecko-archeologického vizuálního průzkumu. Jak vyplývá z údajů následujících

odstavců, v některých zemích nejsou ani fondy fotoleteckých archivů zapracovány do oborových výzkumných infrastruktur a/nebo nejsou (prozatím?) veřejně dostupné. Míra zpřístupnění šikmých leteckých fotografií pořizovaných z důvodů průzkumu a dokumentace archeologického dědictví je ve vyspělých evropských zemích různá. Neexistují obecné standardy pro ukládání a zveřejňování těchto pramenů, obvykle jsou součástí centrálních nebo institucionálních digitálních nebo analogových databází, resp. archivů. Pro představu uvedme několik příkladů.

V **Dánsku** panuje na poli poskytování archeologických dat obecně velká otevřenost, která vychází z dlouhodobé plodné spolupráce profesionálních a amatérských archeologů včetně detektorářů, podpořené hustou sítí archeologických muzeí. V národní online archeologické databázi jsou šikmé letecké fotografie zveřejňovány bez jakýchkoli omezení, a to včetně metadat obsahujících také údaje o přesné lokalizaci míst snímkaných z letadla.¹³

V **Anglii** vlastní registry archeologických lokalit, tzv. **Sites and Monuments Records** (SMR), každé hrabství. Jejich obsahem je seznam evidovaných archeologických lokalit (namátkou vybíráme hrabství Somerset).¹⁴ Mnoho SMR v současnosti tvoří širší registr nazvaný **Historic Environment Records** (HERs), v němž jsou zahrnuty také stavebně historické památky a komponované krajiny. Každý záznam obsahuje lokalizaci, přesnou u podrobnějších sdělení (např. u nálezových zpráv), a slouží převážně pro management předstihových a záchranných výzkumů. Existuje ale řada HERs, jejichž obsahem jsou také letecké fotografie. Jelikož Anglie nemá webový portál, který by zahrnoval všechny SMR, nahrazuje takovou službu portál **Heritage**

11 Podrobný panevropský přehled s odkazy na použité zdroje srov. *Gojda 2017a*, kap. I.4.6 a III.1.

12 Písemné sdělení E. Blažové z AÚ SAV.

13 Osobní sdělení L. Helles-Olesen (Holstebro Museum); např. viz <https://www.kulturarv.dk/fundogfortidsminder/Lokalitet/195723/>

14 <http://www.somersetheritage.org.uk/>

Gateway,¹⁵ na němž jsou uvedeny všechny údaje o jednotlivých nalezištích, metadata včetně konkrétní lokalizace jsou přístupná bez omezení. Tento portál však neobsahuje originální fotografie. Hlavní argument pro otevřený přístup (Open Access) k metadatům každé památky, a to včetně její (přesné) lokalizace, představuje přesvědčení, že místní komunity znají památky a archeologické lokality na svém území a aktivně se zasazují o jejich ochranu.¹⁶

Ve **Skotsku** jsou georeferencované šikmé letecké fotografie umístěny v národním registru hlavní památkové instituce **Historic Environment** (HE; dříve *Royal Commission on the Ancient and Historical Monuments*) a ve formě náhledů jsou veřejně dostupné online.¹⁷ Neuplatňují se žádná omezení týkající se metadat snímků, tedy ani jejich přesná prostorová umístění. Zároveň nejsou stanovena žádná omezení na přístup ke snímkům tzv. citlivých lokalit, např. pohřebišť objevených pomocí některých z příznaků.¹⁸

Oproti tomu v **Rakousku** šikmé letecké fotografie v centrální databázi zveřejněny nejsou.¹⁹ Ve **Španělsku** neexistuje centrální databáze archeologického dědictví, protože každá jeho historická země obhospodařuje svoji teritoriální databázi. Navíc využívání letecké fotografie pro potřeby archeologického průzkumu nemá na Pyrenejském poloostrově tradici, takže dodnes neexistuje jediná kolekce leteckých snímků (ani šikmých, ani kolmých) v žádné ze státních archeologických institucí.²⁰ Prakticky identická je situace v **Polsku**: šikmé fotografie pořizované odbornými archeologickými pracovišti

nejsou součástí většiny regionálních centrálních databází památek, kromě veřejně dostupných ortofotomap – jediného potenciálního zdroje fotoleteckých dat – neexistuje žádná internetová platforma obsahující speciálně letecké fotografie.²¹

2.2 Sbirky leteckých fotografií na archeologických pracovištích v České republice

Sběrem fotoleteckých dat pro archeologické účely se zabývá řada institucí. Spektrum jejich využití je poměrně široké. Uplatňují se v badatelských projektech zaměřených na výzkum pravěkého a historického osídlení, a to jak v ohledu kvantitativním (doplnění počtu lokalit/objektů zájmového území), tak kvalitativním (poznání nových druhů, širší spektra identifikovaných objektů). Fotografie představují integrální součást dokumentace a publikačních výstupů těchto projektů, velmi často jsou využívány i v médiích určených pro širokou veřejnost (v časopisech či filmových dokumentech, v muzejních expozicích a výstavách). Vedle toho jsou letecké snímky využívány při plánování a provádění terénních výzkumů, a to jak prostřednictvím vyhodnocování potenciálního výskytu archeologických pramenů na místech ohrožených stavebními či jinými zásahy do terénu, tak dokumentací – především plošně rozsáhlých – terénních výzkumů odkryvem. Dnes se již rutinně užívají i snímky z bezpilotních letounů, které hrají zásadní roli při pořizování plánové dokumentace terénních výzkumů prováděných jak v krajině, tak v městském prostředí.

15 <https://www.heritagegateway.org.uk/gateway/>

16 Osobní sdělení S. Crutchley, NLAP.

17 Viz např. <https://canmore.org.uk/site/57792/the-chesters-spot>

18 Osobní sdělení D. Cowley, HE.

19 Osobní sdělení M. Doneus, Vídeňská univerzita.

20 Osobní sdělení C. Parcero-Oubiña, Univerzita v Santiagu de Compostela.

21 Osobní sdělení W. Rączkowski, Univerzita Adama Mickiewicze v Poznani.



2.2.1 Archeologický ústav AV ČR v Praze

Nejrozsáhlejší systematicky a dlouhodobě budovaný archiv leteckých fotografií pořizovaných za účelem výzkumu a péče o kulturní (archeologické, stavebně historické aj.) dědictví v Čechách vlastní **Archeologický ústav AV ČR v Praze**. V rámci dlouhodobého programu letecké archeologie ARÚ je tento *Archiv leteckých snímků* systematicky budován od roku 1992 (obr. 2.2). Slouží k průběžnému ukládání obrazových dat v podobě z ruky pořizovaných (tzv. šikmých) analogových a digitálních fotografií a filmových/video záznamů, získávaných leteckým průzkumem fotografickou dokumentací krajiny: archeologických a stavebně historických památek, urbanistických celků, rozsáhlých terénních odkryvů a prvků přírodního prostředí majících vazbu na minulé sídelní aktivity. Archiv v současnosti obsahuje přes 21 000 leteckých fotografií a nabízí materiál uplatnitelný při řešení

Obr. 2.2 Fondy *Archivu leteckých snímků* ARÚ Praha (negativy, diapozitivy, videozáznamy, externí úložiště digitálních obrazových dat, mapy lokalit).

výzkumných témat a badatelských – teoreticky i prakticky založených – projektů. Zároveň je jedinečným dokladem o stavu české krajiny a o jejích archeologických a historických prvcích na přelomu druhého a třetího tisíciletí, tedy v časech přechodu do „postsocialistické“ podoby naší krajiny.

Tradiční (papírová, analogová) část ALS je tvořena fondy, které byly pořizovány od počátku programu letecké archeologie od poloviny 90. let (1993–2005). Sem řadíme negativy a diapozitivy jakožto kolekce primárních dat pořizovaných na klasický fotografický materiál. V archivu je uloženo 5 700 barevných diapozitivů a 6 500 barevných a černobílých negativů vyvolaných z 380 exponovaných filmů (převážně středního, ale též malého/kinofilmového formátu). Nejrozsáhlejší část fondů deponovaných v tradiční podobě je tvořena zvětšeninami šikmých

leteckých snímků, které jsou doprovázeny základními údaji o konkrétním snímkaném prostoru (lokality; jsou to katastr, okres, datum pořízení snímku, způsob snímkování, přírůstkové číslo negativu, druh objektu/areálu, interpretace). Základní jednotkou, na níž je systém řazení snímků v této části archivu postaven, je katastrální území konkrétní lokality. Pro každou obec, na jejímž katastrálním území bylo provedeno letecké snímkování, je v ALS založena složka (desky s tkanicemi); těch obsahuje ALS celkem 870 (viz obr. 2.2 – levý a prostřední segment archivu, v pravém segmentu jsou umístěny diapozitivy, negativy, papírové mapy, externí disk a řada DVD se zálohovanými leteckými fotografiemi, videokazety; dnes jsou digitální materiály primárně uloženy na zabezpečeném síťovém úložišti).

Součástí ALS je i soubor asi 9 000 digitálně (od roku 2001) pořizovaných fotografií; dnes tvoří tento fond významnou část archivu. Jde o soubory dokumentačních a průzkumných fotografií, které byly pořízeny digitálními fotoaparáty a jež jsou uloženy na serverech ARÚ jako součást AMČR, dále se jedná o kolekce (výše uvedených) negativů a diapozitivů převedených do elektronické (digitální) podoby. Další složkou ALS jsou letecké záběry pořizované digitální videokamerou. Ty jsou dosud na původních magnetických páscích, jejich kopie jsou umístěny jak na hard disku, tak na DVD. Na nich jsou upravené k interaktivnímu vyhledávání lokalit podle obsahu (12 hodin záznamů z ČR, 3 hodiny ze zahraničí).²² V případě videomateriálů se tak nejedná o finální archivní uložení – to bude provedeno postupným převodem do digitálního datového repozitáře ARÚ.

Vedle již zdigitalizovaných a v databázi uložených negativů prošly v posledních letech všechny dosud pořízené snímky revizí a začátkem roku 2021 byla jejich hlavní část –

databáze obsahující 16 000 digitálních snímků s popisy – integrována do informačního systému AMČR a zveřejněna v Digitálním archivu. Jedná se o snímky, které byly pořízeny v letech 1992–2015 v průběhu 409 letů, v časovém rámci 915 (letových) hodin. Tyto snímky jsou v Digitálním archivu uloženy mezi dokumenty, kde tvoří samostatnou kategorii pod názvem *Letecké fotografie*.²³

Zveřejněné snímky jsou napojeny na prostorové celky nazývané „lokality“ (viz kap. 6.3). Obecně se rozlišují tři základní druhy snímkaných lokalit:

- (1) prostor s výskytem podpovrchových archeologických objektů identifikovaných prostřednictvím tzv. příznaků (převážně vegetačních) – celkem 775 lokalit;
 - (2) nemovité památky archeologického a historického významu (hrady, zámky, kláštery, hradiště, polní opevnění aj.) – celkem cca 1 200 lokalit;
 - (3) krajinné celky a prvky (dnešní sídla, místa paměti, přírodní zajímavosti apod.) – cca 900 lokalit.
- (Údaje uvádíme v zaokrouhlených počtech.)

Stav, v němž se v současnosti nachází soubor ALS pořízený mezi lety 1993–2015 v ARÚ, odpovídá standardům nastaveným (v různých modifikacích) pro tento druh pramene ve vyspělých evropských zemích: celá kolekce je digitalizována, většina fotografií (cca 75 %, resp. 16 000) je uložena do databáze a je dostupná online. Na základě analýzy a interpretace těchto leteckých snímků probíhá zároveň tvorba vektorových plánů lokalit. V českém (a do jisté míry i ve středo- a východoevropském) prostředí je stav zpracování, uložení a sdílení leteckoarcheologických dat z archivních fondů ARÚ ojedinělý. Zpracování leteckých fotografií z moravských a slezských archivů v rámci projektu *Archeologie*

22 Gojda 2008; Gojda – Čulíková 2018.

23 https://digiarchiv.aiscr.cz/results?kategorie_dokumentu=lfoto&ventity=dokument

z *nebe* vycházelo i ze zkušeností získaných při tvorbě ALS. Zároveň probíhá postupné začleňování tohoto druhu pramenů z archivů dalších odborných pracovišť v Čechách – při dodržení nastavených standardů, jež jsou popsány v této metodické příručce.

2.2.2 Další instituce na území Čech

Poměrně rozsáhlé kolekce leteckých fotografií pořizovaných pro potřeby archeologických pracovišť v ČR mají Ústavy archeologické památkové péče (**ÚAPP**). Následující údaje byly získány díky konzultacím s pracovníky těchto institucí. Po ALS ARÚ tvoří druhý nejrozsáhlejší archiv leteckých fotografií v Čechách fondy ÚAPP severozápadních Čech v Mostě. Jednotlivé fotografie ve formě pozitivů zvětšených z původních negativů jsou nalepeny na papírových kartách a popsány základními evidenčními a interpretačními údaji. V současné době je dokončena jejich digitalizace (formou skenování), snímky však nejsou zveřejněny a podrobněji zpracovány. Podobně rozsáhlý je archiv leteckých fotografií ÚAPP středních Čech (ÚAPPSČ). Podle webových stránek tohoto ústavu se ÚAPPSČ systematicky věnuje letecké archeologické prospekci od roku 1995 – motivací této činnosti bylo získání poznatků o rozložení archeologických situací v trase pokračování výstavby dálnice D11, postupně se však utvořil stálý tým, který v letecké prospekci pokračoval i v letech následujících. Výsledky průzkumu byly také opakovaně prezentovány na odborných konferencích a svou kvalitou a informační hodnotou zaujaly mnohé kolegy, kteří se následně pustili do spolupráce s leteckým průzkumem ÚAPPSČ. V současnosti je v leteckém archivu ÚAPPSČ uloženo téměř 5 000 dokumentačních digitálních fotografií.

Z muzejních pracovišť v Čechách se větší kolekcí leteckých snímků může pochlubit **Západočeské muzeum v Plzni**. Bohužel

její nejobemnější část, pořízená v desetiletích na přelomu století, není zdigitalizována, popsána je jen zčásti. Její druhá část, zahrnující snímky pořizované již digitálním fotoaparátem přibližně v posledních patnácti letech, je postupně zpracovávána; údaje o fotografiích jsou přitom ukládány do muzejní databáze. Jako velmi pozitivní je třeba hodnotit nedávné vydání knižní monografie, v níž je publikován pečlivě připravený výběr v archivu uložených leteckých fotografií nejzajímavějších objevů a památek.²⁴

Výrazně méně početné jsou kolekce šikmých leteckých snímků, které většinou nepravidelně či nárazově (v rámci plnění krátkodobých grantových projektů) pořídili archeologové zaměstnaní v krajských, okresních a oblastních muzeích. Z těchto pracovišť jmenujme Regionální muzeum a galerii v Jičíně, Muzeum Českého ráje v Turnově, Vlastivědné muzeum Dr. Hostaše v Klatovech, Muzeum východních Čech v Hradci Králové, Muzeum Mladoboleslavska či Muzeum středního Pootaví Strakonice.

2.2.3 Ústav archeologické památkové péče v Brně

Jeden z nejrozsáhlejších a nejdéle budovaných archivů leteckých fotografií pořizovaných za účelem výzkumu a péče o kulturní (archeologické, stavebně historické aj.) dědictví na Moravě vlastní Ústav archeologické památkové péče Brno, v. v. i. (ÚAPP), založený v roce 1993. V tomto archivu jsou ukládány šikmé i kolmé, analogové a digitální fotografie a filmové/video záznamy, získávané leteckým průzkumem. Archiv obsahuje v současnosti přes 12 000 leteckých fotografií.

Analogová část ALS (černobílé i barevné negativy a diapositivy) je tvořena fondy, které byly pořizovány od počátku programu letecké

24 Braun – Břicháček – Čechura 2020.

archeologie přibližně do roku 2006, kdy byly pořízeny digitální fotoaparáty. V ALS ÚAPP je uloženo 200 barevných diapozitivů a 7 200 barevných a černobílých negativů převážně malého/kinofilmového formátu. Nejobsáhlejší část fondů uložených v tradiční podobě je tvořena zvětšeninami šikmých leteckých snímků, které jsou doprovázeny základními údaji o konkrétním snímkaném prostoru (lokality; jsou to katastr, okres a inventární číslo negativu). Aby bylo možné vyhledat snímky dle katastru, byla na ÚAPP v roce 2005 vytvořena pomocná databáze v programu Microsoft Access. Originály i zvětšeniny jsou řazeny podle inventárního čísla negativů, což většinou odpovídá také roku pořízení snímků.

Součástí ALS je i soubor přibližně 5 000 fotografií, které byly exponovány digitálními fotoaparáty a jsou uloženy na serveru ÚAPP. Součástí archivu jsou také snímky a videa pořízené z dronu, ty se též nacházejí na serveru ÚAPP.

V rámci projektu *Archeologie z nebe* byla databáze ÚAPP, obsahující 12 000 digitálních snímků s popisy, integrována do informačního systému AMČR a zveřejněna v Digitálním archivu za využití standardů používaných ARÚ.

2.2.4 Další instituce na území Moravy a Slezska

Archeologický ústav AV ČR v Brně snímá lokality na území Moravy již od roku 1935.²⁵ V 50. a 60. letech 20. století byl dálkový průzkum omezen na několik lokalit: Žuráň, Staré Zámky u Líšně, Dolní Věstonice a Mikulčice. V 80. letech 20. století pak proběhly další lety za účelem dokumentace archeologických lokalit.

Z období od 60. až do počátku 90. let minulého století je v archivu uloženo celkem 1 992 černobílých negativů (materiál sklo/plast, formát 6 × 6, 6 × 9, 9 × 12) a 399 černobílých kinofilmových snímků. Jedná se o soubor prvních leteckých snímků pořízených kamerou Flexaret zavěšenou na rádiem ovládaném letounu typu Rogallo a o snímky archeologických lokalit osmi okresů Jihomoravského kraje pořízených z letounu Z-43. Fond negativů a kinofilmových záznamů je uložen v archivu ARÚB (zaveidovaný a uschovaný v depozitáři jmenované instituce). V roce 2017 vznikla interní excelová databáze fotografické dokumentace výzkumů ARÚB, která eviduje přepisy inventárních (přírůstkových) knih doplněné o data získaná z náhledových karet, náleзовých správ, z periodika *Přehled výzkumů* aj. Letecké snímky archivu ARÚB do roku 1993 jsou vázány pouze na aktivity Miroslava Báčka, často obsahují pouze stručnou informaci o trati, katastru, roku zhotovení snímku a ojediněle o čísle letu. V roce 2020 byly záznamy z interní excelové databáze fotoarchivu ARÚB přesunuty do relační databáze Microsoft Access – účelem tohoto přesunu bylo doplnění metadat zabezpečení snadného importu do AMČR. Od tohoto roku probíhá také kontrola metadatových záznamů fotografické dokumentace. Fond o počtu cca 2 400 snímků byl kompletně zdigitalizován v roce 2021.

Pracoviště, které v rámci ARÚB v posledním desetiletí aktivně podniká letecké práce za účelem realizace archeologických prospekčních a dokumentačních aktivit, je *Středisko pro výzkum doby římské a stěhování národů* (Středisko). Prospekce jsou realizovány s různou intenzitou od roku 2009 – díky tomu je veškerá generovaná dokumentace v digitální podobě. Aktivity dálkového průzkumu Země (DPZ) se orientují chronologicky na archeologické komponenty rámcově protohistorického stáří, přičemž hlavní těžiště zájmu spočívá v době římské. Zde se jedná o evidenci jak stop

25 J. Böhm a J. Skutil nechali letecky zdokumentovat lokalitu Staré Hradisko. Soubor dokumentárních a stínových fotografií tohoto laténského oppida odhalil zaniklé terasy a dispozici samotného hradiska (*Böhm 1939*).

germánského osídlení, tak římské vojenské přítomnosti na území středodunajského barbarika. Vedle standardně využívaných malých čtyřmístných letadel jsou v rámci Střediska od roku 2014 používány též bezpilotní prostředky, které umožňují výrazně frekventovanější nasazení metody v případě konkrétních lokalit v průběhu klíčových fází vegetačního cyklu. Převážnou většinu dat DPZ tvoří statická šikmá fotodokumentace ve viditelném (tzv. panchromatickém) spektru, přičemž od roku 2019 byla za účelem rozšíření interpretačních možností zapojena také metoda záznamu oddělených spekter (ve spolupráci s *Ústavem plánování krajiny Mendelovy univerzity v Brně*) – multispektrálního snímkování (pásma Red, Green, NIR a Rededge). V současnosti je v rámci Střediska na zařízení typu NAS, umístěném na detašovaném pracovišti v Dolních Dunajovicích, archivováno cca 13 000 panchromatických fotografií DPZ pořízených z pilotovaných letadel. Další součástí této datové sady představuje cca 12 000 panchromatických fotografií exponovaných prostřednictvím bezpilotních prostředků, a to především na zájmových lokalitách protohistorie středního Podyjí. V případě multispektrálních dat je pak jednoduchá kvantifikace počtu snímků nevypovídající, protože se jedná o automatizovaný sběr kolmých snímků s požadovaným překryvem, které jsou využity pro výpočet spojených datových vrstev s vysokým rozlišením v rámci jednotlivých pásem a následné generování tzv. vegetačních indexů, které jsou východiskem pro interpretaci měřených anomálií ve vegetaci.

V roce 1994 zahájil **Ústav archeologické památkové péče Olomouc** prospekční aktivity zaměřené na snímkování památek regionu střední Moravy. První snímky byly exponovány na diapozitivy, barevný kinofilm, ojediněle i na černobílé filmy. Snímané lokality byly následně vyznačeny v jednotlivých mapových listech v měřítku 1 : 10 000 a pořízené snímky byly popsány v elektronické databázi

archivu fotografií této instituce. Do roku 1998 tak mají k dispozici 336 snímků na diapozitivech, 51 snímků na barevných negativech a 13 černobílých negativů ve formátu 6 × 6. Část těchto snímků byla následně zdigitalizována. Popisy snímků z prvních sezón obsahují rok letu (1994, 1996, 1998), název lokality složený z názvu katastru a polní tratě, název okresu a stručný popis zaznamenané situace. Na snímcích jsou zachyceny porostové příznaky archeologických objektů, známá archeologická naleziště, kulturní památky, dokumentační snímky probíhajících archeologických výzkumů a krajina střední Moravy.

Pokračování průzkumu regionu střední Moravy bylo zahájeno v roce 2003 pod hlavičkou **Archeologického centra Olomouc**. Nejdříve začaly být pořizovány digitální snímky, jejich počet tak vzrůstal postupně. V systému evidence navázal na Ústav archeologické památkové péče Olomouc. Od roku 2003 obsahovaly popisy snímků i souřadnice v mapách v měřítku 1 : 10 000. Nový impuls do prospekce vnesly systematické lety nad rozsáhlým územím střední a severní Moravy a východních Čech po roce 2011 v rámci projektů programu Národní a kulturní identity *Výzkum historických cest v oblasti severozápadní Moravy a východních Čech* (NAKI, Ministerstvo kultury ČR, reg. č. DF11P010VV029) a *Moravské křižovatky* (NAKI II, Ministerstvo kultury ČR, reg. č. DG16P02R031). Lokality byly snímány digitálním fotoaparátem, průběh letu je zaznamenán na ruční GNSS přijímač. Výrazný nárůst snímků je řešen popisem v excelové tabulce – zaznamenány jsou: číslo a datum letu, název lokality složený ze jména katastru a polní tratě, název okresu, popis lokality a uvedení její polohy ve formátu polohopisných souřadnic. Detailní popisy jednotlivých snímků nejsou prozatím dokončeny. Do března 2021 se uskutečnilo 112 číslovaných letů, při nichž bylo pořízeno téměř 26 000 snímků.

Činnost archeologického odboru **Národního památkového ústavu, odborného pracoviště v Ostravě** navazuje na práci opavské expozitury Archeologického ústavu ČSAV v Brně, delimitované do organizační struktury památkové péče v roce 1993. Systematické pořizování leteckých snímků v NPÚ v Ostravě začalo na počátku 21. století v souvislosti se stavbou dálnice D47, kdy vyvstala potřeba archeologické prospekce a dokumentace archeologických výzkumů. V rozmezí let 2004–2017 bylo realizováno celkem 24 letů, v jejichž rámci bylo pořizováno cca 6 400 fotografií. Po vytřídění duplicitních záběrů a technicky nedokonalých snímků je trvale archivováno přes 2 000 snímků. V převážné většině se jedná o fotografie dokumentující probíhající záchranné archeologické výzkumy nebo již známé archeologické lokality,

kulturní památky a památkově chráněná území. Celý fond tvoří výhradně digitální fotografie. Je umístěn na serveru NPÚ v Ostravě, přičemž původní evidence a uložení fotografií vycházejí z jednotlivých letů – nejsou roztrženy a neobsahují detailní popis nebo lokalizaci. V současné době probíhá jak popis jednotlivých snímků, tak lokalizace dle katastrálních území. Letecké snímkování průběžně pokračuje a každoročně se tak dokumentační fondy rozšiřují o stovky nových fotografií. Jak již bylo zmíněno, v posledních letech k digitálním fotografiím pořizovaným z letadla přibývají také snímky získané pomocí dronu. Letecké snímky jsou hojně využívány v rámci publikační činnosti pracovníků odboru archeologie a řada z nich představuje také cennou dokumentaci stavu a proměn památek a památkově chráněných území na území Moravskoslezského kraje.

3 POŘIZOVÁNÍ LETECKÝCH FOTOGRAFIÍ V ARCHEOLOGII

Dálkový archeologický průzkum (DAP) se řadí mezi nejvýznamnější postupy zaměřené na získávání archeologických dat nedestruktivními metodami. Potenciál každé z metod, jež tento obor integruje, přispívá do tří významných oblastí soudobé archeologie, jimiž jsou:

(1) **tvorba odborné pramenné základny**, tedy systematicky budovaného přehledu o archeologickém potenciálu území, a to v ohledu jak kvantitativním (zvyšování počtu dosud neevidovaných nemovitých památek), tak kvalitativním (identifikace pramenů nových či takových, které nejsou na našem území známé);²⁶

(2) **řešení teoretických témat** neboli cílené vyhledávání určitého typu pramenů a jejich integrace s výsledky jiných oblastí výzkumu za účelem řešení určité vědecké otázky (DAP není jen souborem čistě prospekčních metod, předcházejících terénnímu výzkumu, nýbrž autonomní disciplínou sledující svébytné poznání archeologických pramenů);²⁷

26 Význam DAP v tvorbě pramenné základny dobře ilustruje skutečnost, že např. podle *Hanson – Oltean 2002*, 109 je v Británii 50 % všech nalezišť v nížinách evidováno v centrálních databázích jako výsledek letecké prospekce. Velký nárůst nových lokalit při průzkumu prokazují i dlouhodobé projekty v ČR.

27 Bývá nedílnou součástí výzkumu zaměřeného na poznání regionálních dějin osídlení, sídelní dynamiky, identifikaci uzlových bodů právě sídelní sítě a na analýzu vztahů

(3) **ochrana kulturního dědictví**²⁸ formou dokumentace jeho vzhledu a monitorování jeho stavu.

Informační potenciál dat DAP významně posiluje naše poznání kulturní krajiny v řadě směrů. Výhodou těchto dat je, že poloha identifikovaných komponent je georeferencovaná (tedy přesně usazená v zeměpisných koordinátech či v rovinném souřadnicovém systému) – tyto komponenty je možné analyticky zpracovávat jako jednotlivé geoprvky, např. pomocí GIS (kap. 5.2). Je třeba mít na paměti, že pozorované archeologické objekty jsou z různých důvodů (zejména svažitost terénu, intenzita orby a odlesňování, protože ovlivňují erozi) zviditelněny

mezi areály. Možnosti DAP k řešení takových témat jsou často rozhodující v tom smyslu, že prameny shromážděné jejími metodami přináší soubor dat (jehož vlastnostmi jsou především početnost a různorodost), který v určitém krajinném prostředí (např. na dobře vyvinutých říčních terasách nebo mělkých křídových půdách) obvykle nelze jiným způsobem shromáždit.

28 Cílem letecko-archeologických projektů zaměřených na ochranu a dokumentaci nemovitých archeologických a stavebně historických památek je systematické monitorování zájmového území, vyhledávání a evidence dosud neznámých historických objektů a jejich dokumentace (a to jak v detailu, tak v krajinném kontextu) pomocí fotografie (filmu) a dalších typů dat (např. letecké laserové skenování). Letecké snímkování slouží ke sledování stavu památek, resp. změn, k nimž u nich v průběhu času dochází, k jejich možné identifikaci v terénu a k zaměření jejich polohy. To umožňuje zkvalitnit jejich praktickou a legislativní ochranu (*Gojda 2017b*).

na povrchu díky některým z příznakům (nejčastěji porostovým) pouze určitou částí větších celků (jednotlivých či několika sídelních areálů, které na sebe navazují a částečně či zcela se překrývají). Celkový rozsah plochy zaplněné archeologickými pozůstatky sice většinou stanovit nelze, nicméně díky vegetačním příznakům máme obvykle k dispozici přehledný půdorys její konkrétní části, ve které můžeme sledovat kvalitativní a kvantitativní složení objektů a jejich vzájemný prostorový vztah (který v případě pravidelného rozmístění objektů vyjadřuje jejich pravděpodobnou současnost). Na tomto základě tak můžeme dospět k poznání minulých sídelních areálů. Soubor takovýchto poznatků lze využít k dalším analýzám. Letecký vizuální průzkum tedy ve srovnání s pramennou základnou shromažďovanou v dlouhém časovém intervalu tradičními postupy terénního výzkumu dokáže v relativně krátké době několika let odhalit doklady hustého pravěkého osídlení, evidovat sídelní areály a zároveň nás informovat o počtu a typu objektů zaplňujících zkoumané areály. Mezi jeho nedostatky však patří nízká míra opory pro datování lokalit (proto je vhodné průzkumy kombinovat např. s povrchovými sběry) a regionálně podmíněné vlastnosti krajiny, které letecký průzkum v podstatné části ČR znemožňují, resp. omezují jeho použitelnost (zalesněná území, nevhodné typy podloží a půd apod.). I přes svůj vysoký přínos tak letecká archeologie bude vždy jen jedním ze zdrojů našich znalostí o minulém osídlení.

Snahou každého vědeckého oboru je zvyšovat svůj metodický potenciál prostřednictvím využívání moderních technologií, protože jejich integrace (přestože jsme si vědomi toho, že takový proces nemusí být vždy lineární a jednoduše koordinovatelný) jim zpravidla přináší efektivní zrychlení a zkvalitnění jejich kognitivního potenciálu. Na příkladu Česka lze dobře dokumentovat, jak se za poslední tři desetiletí změnily inovativní nástroje, zařízení a postupy. Díky leteckému průzkumu a pořizování šikmých

leteckých snímků v letech 1993–2015 vyrovnala letecká archeologie v ARÚ zpoždění, které měla za archeologii vyspělých zemí, a vytvořila tak základní korpus informací vědeckého významu. Lze však pozorovat, že přírůstek nových dat se postupně zpomaluje a stává se méně efektivním, protože podstatná část nejvýraznějších lokalit již byla objevena. Z tohoto důvodu, ale i z důvodu rychle postupujícího technologického vývoje, se dnes pozornost stále více soustředí i na využití dat pořizovaných bez přímé účasti archeologa (obr. 3.1). V současné době tedy lze obecně hovořit o dvou přístupech ke sběru dat v rámci DAP: aktivním (interpretačním, přímým) a pasivním.²⁹



Obr. 3.1 Využití (a) družicových (WorldView-2) a (b) leteckých měřických snímků/ortofotomap (Seznam.cz-TopGis) k detekci zahloubených objektů pravěkého původu (zviditelněny jsou v tomto případě půdorysy 4–5 polozeanic a jedné nadzemní sloupové stavby).

29 Gojda 2021; Šmejda 2017; Verhoeven 2017.

3.1 Aktivní způsoby sběru archeologických dat z výšky

Jako aktivní (přímý, interpretační) způsob sběru fotoleteckých dat pro výzkum a ochranu archeologického dědictví označujeme ten, který je plně v režii archeologa. To znamená, že primární obrazy povrchu země, zaznamenané do podoby analogové a/nebo digitální fotografie, pořizuje sám archeolog, a to na základě svého vlastního rozhodnutí. To je založeno na jeho odborných znalostech (zejména na schopnosti správně rozpoznat z výšky objekty archeologického původu podle jejich půdorysné podoby) a na zkušenostech s fotografováním z letounu (počasí, roční období, denní doba, správné nastavení fotoaparátu), případně s pořizováním snímků a videozáběrů během řízení dálkově ovládaného bezpilotního letounu (dronu).

Vyhledávání a identifikaci objektů archeologického zájmu lze v současnosti provádět aktivně dvěma způsoby, které se liší postupem sběru obrazových (fotoleteckých) dat:

(1) Pozorováním a fotografováním z paluby malého letadla nebo z vrtulníku. Nejstarší a v současnosti stále méně používaná metoda byla do průzkumu historické krajiny a jejího kulturního dědictví zaváděna od první světové války. Do nedávné doby představovala prakticky jedinou cestu, jak získat odborným způsobem letecké fotografie dokumentující přítomnost archeologických objektů/lokalit zviditelněných na povrchu terénu některým z indikátorů (půdní, vegetační, stínové a další příznaky) a jak dokumentovat stavebně historické a v terénním reliéfu dochované (archeologizované) památky a místa, na nichž probíhají plošně rozsáhlé archeologické výzkumy odkryvem.³⁰ Až do doby

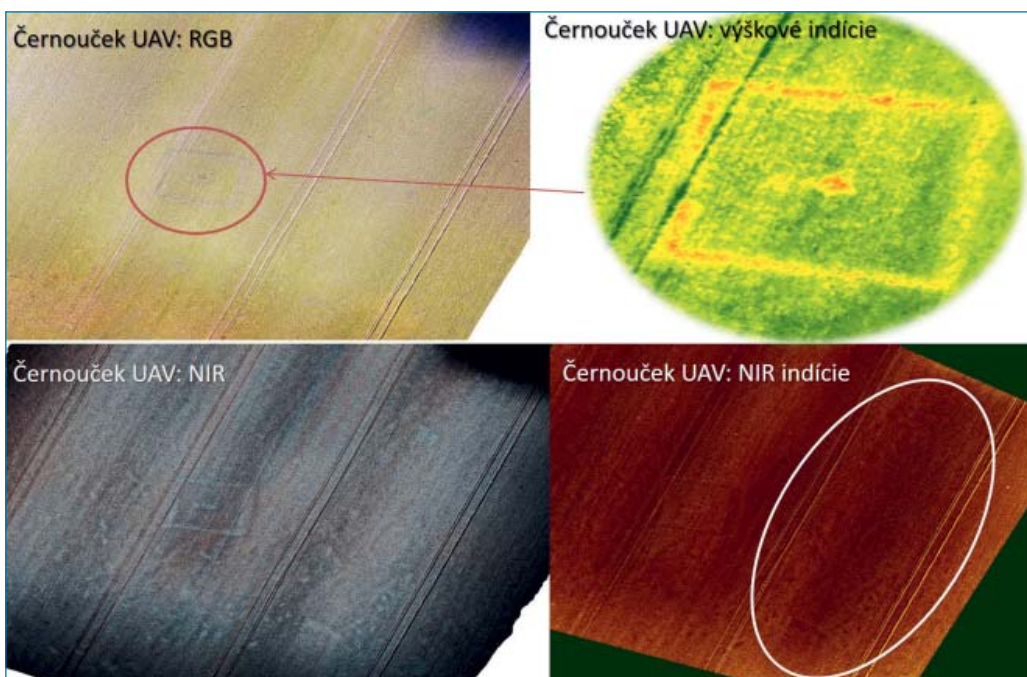
nástupu digitální fotografie se takto pořizovaly šikmé letecké fotografie, a to obvykle dvěma či třemi fotoaparáty na klasický filmový materiál (negativy, diapozitivy), který se po každém letu nechal zpracovat v komerční či institucionální (případně domácí) fotolaboratoři. Navigace do poloviny 90. let, kdy začaly být používány stanice GNSS, byla praktikována pomocí souboru papírových map (obvykle v měřítku 1 : 50 000) zkoumaného území, které měl badatel (nejčastěji označovaný jako „letecký archeolog“) na palubě průzkumného letadla a do nichž tužkou zaznamenával lokality, které fotografoval.

(2) Sledováním obrazovky zachycující povrch terénu pomocí kamery dronu (dálkově ovládaného archeologem) a průběžným pořizováním snímků a/nebo videosekvencí zájmových ploch/objektů. Drony jsou významnými pomocníky při fotoleteckém archeologickém průzkumu a fotodokumentaci menších ploch (lokalit). Pro velkoplošné průzkumy krajiny se (prozatím?) nehodí, neboť prostor o ploše mnoha desítek čtverečních kilometrů, který archeolog během letu v průzkumném letounu vizuálně pokryje a eviduje v něm během jednotek minut přítomnost případných archeologicky interpretovatelných vegetačních příznaků nad pohřbenými nalezišti, je mnohonásobně větší než plocha, kterou za stejnou dobu aktivně (tedy se spuštěnou foto-/videokamerou) prolétne dron.³¹ Uvedme

než vzduch (tedy před rokem 1903), tak i později. Nejznámějším se stalo využití upoutaných balónů při odkryvech v Římě (Forum Romanum, 1899–1906) a v polském Biskupinu (1935–1939).

³¹ Hlavní problém při prospekčním využití dronu tkví v tom, že archeologický průzkum krajiny z výšky se týká obvykle území o velikosti jednotek a desítek čtverečních kilometrů, případně dlouhých liniových transektů sledujících sídelní stopy podél vodních toků. Dron ovládaný z jednoho místa se nesmí podle stávajících předpisů platných pro státy EU vzdálit jeho pilotovi z dohledu a v závislosti na jeho velikosti se tak nesmí pohybovat ve větší vzdálenosti než zhruba jeden kilometr. Z toho vyplývá, že při nutnosti mě-

30 V této souvislosti je třeba zmínit, že k dokumentaci velkých ploch byly v průběhu archeologických výzkumů v několika případech využívány také horkovzdušné balóny, a to jak v éře před nástupem motorových letadel těžších



dále možnost pořizování digitálních dat pomocí speciálních miniaturních radiometrů připevněných na dron, které měří spektrální charakteristiky potenciálních archeologických nalezišť (obr. 3.2).³²

nit stanoviště pilota a pomalu se posouvat krajinou, v níž se provádí letecká prospekce, je možné pokrýt plošně jen velmi omezené teritorium. Tento problém je navíc do velké míry umocněn ještě stále nízkou životností baterií, což vyžaduje mít jich při tomto způsobu letecko-archeologického průzkumu v zásobě větší počet. Ostatně i příprava dronu včetně jeho kalibrace při každém startu na novém stanovišti zabere určitý čas, což dále snižuje celkovou efektivitu průzkumu. V neposlední řadě nutno zmínit také neúměrně velkou náročnost na paměťová média a na zpracování obrovského kvanta digitálních dat, která by byla při několikahodinovém průzkumu během jednoho dne načtena. Poslední obsáhlý přehled o potenciálu snímacích zařízení umístěných na drony pro účely archeologického průzkumu publikovali *Adamopoulos – Rinaudo 2020*.

³² Jsou to jednak miniaturní laserové skenery a jednak kamery, které produkují multispektrální data, pořizovaná konkrétně ve třech základních barevných složkách přirozeného barevného podání (R, G, B), v blízké (NIR – Near Infrared) a v daleké (termální/teplotní) oblasti infračerveného záření (podrobně k tomu *Gojda 2017a*, kap. II. 4. 2;

Obr. 3.2 Pozdně halštatské čtvercové příkopové ohrazení s centrálně umístěnou hrobovou komorou na Podřipsku snímkané z dronu v době vrcholícího vegetačního cyklu ječmene a zachycené ve čtyřech různých podobách výstupu (RGB – barevný snímek ve viditelném spektru; UAV – Unmanned Aerial Vehicle, tj. dron; NIR – zviditelnění objektu v blízkém infračerveném pásmu / Near Infrared). *Koucká et al. 2018*.

3.1.1 Pořizování leteckých snímků fotoaparátem držným v ruce

Cílem aktivního leteckého průzkumu je (i) vyhledávání a evidence archeologických lokalit pomocí specifických příznaků v terénu a (ii) dokumentace historických prvků krajiny; prostředkem průzkumu je pořizování šikmých leteckých snímků. Je žádoucí, aby snímky měly potřebný informační obsah a zároveň splňovaly i jistá estetická kritéria.³³ Stejně jako pozemní fotografování má i snímkování z letadla svá

Themistocleous et al. 2018; k aplikaci v české archeologii nejnověji *Koucká et al. 2018*).

³³ *Gojda 2017a*, kap. II. 4. 2. 2.



Obr. 3.3 Speciální letecká fotokamera sloužící k pořizování kolmých (měřických) fotografií připevněná k podlaze letounu Cessna 172 Skyhawk.

pravidla, na jejichž naplnění závisí výsledná kvalita snímků. Přestože dnes existují široké možnosti následného zpracování fotografií pomocí počítačových programů, základní kvalitu snímků je třeba zajistit již při jejich pořizování, protože některé ze vstupních nedostatků snímku nedokážou změnit žádné dodatečné úpravy. Následující kapitola se týká výlučně šikmých leteckých snímků pořizovaných průzkumníkem z ruky, nikoli leteckých měřických snímků, které vznikají jinými způsoby (fotokamerami zabudovanými do podlahy speciálně upravených letadel; obr. 3.3). Optimální předpoklady pro vytvoření kvalitního snímku je třeba zajistit především v těchto ohledech:

- technické vybavení;
- stav terénu (stav vegetace zpravidla odpovídá ročnímu vegetačnímu a zemědělskému cyklu);
- osvětlení krajiny (denní doba a počasí);
- nastavení fotoaparátu;
- kompozice snímku (úhel pohledu, šíře záběru).

Po stránce **technické vybavy** lze pro účely leteckého snímkování doporučit digitální přístroj s vysokým rozlišením obrazu (již poloprofesionální fotoaparáty dnes běžně disponují rozlišením přes patnáct/dvacet megapixelů). Netřeba zdůrazňovat fakt, že i přestože současné kompaktní

aparáty a mobilní telefony mají poměrně vysoký standard, měly by být prioritou zrcadlovky – především kvůli optickým vlastnostem, které jim dodávají vyměnitelné objektivy. Jejich parametry jsou důležité stejně jako kvalita snímávacích zařízení, resp. počet snímávacích jednotek (pixelů). Jako vhodné se jeví objektivy s transfokátory (tzv. zoomy) v rozsahu 28/35–200 mm, protože v těchto ohniskových vzdálenostech lze pořizovat jak celkové záběry lokalit s krajinným kontextem, tak i pohledy z větší blízkosti (polodetail a detail).

Volba vhodné roční doby, resp. **stavu terénu**, je základem pro identifikaci archeologických lokalit pomocí příznaků. Podpovrchové objekty jsou viditelné zejména pomocí vegetačních (porostových) příznaků, a to v poměrně dlouhém časovém intervalu dvou až tří měsíců (květen – červenec) – jeho délka je závislá na množství srážek v první třetině roku (v němž probíhá letecký průzkum) a na intenzitě slunečního světla v jeho prvních jarních měsících. Ve střední Evropě s historicky dlouhodobým důrazem na hospodářskou exploataci krajiny formou orného zemědělství jsou to právě vegetační příznaky, které archeologie nejčastěji (lépe řečeno téměř výlučně) využívá k identifikaci zaniklých nemovitých památek pravěkého i historického původu.³⁴ Identifikace lokalit prostřednictvím

34 Fenoménu vegetačních příznaků je věnována rozsáhlá pozornost již od průkopnických dob letecké archeologie ve 20. letech minulého století (*Crawford 1924*), zájem o něj projevovali i badatelé v poválečné době (např. *Riley 1980*; *Jones – Evans 1975*; *Palmer 1996*; *Bewley 1996*, podrobně pak především *Wilson 2000* a *Barber 2011*). Podobně se většina citovaných prací věnuje také dalším druhům příznaků, které jsou předmětem dalších kapitol. *Rączkowski 2011*, 40–41 se ve srovnávací studii věnoval porostovým příznakům a jejich růstové a barevné proměně v době zrání na základě svých vlastních pozorování. Upozornil na to, že vedle půdního vláhového deficitu, jemuž byla dosud věnována téměř výlučná pozornost a který byl tradičně považován za jediný dynamický faktor ovlivňující tvorbu vegetačních příznaků, hrají roli také faktory biologické (nemoci rostlin, šířící se s livem zvýšené vlhkosti a teploty vzduchu v letních měsících). Nejobsáhleji se v posledních



jejich zviditelnění dalšími příznaky je vzhledem k jejich obtížné rozpoznatelnosti a zaměnitelnosti s přirozenými složkami krajiny (půdní příznaky), k jejich obvykle krátkodobému výskytu (sněžné/mrazové příznaky) a k téměř úplné absenci objektů zachovaných v otevřené krajině v podobě terénního reliéfu (stínové příznaky) spíše výsledkem náhody než efektivně vedené letecko-průzkumné kampaně. Každopádně platí,

letech většinu druhů příznaků (primárně vegetačním) věnoval *Doneus 2013*, 159–180. Problematikou identifikovatelnosti porostových příznaků ve střední Evropě se naposledy zabýval *Czajlik et al. 2021*. Středomoří (konkrétně Řecko a Kypru) se na souboru multispektrálních a hyperspektrálních družicových dat v závislosti na spektrálním pásmu a na výsledcích pozemních spektrometrických měření fenologického cyklu (prováděných v letech 2001–2012) věnovali *Agapiou et al. 2013*. Zjistili, že na dvou sledovaných, v mnoha ohledech rozdílných kyperských lokalitách (Alampra a Acheleia), kde se pěstoval ječmen a pšenice, je pro detekci porostových příznaků nejvhodnější období dvou týdnů ve vrcholné části fenologického (vegetačního) cyklu, tedy v době ukončení růstu obilí na konci tzv. zelené fáze.

Obr. 3.4 Pravidelně koncipovaná městská zástavba snímkaná s využitím bočního osvětlení a středně dlouhých stínů (Praha-Vinohrady).

že půdní příznaky je nejlépe možné detekovat na povrchu čerstvě zoraného (případně zavláčeného) pole jak po podzimní, tak po jarní orbě (čerstvě vyoraná tmavší výplň zahluobených objektů – v této situaci nejlépe kontrastuje s okolní světleji zabarvenou plochou), zatímco příznivé podmínky pro zviditelnění pohřbených objektů v zimním období mohou nastat v jeho průběhu opakovaně (opakované zasněžení holého povrchu polí, koncová fáze období silných mrazů, zahájení procesu tání apod.).³⁵

Vůbec nejhodnotnější dokumentační záběry historických památek lze získat v prostředí zimní krajiny, protože v této době dobře vyniknou geomorfologické tvary (např. ostrožny), příkopy

³⁵ Nejpodrobnější přehled o všech druzích příznaků – indikátorů existence pohřbených reliktů antropogenního původu – a o procesech spojených s jejich utvářením byl v ČR publikován před pěti lety (*Gojda 2017a*, kap. II. 3).



Obr. 3.5 Soliterní vrch s dominantou hradní zříceniny v přirozeném barevném podání letního podvečera (Klapý/Házmburk).

a valy opevnění (hradišť, hradů, tvrzíšť), které jsou ve vegetačním období zastřené, a tudíž fototelecky nedokumentovatelné.

Nejdůležitějším faktorem pro pořízení kvalitní fotografie je **osvětlení** krajiny. Zatímco při svítá-



Obr. 3.6 Využití dlouhých stínů (slunce nízko nad obzorem) pro dokumentaci novověké reduty (Hradčanské stěny).

ní a za soumraku je světlo narůžovělé, jasné světlo v poledne má namodralý odstín. Jiné vlastnosti má snímek pořízený s využitím předního, resp. bočního osvětlení a protisvětla. Účinky světla je potřeba znát zejména při fotografování krajiny, urbánních celků a architektury. Při využití předního světla vystupují barvy snímkaného areálu a objektů nacházejících se v čele snímkané lokality, avšak chybí hloubka pohledu a snímky mohou působit ploše. Při bočním osvětlení se naopak zvýrazňuje povrchová struktura objektů, stíny zdůrazňují členitost architektury a zvyšují plasticitu zastavěných ploch a terénní morfologie (obr. 3.4). Velice působivé jsou snímky pořizované v podvečer, kdy nízké sluneční světlo ozařuje v teplých barevných tónech krajinu s památkami (obr. 3.5). Takovým snímkům dodávají plasticitu delší stíny (obr. 3.6), což je mimořádně důležitý efekt především při fotografování porostových příznaků zviditelňujících pohřbené objekty. Platí to prakticky v kterékoli fázi vegetačního cyklu, poněvadž rozdíl ve výšce plodin (nejčastěji se jedná o pozitivní příznaky) je vizuálně umocněn (obvykle



Obr. 3.7 Rozdíl ve zviditelnění objektů na sídlišti ze starší doby železné na Podřipsku prostřednictvím vegetačních příznaků: (a) v poledne a bez slunečního osvětlení (b) v podvečer při využití dlouhých stínů.



Obr. 3.8 Nízké světlo v husté městské zástavbě zastiňuje většinu plochy historického jádra i jednotlivých staveb a celkové dispozice.

kratšími stíny, což vytváří vhodné podmínky pro větší plasticitu a zdánlivě trojrozměrné vnímání útvarů na snímkané ploše. Zásadnější význam to má v období, kdy se stále ještě zelené obilí, rostoucí nad zahloubenými objekty, začíná transformovat do žluté barvy okolních plodin, a kdy se na určitou dobu vytrácí jejich vzájemný barevný kontrast. Rozhodující význam má v takové situaci pochopitelně výškový rozdíl obilí (obr. 3.7).

Při snímkování městské zástavby však příliš nízké světlo může být na škodu, protože tak mohou být zastřeny další objekty nebo jejich části (obr. 3.8). Pro pořizování fotografií zachycujících rozsáhlá krajinná panoramata je důležitá naprostá absence mlžného oparu, který je bohužel v různé míře přítomen v ovzduší po většinu dní v roce.

V případě intenzivního slunečního svitu je samozřejmostí použití sluneční krytky před objektiv. Doporučit lze i používání filtrů umístěných před objektiv fotografického přístroje. Jejich význam spočívá jednak v ochraně objektivu před mechanickým poškozením a znečištěním a jednak v tom, že zlepšují kvalitu snímku. Pro zvýšení kontrastu a snížení účinku mlžného oparu u černobílých fotografií se doporučuje aplikace žlutých až oranžových filtrů, u barevných filmů je žádoucí mít nasazen polarizační UV filtr, který pohlcuje ultrafialové záření, čehož účinkem je zostření kontur a zvýrazněná sytost

barev. Na druhou stranu je třeba připomenout, že důležitost těchto pomůcek do značné míry nahrazují možnosti obecně dostupného softwaru na zpracování (editaci) digitálních fotografií, přičemž však platí pravidlo, že čím kvalitněji je zachycen obraz na původním záznamu, tím lépe. Postexpoziční editační zásahy do primárních fotografií po jejich načtení do počítače na jedné straně zvyšují potřebný estetický dojem ze snímku a jeho vypovídací možnosti – což má ve vědecké práci zásadní význam –, na straně druhé ale mohou mít negativní účinek na kvalitu a autenticitu dat. Týká se to např. pořizování série šikmých leteckých snímků, které mají být následně poskládány do jednoho obrazového výstupu a jež mají sloužit k vytvoření trojrozměrné vizualizace zájmového objektu.

Správné **nastavení fotoaparátu** je rovněž důležitým předpokladem kvality výsledku. Fotoaparáty používané při pořizování šikmých leteckých snímků by měly mít nastavitelnou dobu expozice, protože vibrace způsobené pohybem letadla a vliv termiky mohou způsobit rozostření výsledného snímku. Proto doporučujeme nastavit závěrku aparátu na 1/500 vteřiny a prodlužovat čas expozice pouze v případě klidného letu bez turbulencí, nebo při zhoršených světelných podmínkách. Ty způsobuje nejen nedostatek slunečního svitu, ale také nastavení velké ohniskové vzdálenosti transfokátoru/zoomu, v případě používání klasického fotomateriálu také málo citlivý film. Pokud snímáme za ideálních letových podmínek, tedy zcela bez výkyvů letounu na horizontální a vertikální ose letu, je v takovém případě dobré závěrku zastavit na pomalejší chod (1/250, 1/125), u moderních značkových fotoaparátů je možné exponovat i se zapnutým automatickým nastavením poměru čas/clona (závěrka se při slunečném počasí obvykle automaticky nastaví na hodnotu v intervalu 1/250–1/400).

Kvalita odborné informace obsažené ve snímku i jeho estetické působení jsou velmi závislé na jeho **kompozici**. Jelikož jde v první



řadě o snímky odborné, které mají být dále zpracovávány, je třeba dodržet několik pravidel, např. to, že (i) sledovaný půdorys zviditelněného objektu (lokality) by měl být zobrazen celý; (ii) na snímku by se mělo nacházet co nejvíce tzv. referenčních (vlíčovacích, orientačních) bodů, tj. míst na fotografii, které lze následně ztotožnit se známými souřadnicemi v geoprostoru a využít je při rektifikaci snímků; (iii) snímek by měl být pořízen co nejvíce kolmo, protože to pak zpřesňuje prostorové zpracování informace (toto pravidlo platí pro snímkování lokalit viditelných na přízncích, nikoliv pro dokumentaci historických památek).

Vždy je důležité řídit se zásadou, že snímekovaný objekt je třeba pozorovat ze všech úhlů, tj. nechat letadlo kroužit nad ním a následně vybrat nejlepší místo k pořízení série snímků, případně videozáběrů (obr. 3.9). Je nutné dbát na to, aby byly záběry zájmového objektu/lokality pořízeny jednak v krajinném kontextu (a využilo se přitom různých možností k dosažení co nejlepšího výsledku, např. kombinací sněžného efektu, nízkého světla a použití teleobjektivu; obr. 3.10) a jednak v detailu. Jak již bylo zmí-

Obr. 3.9 Kontrast světla a stínu podpořený tenkou sněhovou pokrývkou terénu umožnil pořídit z konkrétní polohy letadla (vůči slunci) fotografii s dobře patrným příkopem polního opevnění (Chlum, Baterie mrtvých).

něno, při leteckém snímkování za účelem dokumentace památek je třeba vyváženě zohledňovat dokumentační a estetické požadavky, které by snímky měly splňovat.

Samostatnou kapitolou tvoří fotoletecká dokumentace archeologických výzkumů, především plošně rozsáhlých areálů. Nejsystematičtější se v české archeologii postupovalo při několika dlouhodobých předstihových výzkumech ARÚ. Podařilo se takto zdokumentovat jednak postup prací při odkryvu a v jednotlivých segmentech ohrožených ploch a jednak zvolenou metodiku výzkumu (např. různé druhy sondáže; obr. 3.11).

3.1.2 Pořizování fotografií z dálkově řízených letounů (dronů)

Aktivní přístup k pořizování archeologických fotoleteckých dat se donedávna týkal pouze praxe, o níž jsme pojednali v předchozí kapitole,



Obr. 3.10 Využití teleobjektivu ke zdůraznění kontrastu zastíněné krajiny na pozadí historicky významného sídla (osvětleného paprsky zimního odpoledního slunce a jeho strategického umístění nad údolím řeky Berounky (hradiště Tetín).

tedy produkce šikmých leteckých fotografií. Teprve v minulém desetiletí došlo v souvislosti s nástupem bezpilotních (lépe řečeno dálkově ovládaných/pilotovaných) letadel k významnému obratu. Ten spočívá v možnosti pořizovat snímky

Obr. 3.11 Dokumentace archeologického výzkumu pořízená: (a) z výšky 300 metrů z letadla fotoaparátem drženým v ruce; (b) kolmými snímky z výšky 15 metrů prostřednictvím kamery zabudované do dronu (a – stavba silničního obchvatu Kolína; b – výzkum eneolitické dlouhé mohyly u Dušníků na Litoměřicku).



zájmových lokalit v kvalitě, která umožňuje vytvářet jejich prostřednictvím přesné fotoplány/fotomapy jak terénním odkryvem zkoumaných nalezišť, tak i dalších archeologických situací. Kvalita primárních dat v tomto případě spočívá v jejich minimálním geometrickém (prostorovém) zkreslení, což je předpokladem k dosažení vysoké kartografické přesnosti výstupů. Znamená to pracovat přednostně: (1) s kolmými leteckými (měřickými) fotografiemi získávanými buď za úplatu přímo od jejich pořizovatelů, anebo z méně přesných veřejně dostupných zdrojů na internetu v podobě ortofotomap (georeferencovaných ortogonálních snímků exponovaných z vysoko letících letadel); (2) se snímky pořizovanými aktivně (přímo) archeology pomocí dronů.



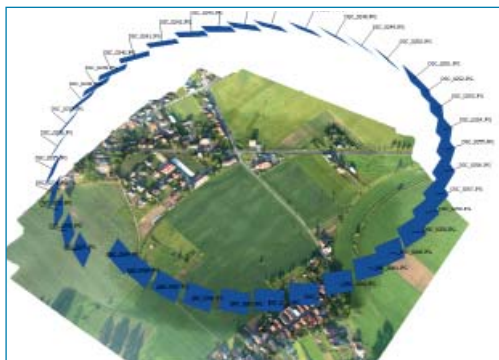


Obr. 3.12 Kolmá letecká fotografie části pravěkého sídliště na Litoměřicku (nahore) pořízená z dronu DJI Inspire 1 kamerou Zenmuse X5 s originálním rozlišením 4 600 × 3 448 pixelů. Vedle klasických dronů (vlevo dole) jsou pro fotogrammetrické snímkování vegetací zviditelněných pravěkých areálů využívána také křídla (vpravo dole).

Letecké snímkování z bezpilotních letadel se stává standardní metodou dokumentace archeologických terénních výzkumů všeho druhu, protože jeho potenciál tkví primárně v pořizování obsahově i polohově kvalitních měřických snímků. Zatímco v minulých letech bývaly drony součástí přístrojového vybavení pouze několika archeologických pracovišť, nyní se, vzhledem k jejich nízké pořizovací ceně (při stále rostoucí technické kvalitě a miniaturizaci), stala tato zařízení nepostradatelným a vysoce efektivním nástrojem tvorby digitálních plánů terénním odkryvem zkoumaných ploch. Dodejme, že drony je možné výborně využít také např. k pořizování kolmých a šikmých snímků pohřbených lokalit, jejichž zahloubené objekty (různé druhy jam, včetně sloupových/kulových, zemnice, příkopy, žlaby aj.) se dočasně projevují ve formě vegetačních příznaků. Tyto snímky lze následně využít jak k tvorbě plánů lokalit, tak digitálních (výškopisných) modelů povrchu (srov. kap. 5.2).

Drony můžeme pro detailní mapování lokalit využít několika způsoby. V případě lokalit menší rozlohy lze pracovat s jedním snímkem pořízeným kolmo k povrchu, obvykle z výšky několika desítek metrů (obr. 3.12). Pokud fotografujeme lokalitu

o větší rozloze, či při požadavku dokumentace dané lokality ve velmi vysokém rozlišení, lze území nasnímkovat stejným způsobem z menší letové výšky po částech, které budou posléze pomocí vhodného softwarového nástroje (či manuálně) spojeny ve výsledný celek. Podobně jako u šikmého leteckého snímkování je nutno dodržovat stejné zásady jako při prvně jmenovaném způsobu – především vyfotografovat na okrajích výsledného obrazu body nemovitého charakteru, jež budou později sloužit jako referenční body při procesu rektifikace. Snímky pořízené výše uvedeným způsobem jsou sice kolmé, ale pouze ve středovém bodě snímku, nikoliv v paralelním ortogonálním zobrazení. Vzhledem k relativně malé letové výšce dochází na okrajích pořízené fotografie ke značnému zkreslení. Nicméně pro potřeby archeologického mapování je tento způsob dokumentace lokalit zcela dostačující a ve výsledku přesnější než šikmé letecké snímkování.



Obr. 3.13 Schematické znázornění umístění šikmých snímků ve vzdušném prostoru nad příkopovým ohrazením, pořízených z letadla za účelem vytvoření digitálního modelu reliéfu (vícesnímková fotogrammetrie).

Jako vysoce perspektivní zdroj dat pro dokumentaci archeologických lokalit a stavebně historických památek se ukazují 3D modely zpracované procesem vícesnímkové fotogrammetrie na základě metody *Structure from Motion*. Jedná se o extrakci digitálního výškopisného modelu ze série šikmých, vzájemně se překrývajících snímků opatřených záznamem geografické polohy dle GNSS (obr. 3.13). Záznam polohy fotoaparátu při pořízení snímku je nezbytný pro výpočet výsledného 3D modelu, a zároveň je zdrojem pro následné usazení modelu či vyrenderovaných ortorektifikovaných fotografií do mapového podkladu. Pro fotogrammetrické zpracování jsou vhodná jak vstupní data pořízená šikmým leteckým snímkováním, tak i pomocí šikmého snímkování z dronu. Uvedený proces přináší oproti pořizování kolmých snímků dvě klíčové výhody. První z nich je možnost renderu texturovaného 2D povrchu v paralelním ortogonálním zobrazení bez jakéhokoliv zkreslení v důsledku perspektivy. Druhou výhodou je již zmíněné georeferencování výstupů, kdy při importu dat do GIS není nutná manuální rektifikace.³⁶

36 K využití dronů v archeologickém průzkumu viz např. Juračka et al. 2017, 31–33; Koucká et al. 2018; Risbøl – Gustavsen 2018; Themistocleous et al. 2015. Poslední obšířlý přehled o potenciálu snímacích zařízení umístovaných

3.2 Pasivní způsoby sběru dat DAP

V současnosti již badatelé (archeologové, krajinní historici aj.) nejsou odkázáni pouze na každoroční přírůstky nově objevených lokalit leteckými archeology pomocí porostových příznaků. Mohou dnes pracovat s dalšími prameny, které začaly být široce dostupné od přelomu milénia. Jedná se o digitální obrazová data pořizovaná technikami DPZ, která produkují snímací zařízení (kamery, aktivní a pasivní spektrometrie) umístěná na obloze a ve vesmírném prostoru na palubě letadel, resp. družic, a shromažďující data v automaticky (před)nastaveném intervalu. Jejich pořizování není procesem, jehož parametry nastavují archeologové, resp. specialisté v oblasti DAP. Jinak řečeno: zatímco letecké snímky pořizované během aktivního průzkumu jsou de facto záznamem výsledku (tedy identifikace konkrétního archeologicky relevantního areálu/objektu), obrazová data DPZ – *letecké měřické snímky* (LMS),³⁷ družicové (optické a radarové) snímky,³⁸ data leteckého laserového skenování³⁹ – jsou pramenem dokumentujícím zemský povrch v celistvosti, takže potenciální přítomnost zahloubených a/nebo v terénním reliéfu zachovaných archeologických nemovitých památek je nutné jejich analýzou a interpretací teprve zjistit.⁴⁰ S rostoucím povědomím o existenci rozsáhlých a pro účely archeologie dosud jen minimálně využívaných fondů, jimiž disponují archivy leteckých (převážně analogových) fotografií na celém světě (řádově mnoho desítek milionů) na jedné straně, a o dnes jen

na drony pro účely archeologického průzkumu publikovali Adamopoulos – Rinaudo 2020. Podrobně k fotogrammetrickým postupům při mapování Šmejda 2009, 81–87. Více viz také Gojda – Gojda 2017.

37 Šmejda 2009.

38 Gojda – John 2009; Parcak 2009.

39 Agudo et al. 2018; Crutchley – Crow 2010; Risbøl – Gustavsen 2018; Gojda – John eds. 2013.

40 Doneus 2013; Gojda 2017a, kap. II. 4.

obtížně kvantifikovatelném množství digitálních obrazových dat produkovaných kontinuálně probíhajícím DPZ na straně druhé, je zřejmé, že aktivní letecko-archeologická prospekce rychle ztrácí svoje výsadní postavení. Nebude to zřejmě dlouho trvat, a v heuristickém procesu bude používána spíše ojediněle, např. při rozsáhlém výskytu porostových příznaků v extrémně suchých letech, zatímco hlavní pozornost DAP se bude upírat na práci s pasivními produkty DPZ.

Pro relevanci uvedeného konstatování má samozřejmě největší význam fakt, že obrazy zemského povrchu z družic a vysoko letících letadel jsou od prvních roků našeho věku zdarma veřejně dostupné na mapových serverech a geoportálech institucí státní správy,⁴¹ i když v případě družicových snímků jsou radarová a optická data s velmi vysokým prostorovým rozlišením zpoplatněna. To samé se týká fondů archivu Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu v Dobrušce (VGHMÚř), nejvýznamnějšího zdroje historických leteckých měřických snímků ČR, kde je možné získat digitální kopie snímků pořizovaných od roku 1937.⁴² Vzhledem k tomu, že měřické fotografie, poskládané ve webových portálech do podoby ortofotomap kontinuálního (bezešvého) pokrytí celé ČR, jsou produkovány a aktuálně zařazovány do portálů ve stále kratším časovém intervalu, nadto jsou často pořizovány v ročním období příznivém pro vizualizaci pohřbených památek, je jasné, že je

na nich zachycena řada archeologických lokalit zviditelněných vegetačními příznaky. I když to zatím explicitně (statisticky) zjišťováno nebylo, zkušenost ukazuje, že se může jednat o zhruba polovinu všech archeologicky pozitivních poloh evidovaných během letecko-průzkumných kampaní ARÚ v letech 1992–2015. Každopádně možnost využívat bezešvé ortofotomapy zpřístupněné bezplatně na internetu a pracovat s originálními daty DPZ (tj. se satelitními snímky s velmi vysokým rozlišením, s LMS a s robustními lidarovými daty) v prostředí řady vyspělých softwarů určených pro pokročilé zpracování a analýzu digitálních obrazových a prostorových dat dovoluje dnes zahrnout tato data do každodenní praxe jak v rámci terénního výzkumu, tak při jeho zpracování. Tato otevřenost v přístupu k datům DPZ radikálně změnila – a samozřejmě liberalizovala – původně výlučné postavení letecké archeologie, a to nejen uvnitř odborné komunity, nýbrž také ve veřejném prostoru.⁴³

43 Bylo by samozřejmě možné dlouze probírat klady a zápory tak rozsáhlého (prakticky bezbřehého) uvolnění těchto dat do veřejného prostoru, a to nejen z hlediska ochrany a ohrožení archeologického dědictví (např. *Contreras 2010; Fradley – Sheldrick 2017; Gojda 2017c*), ale také vzhledem k možnostem, jak odborně zaškoleným amatérským zájemcům umožnit zapojení do vyhledávání a evidence archeologických pramenů prostřednictvím tzv. crowdsourcingu (*Duckers 2017*; internetová platforma *Portál amatérských spolupracovníků / PAS AMČR*, která směřuje ke spolupráci s amatérskými zájemci o archeologii, konkrétně s detektoráři, byla připravena a spuštěna péčí pražského a brněnského ARÚ).

41 U nás zejména: <https://www.mapy.cz/>, <https://geoportal.gov.cz/>, <http://geoportal.cuzk.cz/>

42 <http://www.mapy.army.cz/historicke-lms>

4 SPRÁVA FOTOLETECKÝCH DAT

Metodika správy leteckých fotografií vždy vychází z cílů projektu, v němž byly fotografie pořizovány. Způsob správy a následné archivace by měl být v hlavních rysech vyřešen již při přípravě terénního výzkumu, a to v rámci projektové dokumentace, která tyto kroky zařadí do celkového procesu vytváření leteckých dat a zacházení s nimi, tj. jejich sběru, popisu, ukládání, zpracování, analýzy, archivace a publikace. Každý projekt by měl mít svou metodiku jednoznačně (písemně) definovanou, a to se zohledněním předkládaných zásad. Zároveň musí být zajištěno její plné uplatňování a dodržování ze strany projektového týmu a uložení společně se vzniklou dokumentací. Tato metodika poskytuje seznam zásad, které by nikdy neměly být opomíjeny, a zároveň nabízí příklady konkrétních řešení, svázaných s praxí v rámci zainteresovaných institucí a užíváním AMČR jako trvalého úložiště.

4.1 Základní kroky a zásady správy leteckých dat

Bez ohledu na detaily lze proces správy (tj. utřídění a uložení získaných dat do úložiště, kde jsou přístupná a využitelná pro další práci) rozdělit do několika logických kroků, které zpravidla časově následují jeden po druhém, ale mohou se i různým způsobem prolínat:

- kompletace dat a jejich zajištění;
- výběr a třídění snímků;
- označení snímků;
- metadatový popis souborů;
- převod dat do pracovního úložiště.

Po těchto krocích obvykle probíhá odborné zpracování obsahu leteckých snímků a vždy by mělo dojít k jejich uložení do trvalého archivu. Problematiky odborného zpracování snímků a jejich trvalé archivace jsou však logicky následující a relativně nezávislé, proto je rozebíráme v samostatných kapitolách (kap. 5 a 6).

Zásady správy leteckých dat zde pojednáváme v takové míře zobecnění, aby byly široce uplatnitelné bez ohledu na specifika konkrétního letecko-archeologického projektu. I když považujeme postupy a pojmy AMČR za udržitelné a vhodné pro širší uplatnění, pro lepší srozumitelnost této kapitoly pracujeme s obecnějším archeologickým pojmoslovím, které nemá přímý vztah k terminologii AMČR (viz kap. 6.3).

4.1.1 Kompletace dat a jejich zajištění

K prvním krokům podstatným pro správu dat dochází ještě v přímé souvislosti s průzkumným letem, tedy před ním, během něj či bezprostředně po něm. S ohledem na validitu dat a jejich co nejspolehlivější uložení je třeba věnovat pozornost několika bodům:

- **před letem**
 - kontrola nastavení fotoaparátu (datum, nastavení GNSS aj.) v případě, že jako součást metadat leteckých snímků mají být použita EXIF data z fotoaparátu;
- **ihned po skončení letu**
 - vyplnění či doplnění záznamu o letu v pracovní verzi;

- kontrola, zda pořízené záznamy v mapách a poznámky v dokumentech jsou úplné a validní;
- ověření, že snímky byly úspěšně pořízeny a uloženy;
- přesun snímků do pracovního (dočasného) úložiště (viz kap. 4.2.1).

Od chvíle pracovního uložení by měla platit zásada, že od všech pořízených snímků musí stále existovat nejméně dvě kopie na různých médiích (viz kap. 4.2.2) a při úpravách snímků by měl být uchován též původní nezměněný originál pro případnou další potřebu.

Pokud fotografujeme na klasický materiál, je dalším krokem laboratorní zpracování exponovaných filmů do podoby obrazového pramene (negativy, diapozitivy, kontaktní a/nebo zvětšené pozitivy – finální fotografie). Ve většině případů se barevné záznamy nechávají zpracovat v komerční servisní laboratoři, černobílé snímky lze bez problému vyvolávat a zvětšovat v příslušně vybavené fotolaboratoři. V současnosti se však klasický způsob fotografování již téměř nepoužívá.

4.1.2 Selektce snímků

Než se přejde k dalším krokům, mělo by dojít k výběru (selekcí) snímků, které budou dále zpracovány, nadbytečné snímky se skartují. Vyřazený by měly být fotografie, které neodpovídají potřebné kvalitě, nebo je z jiných důvodů nemá smysl dlouhodobě ukládat.⁴⁴ Stanovení kritérií pro výběr snímků spočívá jak v rovině technické (neostře či chybně pořízené snímky, nevyhovující kompozice, duplicitní snímky), tak v rovině obsahové (jaké informace bylo záměrem zachytit a uchovávat a v jakém množství). Rozhodnutí o selekcí a o jejích kritériích by nemělo

být stanovováno *ad hoc*, naopak by mělo být definováno jako součást *plánu datové správy* (*Data Management Plan*; DMP) již při samotné přípravě projektu, mělo by vyhovovat všem potřebám projektového týmu a mělo by být konzultováno se správcem archivu, kde je plánováno trvalé uložení dat. V praxi může selektce probíhat v různých fázích zpracování, neboť teprve postupně můžeme docházet k závěru, které snímky jsou informačně hodnotné a vhodné pro trvalé uchování.

První (hrubá) selektce a skartace by měly být provedeny vždy co nejdříve po vykonání průzkumu, a to s cílem vytřídit zcela chybné a nadbytečné snímky. Vzhledem k náročnosti zpracování a uchování snímků je výhodné maximálně omezit obsahovou redundanci dat. S nástupem digitální fotografie, která minimalizovala náklady na pořízení a vyvolávání snímků (původně zatížené cenou fotografického materiálu a služeb fotografických laboratoří), dochází často až k neúnosnému nárůstu počtu pořizovaných snímků bez adekvátního informačního přínosu. Účelnost uchování takových dat je sporná. Selektce je tedy postupem, kdy se z neutříděných surových dat vyberou podle jasně stanovených kritérií takové snímky, u nichž je žádoucí investovat další prostředky a kapacity do následných procesů zpracování. V případech, kdy je cílem např. vytvoření přesného 3D modelu lokality pomocí vícesnímkové fotogrammetrie, může zůstat objem uchovávaných dat stále vysoký, náročnost zpracování dat však může být omezena kupř. jejich skupinovým popisem. Rozlišení jednotlivých kolekcí pro různé typy zpracování a uchování je důležité dobře zaznamenat v dokumentaci, stejně jako evidovat vlastní metodiku výběru a její případné změny (či záměrné odchylky od ní).

Celkově vzato probíhá proces selektce v leteckých datech obvykle v několika krocích, v jejichž rámci dochází k postupnému zužování datového souboru v souladu se záměry při-

⁴⁴ K zásadám selektce a skartace viz také *Oniszczuk et al. 2021*.

slušného projektu. Obecně lze hovořit o těchto souborech dat:

- všechny pořízené snímky;
- snímky určené k uložení v pracovním úložišti a zpracování v rámci projektu (předchází hrubá selekce);
- snímky k trvalému uložení (oproti předchozímu výběru může, ale nemusí být výběr zúžen);
- snímky vybrané pro rektifikaci a vektorizaci objektů.

Při všech krocích selekce je hlavním cílem zajistit optimální poměr mezi náklady na zpracování a archivaci dat a získaným odborným efektem. V případě hrubé selekce jsou důvody zřejmé, neboť snímky v pracovním repozitáři nejenže zabírají určitou kapacitu, ale vyžadují i základní utřídění a metadatový popis. Příprava snímků pro trvalé uložení pak zahrnuje nejen podrobný metadatový popis, ale i obsahové zpracování. Rektifikace snímků je rovněž poměrně pracná a v zásadě ji nemá smysl provádět u více než jednoho nebo několika málo snímků z lokality jakožto podkladu pro vektorizaci.

4.1.3 Označování snímků

Z důvodu bezpečnosti uložení dat je již v počátku projektu třeba zvolit udržitelný systém pojmenování snímků, který zajistí jejich nezaměnitelnost a dovolí ztotožnění jednotlivých verzí (digitálních i analogových). V případě digitálních souborů by pracovní verze měly být ukládány vždy odděleně od originálů (využití podsložek v adresářové struktuře), nebo odlišeny prefixy/sufixy. Z praktických důvodů mohou být rovněž uloženy v odlišném formátu a v jiné obrazové kvalitě než primární data určená k archivaci.

Při popisu snímků by se mělo vždy preferovat označení jednotlivých fotografií pomocí unikátních **trvalých identifikátorů** (přírůstkových čísel) a jejich propojení s popisem

v rámci databáze. Jednotná konvence v pojmenování snímků a digitálních souborů by měla být stanovena v DMP, který je nedílnou součástí projektové dokumentace. Výhodou označování snímků pomocí trvalých identifikátorů je jejich stálost, kdy při chybném zařazení či změně názvu lokality není nutné provádět přejmenování dílčích fotografií, které může vést k chybám. Celý proces pojmenování lze rovněž v případě digitálních snímků automatizovat. Pokud mají snímky svůj digitální i analogový ekvivalent, mělo by být zachováno shodné (nebo alespoň snadno převoditelné) označení obou verzí. Za méně vhodné je možno považovat užívání významových označení, tvořených popisnými údaji.⁴⁵ Ty mohou být lépe reprezentovány na úrovni adresářové struktury v úložišti a jsou vždy nedílnou součástí metadat. Nevhodné je též užívání původních označení přidělených fotoaparátem či digitalizačním zařízením (skenerem), neboť tyto přírůstkové řady nezajišťují nezaměnitelnost názvů souborů v úložišti.

4.1.4 Uložení snímků v pracovním úložišti

Při dodržení pravidla průběžného zálohování dat (viz kap. 4.2.2) není rozhodující, jakou přesnou formu má pracovní úložiště užívané při

45 Např. názvem katastru a okresu, označením lokality na daném katastru a pořadovým číslem snímku („Hořín 3 (ME), 26“: dvacátý šestý snímek lokality objevené na katastru obce Hořín, okr. Mělník, jako třetí v pořadí od doby zahájení leteckého průzkumu do současnosti; „Stradonice (BE), 15“: v pořadí patnáctá letecká fotografie dokumentující archeologickou nemovitou památku na konkrétním katastru, v tomto případě oppidum). Tento systém byl dlouhodobě užíván např. v rámci leteckého archivu ARÚ, s ohledem na převod do digitální podoby od něj však bylo upuštěno. V případě digitálních dat by navíc mělo být striktně omezeno použití speciálních znaků v rámci názvů souborů. V uvedených případech by tak formát pracovního pojmenování odpovídal např. „Horin_3_ME_26.tif“ a „Stradonice_BE_15.tif“.

zpracování snímků. Ve všech případech by však snímky měly být již od počátku utříděny logicky podle předem stanovené metodiky. Vhodné je jejich třídění do složek (adresářů) podle letů, případně podle lokalit. V každém případě musí být neprodleně po provedení každého letu doplněna přírůstková evidence fotografií, v jejímž rámci je snímku přiděleno trvalé označení a v příslušných tabulkách v databázi jsou evidována související metadata. Tento krok může mít v praxi různá specifická řešení: od využití běžných souborových manažerů a tabulkových procesorů přes systémy určené ke správě fotografií (zde pozor na uchování autenticity a možnosti exportu souvisejících metadata ve formátech vhodných pro další zpracování) až po využití specializovaných informačních systémů.

Analogová data, tedy soubor originálních negativů, diapositivů a zvětšenin snímků, jsou po svém základním zpracování umístěny do archivních složek (např. pozitivní zvětšeniny negativů do kartonových desek s postranními chlopněmi/tkanicemi, diapositivy do typizovaných krabiček a plastových pořadačů umístěných do šanonů) řazených katastrálně a/nebo kategoricky, případně také přírůstkově. K fotografiím může být přiřazena další dokumentace, která se k daným lokalitám váže (archivní a publikované údaje o nálezech, data z povrchových sběrů, geofyzikálních měření, exkavace apod.). Vedle toho by měla složka obsahovat kopii mapového výřezu (v mapě velkého měřítká, alespoň 1 :10 000) s vyznačením poloh snímkovaných lokalit (obr. 4.1). Každá fotografie by měla být označena popiskem s alespoň těmito základními údaji: identifikátor lokality, z něž vyplývá název katastru, okres (kraj), orientační poloha v souřadnicích, datum pořízení snímku, číslo negativu (diapositivu). Pokud jsou již známy, mohou být připojeny údaje o charakteru lokality, druzích zastoupených objektů atd.



Obr. 4.1 Šrafovanou plochou jsou vymezeny lokality detekované prostřednictvím vegetačních příznaků na leteckých fotografiích.

4.1.5 Metadatový popis snímků

Podobně jako u dalších typů archeologických výzkumů, i v letecké archeologii je podstatné průběžné vedení evidence vznikající dokumentace (snímků), a to souběžně s popisem aktivit, při kterých byly snímky pořízeny, okolností jejich pořízení a dalších údajů podstatných pro jejich další uložení, zpracování a budoucí využití. Popisná data označujeme jako tzv. **metadata**, tedy doplňující údaje, jež dále charakterizují **datové soubory** (snímky). V některých případech je vhodné zaznamenávat též specifická procesní metadata (**paradata**), podávající informace o způsobu tvorby dat a metadata (např. využitý software, technologické postupy, zvolené parametry apod.). Základní metadata můžeme rozdělit do následujících skupin:

- **Popis projektu** (záměru, grantu, výzkumného programu), v jehož rámci byl realizován letecký průzkum. Tento popis by měl být součástí základní projektové dokumentace. Je vždy důležité udržet vztah mezi konkrétním snímkem a projektem, což může být realizováno zprostředkovaně na úrovni databáze, např. uvedením evidenčního označení projektu v atributech každého letu. Přiřazení k projektu je podstatné zejména s ohledem vazby na metodu užitou při sběru a zpracování snímků.
- **Popis letu** (průzkumu), při němž byl snímek pořízen. Záznam o letu (počasí, dohlednost, pozorovatel, trasa, užitý letoun apod.) vzniká bezprostředně po jeho vykonání jako samostatný dokument, který by měl být následně převeden do digitální podoby – na záznam v tabulce/databázi. Každý snímek by měl být provázán s číslem příslušného letu.
- **Popis snímku** (dokumentu), způsobu jeho pořízení a prostorové lokalizace. Nezbytným předpokladem budoucího využití evidovaných dat je především základní určení místa pořízení jakožto bodu v některém z běžných souřadnicových systémů (tzv. georeference), resp. dříve v topografické mapě středního měřítka (1 : 25 000 nebo 1 : 50 000). Používali-li za letu palubní stanici GNSS propojenou s fotoaparát, je zeměpisná poloha každého snímku uložena v digitálním souboru jako EXIF data (*Exchangeable Image File Format*). V EXIF bývají obvykle ukládány též další údaje o nastavení fotoaparátu v době pořízení snímku, které je možné a žádoucí dále uchovat (clona, čas expozice, ohnisková vzdálenost apod.). Obecné podmínky pořízení jsou obvykle součástí popisu celého letu, u konkrétního snímku je proto třeba zaznamenat zejména přesné datum a čas pořízení. Při správném nastavení fotoaparátu je tento údaj součástí základních technických metadat souboru a lze jej tak (podobně jako údaje z EXIF) získat automaticky pomocí souborového manageru či software pro správu fotografií.
- **Evidence dokumentovaných lokalit.** Součástí základního zpracování leteckých dat by měla být rámcová identifikace a vytváření soupisu archeologických lokalit dokumentovaných na leteckých snímcích (k pojmu lokalita více viz kap. 6.3) Lokality jsou obvykle identifikovány názvem katastrálního území a pořadovým číslem, ale možností je více. Při vytváření soupisu lokalit je nutné připojit jejich rámcové prostorové vymezení, a to alespoň jedním bodem. Tyto údaje usnadní další zpracování fotografií, které obvykle probíhá po jednotlivých lokalitách. Pokud jsou dostupné GNSS souřadnice, lze pro určení lokality použít také lokalizační údaje ze snímku, pořízeného co nejbližší středu dokumentované lokality (ovšem tento údaj je vždy problematický, protože letoun v okamžiku snímku nemůže být přímo nad lokalitou) a potřebné údaje přiřadit s využitím GIS. Přesné prostorové vymezení polohy objektů na fotografiích je možné až po provedení dalších kroků zpracování (rektifikace; georeference; viz kap. 5.2).

Přesná sestava vytvářených metadat je předmětem rozhodnutí projektového týmu a závisí na cíli pořizování fotografií. Metadata by však měla být vždy dostatečná k tomu, aby bylo možné zjistit, **kde, kým, jak a za jakých podmínek** byl dotčený snímek pořízen. Rovněž by měla být pevně a jednoznačně svázána s jeho fyzickou a/nebo digitální kopií pomocí trvalého identifikátoru. Rozhodující je také plánovaný způsob jejich trvalého archivního uložení, neboť tvorba metadat by měla odpovídat standardům zvoleného datového archivu, aby se omezily vícepráce při předání. Podstatná je zejména volba vhodných popisných systémů a standardních slovníků. I zde je proto důležité provádět plánování metadat v součinnosti se správcem budoucího trvalého úložiště. Jako vhodný příklad metadatového schématu může posloužit popisný systém užívaný v rámci AMČR, jehož popis tvoří přílohu 1 této metodiky a koncepčně je vysvětlen v kapitole 6.3.

4.2 Letecké fotografie jako digitální data

Letecké snímky mohou nabývat mnoha specifických forem, v analogové i digitální podobě. Cílem této metodiky je poskytnout vodítko při zpracování obsahu jednotlivých snímků, a to za účelem vytěžení informací relevantních pro oblast archeologie. V kontextu dostupných moderních IT prostředků se jeví jako neúčelné provádět takové zpracování za přímého využití analogové dokumentace a lze jednoznačně preferovat zpracování snímků v jejich digitální podobě. Výhody digitálního zpracování spočívají na jedné straně v omezení manipulace s fotografickým materiálem, který je citlivý na poškození, na straně druhé digitální zpracování umožňuje snímky snadněji třídít a udržet jejich propojení s popisnými údaji.

Digitalizace je dnes již běžnou součástí postupu zpracování analogových snímků (viz kap. 4.2.4). Dochází tak ke sjednocení výchozího stavu pro různé typy zdrojových dokumentů. Vstupem pro další obsahové zpracování a pro archivaci je proto v dnešní době vždy digitální soubor, obsahující obrazová rastrová data. Ukládání a archivaci analogových snímků je třeba chápat jako svébytné téma, kterého se však tato metodika dotýká pouze okrajově – z hlediska evidenčního, nikoli z hlediska péče o jednotlivé typy fotografického materiálu. Proto zde odkazujeme na samostatné metodické příručky a doporučené postupy.⁴⁶

Fotografie zhotovené klasickými technikami (zejména černobílé), případně vytištěné, jsou (podobně jako jakékoliv jiné informace vytištěné či zapsané na papíru či obdobném médiu) zpravidla velmi trvanlivé. Velmi dlouho také přetrvává schopnost člověka takové informace vnímat, a to i v případě jejich částečného poškození. Na rozdíl od těchto tradičních médií

jsou informace zaznamenané elektronicky (dnes téměř výlučně digitálně) závislé na zařízení, které umožňuje informace přečíst. Z hlediska délky lidské historie tato zařízení ale podléhají velmi rychlým změnám (morální zastarávání) a nemívají příliš dlouhou životnost. Potřebná zařízení jsou současně tak technologicky náročná, že není realistické předpokládat, že v zájmu studia historie je někdo v budoucnu znovu vyrobí. Ani samotný elektronický záznam nemá zpravidla příliš dlouhou fyzickou životnost. Z tohoto důvodu neexistuje (a patrně ani nikdy existovat nebude) prakticky dostupné médium, na které by bylo možné elektronické informace uložit a u nějž by bylo oprávněné předpokládat, že jej bude možné za desítky či stovky let využít a uložené informace přečíst. Z hlediska dlouhodobého uchování historických či archeologických pramenů to představuje nezanedbatelný problém zvláště proto, že správa dat s sebou nese dlouhodobé personální i věcné náklady. Tato problematika má dvě hlavní části:

- **volba média**, na které je nutné elektronické informace uložit (disketa, CD, DVD, HDD, magnetická páska aj.);
- **volba formátu**, ve kterém je informace na médiu uložena (v případě fotografií např. TIF, JPG, PNG a RAW).

Nedílnou součástí leteckých snímků je jejich popis, který vzniká již v době pořízení fotografie a je postupně obohacován a doplňován. V zájmu zajištění nezaměnitelnosti snímků a uchování jejich informačního potenciálu by se mělo při popisu vždy postupovat podle jednotné, předem stanovené metodiky. V dnešní terminologii odkazující na mezinárodní doporučení a programy podpory výzkumu se prosazuje koncept tvorby DMP, který by měl být vytvořen jako základní rámec péče o data v každém vědeckém projektu. Tato metodika stanovuje principy, kterými by se měl DMP v případě leteckých snímků řídit. Obecné zásady tvorby DMP v archeologii byly popsány v řadě samostatných metodických

46 Perrin et al. 2014.

textů,⁴⁷ na své jednotné zpracování pro české prostředí však tyto metodiky stále ještě čekají.

4.2.1 Bezpečné uložení digitálních dat

Při správě dat je třeba rozlišovat dvě fáze uložení: (A) pracovní a (B) trvalé. Bez ohledu na specifickou fázi je základním parametrem správného uložení dat bezpečnost. Tu lze chápat v nejširším slova smyslu, tedy jako zajištění čitelnosti, srozumitelnosti a minimalizace rizika ztráty dat.

(A) Přestože je posledním krokem zpracování datového souboru jeho uložení v trvalém úložišti (digitálním archivu), mělo by být i **pracovní uložení** zajištěno v maximální možné míře způsobem, při kterém nemůže dojít k nenahraditelným informačním ztrátám. Pracovní úložiště může mít oproti trvalému úložišti mnoho forem, závislých jak na potřebách zpracování (přístup členů týmu, metodika práce atd.), tak na vybavenosti pracoviště provádějícího letecký průzkum (dostupnost médií, expertní podpora apod.). Pracovní úložiště proto bude jiné při provádění průzkumu muzeem, které má omezený rozpočet a chybí mu vlastní digitální infrastruktura, a při zajištění univerzitním pracovištěm, jež disponuje širokou podporou a jednotnými standardy péče o vědecká data. Bez ohledu na tyto vnější faktory je však klíčové plánování (vyjádřené pomocí DMP), které definuje organizační opatření zvolená k minimalizaci rizik spojených s datovou správou. Vhodným plánováním lze i ve skromných podmínkách zajistit, že data do doby trvalého uložení budou v bezpečí. Kvalita pracovního uložení by zároveň měla být jedním z faktorů, jenž bude zohledněn při prioritizaci a plánování trvalé archivace dat. Není-li pořizovatel schopen data spravovat v souladu

s dobrou praxí, mělo by k jejich trvalému uložení dojít neprodleně, např. ještě před jejich úplným informačním vytěžením.

Čitelnost dat zajistíme uložení souborů ve vhodných formátech, které jsou otevřené, trvale udržitelné a obecně známé (viz kap. 4.2.3).

Srozumitelnost dat maximalizujeme jednotnou konvencí označování datových souborů, užíváním trvalých identifikátorů, ukládáním v předem definované struktuře a s odpovídajícím popisem. Všechny tyto aspekty se prolínají s metodikou základního zpracování snímků (viz kap. 4.1).

Minimalizace rizika ztráty dat je zajištěna stejnou měrou na organizační úrovni, tj. stanovením, kdo je může upravovat, přesouvat či mazat (řízení přístupu k datům), a na úrovni volby konkrétního média pro uložení (viz kap. 4.2.2). Přestože v pracovním úložišti není možné vždy naplnit nejlepší praxi, lze uplatňovat řadu principů minimalizujících riziko ztráty – zejména pomocí pravidelného zálohování na různá média a využitím institucionálních či veřejných repozitářů.

(B) Nároky kladené na **trvalá úložiště** dnes definuje řada standardů, jmenovitě referenční model *Otevřeného archivního informačního systému* (OAIS)⁴⁸ a jednotlivé certifikační modely, např. *CoreTrustSeal*.⁴⁹ Datové archivy jako jediné skutečně garantují uložení dat v souladu s nejlepší praxí tak, aby byly zajištěny všechny bezpečnostní aspekty. Cílem každého archeologického projektu by mělo být dosažení stavu, kdy budou získaná data uložena v důvěryhodném digitálním repozitáři. V českém prostředí jsou však možnosti bezpečného trvalého uložení vědeckých dat omezené (blíže viz kap. 6.2.2).

47 Např. Forster 2019.

48 <http://www.oais.info/>

49 <https://www.coretrustseal.org/>

4.2.2 Média pro ukládání digitálních dat

Fyzická životnost dat na zvoleném médiu (datovém nosiči) může být předmětem obsáhlé diskuse. Běžně používaná média mohou dostatečně a spolehlivě uchovávat data po dobu let, nejvýše několika málo desítek let. Existují sice média (typicky tzv. magnetické pásky), u kterých výrobci deklarují životnost dat i více než 100 let, nicméně to je tvrzení, které nelze spolehlivě prokázat. Navíc i 100 let je z hlediska lidské historie a potřeby uchovávání archeologických pramenů poměrně krátká doba. Neméně důležité je též morální zastarávání médií. Teoretická čitelnost dat na zvoleném médiu nemá reálnou hodnotu, když za 100 let bude jen velmi těžko existovat funkční zařízení, které by umožnilo dané médium přečíst.

Hledání dokonalého archivačního média je proto slepou cestou. Jediným prakticky dostupným řešením je systematické a neustálé kopírování (migrace) dat na nová média. Výběr datových nosičů je nutné přizpůsobit možnostem a potřebám konkrétní instituce, objemu dat a případným dalším praktickým požadavkům. Základním faktorem volby média by měla být vždy bezpečnost, tj. zamezení možnosti ztráty dat. Úložiště by měla být zajištěna proti:

- **lidským chybám** (nezáměrné či neoprávněné zásahy do dat);
- **selhání technického vybavení** (přirozené zastarávání, poškození media při manipulaci);
- **nenadálým událostem** (požáry, povodně apod.).

Opatření proti všem těmto rizikům jsou obdobná a vzájemně se prolínají. Základem omezení rizik je volba takových médií, která jsou co nejméně náchylná na fyzické poškození a přirozenou degradaci.⁵⁰ Nejdůležitějším opatřením

je redundance, tedy ukládání dat na vzájemně nezávislá média, umístěná na odlišných místech. Ideálním řešením je umístění dat v síťovém prostředí s využitím technologií replikace dat (RAID), nepřetržitým online zálohováním v geograficky vzdálené lokalitě a periodickým off-line zálohováním, např. na magnetické pásky. Tyto podmínky jsou ovšem obvykle schopny naplnit pouze větší instituce a profesionální datové archivy, s dostatečnými prostředky na správu a obnovu hardwaru a s odpovídajícími personálními kapacitami.⁵¹ Jako alternativu lze dnes využít různé druhy cloudových úložišť (distribuovaná online úložiště), komerčních i nekomerčních, které do různé míry garantují dlouhodobou čitelnost a zabezpečení dat. Mezi oblíbené bezpečné datové repozitáře patří např. platforma Zenodo, kterou spravuje *Evropská organizace pro jaderný výzkum* (CERN). Avšak i přes nepochybnou náročnost lze doporučit postupné systematické budování digitálních repozitářů na úrovni institucí, které zajistí bezpečné uložení dat na základě jednotně nastaveného standardu. Právě jednotný standard připravený specialistou (datovým správcem) zaručí kvalitní uložení dat bez nutnosti opakovaně hledat vhodná řešení pro dílčí projekty. S postupem digitalizace se jedná o nevyhnutelný krok, který se do budoucna stane podmínkou fungování vědeckých organizací. Lze předpokládat, že taková úložiště budou budována i federativně, tedy jako společná pro určitou skupinu organizací.

Blu-ray apod.) mívají omezenou životnost a dochází u nich k postupné degradaci záznamu, který vede ke snížené čitelnosti či úplné ztrátě uložených dat. Magnetické pásky mívají trvalejší charakter, postupně však může být problematická dosažitelnost čtecích zařízení. Uložení na pevném disku v osobním počítači je rizikové z hlediska technických selhání a lidských chyb při manipulaci s daty. Uložení v laptopu kombinuje více výše jmenovaných rizik.

⁵¹ Jedná se o standard, který v současné době v Česku aplikuje při péči o archeologická data pravděpodobně pouze AMČR, jako součást infrastruktury AIS CR. I z těchto důvodů je žádoucí, aby archeologické letecké archivy byly postupně převedeny do jednotného úložiště AMČR.

⁵⁰ Externí disky a flash disky jsou obvykle silně náchylné k fyzickému poškození či ztrátě. Optická média (CD, DVD,

Z krátkodobého hlediska lze kombinovat využití lokálních pevných disků počítače, externích disků a síťových kopií, avšak vždy pouze jako dočasného řešení do doby trvalé archivace v důvěryhodném datovém repozitáři (datovém archivu). Zásadní je vytvoření a udržování alespoň jedné bezpečně uložené záložní kopie primárních dat, která může kdykoli posloužit jako náhrada za případné ztracené či poškozené soubory. Zvolené řešení by mělo být všeobecně známé v rámci pracovního týmu a přesně zdokumentované v DMP. Data by vždy měla mít jednoznačně stanoveného správce, tedy osobu odpovědnou za kontrolu dodržování DMP, která zároveň bude mít plnou kontrolu nad pracovními i záložními kopiemi dat. Plány datové správy je proto vhodné tvořit na institucionální úrovni tak, aby se postupně proměnily v sadu rutinních postupů s nízkým rizikem chybovosti. Zásadní je vždy zohlednit kompetenci jednotlivých tvůrců a správců dat tak, aby v praxi byli schopni DMP naplňovat, případně jim k tomu poskytnout nutnou podporu a školení.

4.2.3 Preferované formáty digitálních snímků

Archivační stabilita (použitelnost, čitelnost, udržitelnost) různých datových formátů závisí v rozhodující míře na podpoře daného formátu ze strany výrobců zařízení i programového vybavení (tedy hardware i software) a na kompetencích uživatelů. Jsou to však faktory, které není možné v dlouhodobé perspektivě spolehlivě predikovat. Proto není možné dělat kategorické závěry, pokud jde o výhodnost/vhodnost dílčích datových formátů (TIFF / PNG / JPEG), přestože existují jistá vodítka pro preferenci některých z nich. Je však třeba předeslat, že jediným dlouhodobě udržitelným způsobem, jak zajistit reálnou použitelnost (dostupnost) archivních dat, je jejich migrace do nových formátů v závislosti na měnících se okolnostech.

S ohledem na výše uvedené se jako velmi vhodná jeví unifikace používaných formátů, resp. udržování co nejnižšího počtu těch, které využíváme, a co nejméně časté změny. Jednotnost formátů totiž usnadní případnou migraci a minimalizuje riziko, že část dat bude ztracena jen proto, že v okamžiku migrace bude příliš složité některý ze starších formátů převést. Je tedy vhodné vyhybat se nestandardním a málo užívaným formátům, které sice zdánlivě mohou v dané době nabízet zajímavé vlastnosti, ale jsou vázány na určitého konkrétního výrobce či programové vybavení. Rozhodující je rovněž kvalita dokumentace zvoleného formátu a jeho licenční či patentová ochrana.

Obvyklé formáty pro ukládání leteckých snímků jsou:

TIFF (Tagged Image File Format) – velmi široce využívaný a podporovaný formát, který je v mnoha ohledech pro dlouhodobou archivaci optimální. Má (na poměry digitálních dat) dlouhou tradici. Umožňuje 16/48 bitovou hloubku a použití bezztrátové komprese, jakkoliv mají komprimační algoritmy (LZW nebo ZIP) relativně nízkou účinnost. LZW komprimační algoritmus byl dříve patentově chráněn, což vedlo k jeho omezené podpoře. V současnosti je však běžně využíván. TIFF nabízí nejrůznější specifické alternativy, kterým je ale vhodné se z hlediska dlouhodobé archivace dat vyhnout (vícestránkové soubory apod.). Vedle bezztrátové komprese podporuje TIFF i využití ztrátových kompresí (např. JPEG), při ukládání je proto vhodné vždy prověřit správné nastavení formátu. TIFF nabízí též specifický rozšířený formát GeoTIFF, tedy georeferencovaný TIFF, který spolu s obrazovými daty dokáže uchovat i informaci o poloze snímku v geoprostoru. Jedná se tak o formát vhodný k ukládání snímků např. po jejich rektifikaci.

JPEG (Joint Photographic Experts Group) – rozsáhle používaný a podporovaný formát. Při minimálním nastavení úrovně komprese nedochází k praktické ztrátě kvality

fotografií (skenovaných i pořízených digitálně), jakkoliv se jedná o komprimaci v principu ztrátovou. Výhodou je nízká datová náročnost. Nevýhodou představuje pouze 8/24 bitová hloubka a z toho vyplývající teoretické riziko nízké kvality snímku, pokud je běžná fotografie kombinována s jiným typem grafiky. V případě, že jsou fotografie archivovány ve více úrovních kvality (např. originál / pracovní / náhled), je JPEG velmi vhodný pro „pracovní“ a „náhledové“ verze. Nelze opominout fakt, že řada fotografií určených k archivaci byla pořízena pouze v tomto formátu – tudíž neexistují v kvalitnější podobě. Správce datového úložiště obvykle rozhoduje, zda takové fotografie archivovat v bezztrátovém formátu (např. TIFF). Hlavním rizikem práce se soubory ve formátu JPEG je opakovaná aplikace komprese při každém novém uložení fotografie, která vede k postupné degradaci obsažených dat. Aby byl tento efekt maximálně omezen, je v případě využití JPEG formátu pro archivační účely třeba trvat na nastavení minimální míry kompresního poměru (100 %).

Jako specifická odvozenina určená primárně pro archivační účely a zobrazování s využitím dlaždicování byl vytvořen formát **JPEG 2000**. Tento formát byl stanoven jako standard v rámci některých digitalizačních projektů (např. program VISK), nicméně jeho využití je stále diskutabilní, zejména s ohledem na problémy s kompatibilitou softwaru pro čtení, částečnou patentovou ochranou a nízkou rozšířeností. Většina institucí tak nadále při pořizování archivačních kopií preferuje formát TIFF – i přes výhody, které JPEG 2000 přináší (zejména kvalitní bezztrátová komprese a podpora metadat v XML).

PNG (Portable Network Graphics) – poměrně široce podporovaný a otevřený formát. Umožňuje 16/48 bitovou hloubku a použití bezztrátové komprese, která je oproti ZIP/LZW účinnější. Nepodporuje sice CMYK barevný prostor, ten je ale u fotografií jen

zřídka používán. Pro ukládání fotografií v maximální kvalitě se PNG může jevit jako vhodnější varianta než TIFF z hlediska jednoduchosti, otevřenosti a možností komprese. Ovšem s ohledem na masivní všeobecnou podporu TIFF a obtížně předvídatelný vývoj může být používání PNG vnímáno jako mírně kontroverzní. I tento formát se však nově dostává mezi doporučené formáty ze strany renomovaných datových archivů.⁵²

RAW (Raw Image Format) – ve skutečnosti jde o třídu souborových formátů (DNG, NEF apod.), které slouží pro bezztrátové uložení obrazových dat u digitálních fotoaparátů střední a vyšší třídy. Z hlediska klasického fotografického využití nabízí řadu výhod: bezztrátový (i když ne bez výjimek) formát obsahující původní (nebo jen minimálně upravená) digitální data – proto je někdy označován jako „digitální negativ“. Je datově velmi výhodný (TIFF a PNG stejné bitové hloubky vyžadují násobně více datového prostoru). V praxi se ale bohužel jedná o množství různých formátů celé řady výrobců s problematickou podporou do budoucna. Čtení obrazových dat vyžaduje speciální SW nástroje a dostatečnou kompetenci na straně uživatelů. Většina formátů není otevřených, dokumentace není zveřejněna a zpracování se bez programového vybavení dodaného výrobcem může jevit jako nemožné. Z uvedených důvodů, navzdory určitým nepopiratelným výhodám, nelze RAW formáty považovat za vhodné k dlouhodobému uchovávání fotografií.

V případě obrazových dat (fotografií) se lze setkat i s dalšími formáty (např. GIF, BMP), které jsou buď zastaralé, nebo slouží ke specifickým účelům. Jejich využití nelze pro potřeby práce s digitálními snímky doporučit, a to ani v pracovních kopiích.

52 Např. <https://dans.knaw.nl/en/file-formats/>

4.2.4 Digitalizace snímků pořizovaných na analogová média

Digitalizace klasického fotografického materiálu slouží k několika účelům: (1) je to nezbytný předpoklad k tvorbě **databází** fotografií, které umožňují materiál efektivně vyhledávat a využít; (2) **zpracování/využití** v rámci vědecké práce; (3) **prezentaci** – ať již v rámci přednášek, na internetu, v tisku; (4) jako bezpečnostní **záloha** – archivní materiál je ohrožen stárnutím (zejména barevný), individuální ztrátou (např. nevrácená výpůjčka) nebo zničením celého fondu či jeho významné části (požáry, povodně).

Každý z výše jmenovaných účelů má odlišné požadavky na kvalitu digitalizace. Zatímco databáze pro potřeby vyhledávání si zpravidla vystačí s velmi jednoduchým náhledem, prezentace může vyžadovat vyšší kvalitu a zálohování usiluje o zachycení co největší části původní obrazové informace.

4.2.4.1 Zásady digitalizace

Zásady digitalizace se odvíjí od jejího účelu. Nejvyšší nároky na kvalitu má zálohovací funkce – právě od ní je vhodné odvozovat klíčové požadavky. Všechny ostatní účely mají nároky na kvalitu nižší nebo nanejvýš obdobné. Proto je smysluplné usilovat o nejvyšší reálně dosažitelnou kvalitu, s důrazem na „reálně dosažitelnou“, protože v praxi nelze převést do digitální podoby veškeré obrazové informace obsažené na původním médiu (nebylo by to ani účelné). Současně je třeba se snažit digitalizovat původní filmový materiál, nikoliv kopie (ať již zvětšeniny, kontaktní kopie nebo duplikáty).

O digitalizaci lze uvažovat i z pohledu reálného množství informací obsažených na původním materiálu – podle těchto specifik se pak nastaví její parametry. Velmi obtížné je ono reálné množství informací stanovit, tudíž je zcela nemožné tak činit pro rozsáhlé

archivní fondy. V praxi tak lze pouze odhadnout maximální kvalitu, které mohou jednotlivé typy materiálu dosahovat. S ohledem na tento aspekt je pak nutné zvolit požadavky na skenování. Nevýhodou tohoto postupu je, že část fotografií je skenována ve zbytečně vysokém rozlišení – z toho pak vyplývá výrazný nárůst objemu dat. Snaha o individuální nastavení rozlišení pro každý jednotlivý snímek ale není účelná. Dalším významným limitujícím faktorem jsou možnosti dostupných skenerů.

Důsledkem výše popsaných požadavků na kvalitu bude především výběr vhodného skeneru a skenování v maximálním rozlišení, kterým daný skener reálně disponuje (viz kap. 4.2.4.5). Vzhledem k nutnosti dalších výrazných úprav je třeba soubory ukládat ve vyšší bitové hloubce (16bitová pro černobílé fotografie a 48bitová pro barevné snímky). Negativy je vhodné ukládat jako negativy. To však znamená, že výsledný soubor nebude příliš praktický pro běžné využití. Bohužel jediný soubor nemůže vyhovět všem požadavkům/účelům digitalizace, proto je nutné vytvořit nejméně jednu odvozenou verzi. V praxi se osvědčuje ukládat každý naskenovaný snímek v následujících úrovních kvality či v těchto verzích:

- **Původní sken** – maximální rozlišení, 16/48 bitová barevná hloubka, původní podoba dokumentu (negativ/pozitiv), bez úprav. V této úrovni je zachováno maximum informací originálního dokumentu. Slouží pouze pro archivaci/zálohování nebo pro další odborné zpracování (příprava pro tisk).
- **Pracovní** – rozlišení může být snižené na hodnotu, při níž se souborem snadno pracuje (zpravidla 5–20 MPix), 8/24 bitová barevná hloubka, negativy převedené na pozitivy, fotografie upravená do podoby, která (pokud možno) co nejvíce vypovídá o obsahu snímku. Tato úroveň slouží zejména pro výzkumné

využití a tisk běžných publikací (pokud nebude použit původní sken).

- **Náhledy** – náhledy v malém rozlišení (např. Full HD), 8/24 bitová barevná hloubka. Tato úroveň slouží pouze pro rychlou orientaci, využití v evidenční databázi, popřípadě zveřejnění na internetu. V dnešní době už je sporné, zda má úroveň náhledů praktický smysl, protože dnešní počítače si poměrně snadno poradí se střední (pracovní) úrovní i pro potřeby hledání, rychlé orientace apod. Uchovávání více verzí může komplikovat organizaci práce se soubory.

4.2.4.2 Odstranění fyzických defektů (prachu a škrábanců)

Veškerý archivní materiál je v nějaké míře postižen drobnými defekty. V praxi není možné filmy zcela zbavit prachu, a to ani v případě, že filmy projdou čištěním libovolného typu.

Prakticky všechny typy skenerů vhodných pro digitalizaci archivního materiálu disponují technologií pro automatické odstranění prachu a škrábanců. Tato technologie se zpravidla označuje jako ICE a je založena na použití snímání v infračervené (IR) části spektra a na komparaci s viditelnou částí. Dojde tak ke skutečné detekci defektů a pouze v místě defektu doplní skenovací software obrazovou informaci z okolních bodů. Přestože jde o dodatečný zásah do obrazové informace a jeho použití v archivní praxi lze zpochybnit, jde o pomůcku natolik praktickou a výkonnou, že je nanejvýš vhodné ji používat (pokud je to možné – viz dále). Výhodou je, že oproti ručnímu retušování nahrazuje skutečně jen body v místě defektu (což při ručním retušování není reálně možné). Klíčovou výhodou je velmi výrazná úspora času (a tedy nákladů). Technologii ICE bohužel nelze použít na filmy, jejichž emulze obsahují stříbro. V praxi se

jedná o většinu černobílých filmů. Teoreticky existovaly i monochromatické filmy, které po vyvolání stříbro již neobsahují, ale jejich výskyt v archivech ČR je nepravděpodobný. Technologii ICE lze použít na většinu barevných materiálů, v omezené míře pak na filmy značky Kodachrome, ale s těmi se v archivech ČR setkáme jen zcela výjimečně.

V případě materiálů, které neumožňují automatické odstranění prachu, je velmi vhodné použít před skenováním čištění stlačeným plynem. Nelze tak sice odstranit veškerý prach, ale jeho množství se při správném postupu může výrazně snížit. Pozitivní efekt má tento typ čištění i při souběžném použití technologie ICE.

Dále existuje možnost defekty obrazu (prach a škrábance) odstranit automaticky pouze pomocí softwaru, ale tato možnost je pro archeologickou a archivní praxi naprosto nevhodná z důvodu možného zkreslení výsledného obrazu.

4.2.4.3 Stárnutí materiálu

Stárnutím jsou postiženy zejména barevné diapozitivy, u nichž často dojde k barevným posunům, někdy i ke ztmavnutí nebo vyblednutí. Některé skenery disponují funkcí „rekonstrukce“ barev. Proces stárnutí je bohužel natolik variabilní a nekontrolovatelný, že žádný program nedokáže spolehlivě rekonstruovat původní podobu. Takové úpravy jsou sice možné a v praxi i žádoucí, ale je třeba je provádět individuálně. Protože proces stárnutí nelze žádným způsobem objektivizovat, je rozsah a konkrétní podoba úprav zcela subjektivní a je třeba se řídit celkovým dojmem snímku, eventuálně jeho obsahem a použitím.

V extrémních případech (typicky diapozitivní materiál Orwo z 80. let) už může degradace v některém z barevných kanálů tak pokročit, že není reálně upravit fotografie do podoby, která by alespoň přibližně odpovídala skutečným barevným a světelným poměrům.

4.2.4.4 Příprava materiálu k digitalizaci

Je vhodné věnovat zvýšenou pozornost přípravě materiálu určeného k digitalizaci, zejména způsobu jeho označování. K archivním fondům zpravidla existuje řada informací (ať již v elektronické nebo „papírové“ podobě) a jejich využití velmi usnadní, když je zachováno původní číslování negativů/pozitivů. Ne vždy je to však možné (typicky v případě torzovitého číslování). Současně je důležité, aby měl každý snímek své unikátní označení – pak je totiž možné mít všechny soubory v jednom adresáři, což může velmi usnadnit např. databázové zpracování. Pokud je více snímků označeno stejným inventárním číslem, je žádoucí přiřadit k původnímu číslu rozlišovací příponu a i fyzicky ji vyznačit na snímek (pokud je to technicky možné). Pokud materiál nemá žádné číslování/označení, je nutné jednotlivé snímky buď označit (nejlépe unikátním číslem), nebo alespoň přesně stanovit, jakým způsobem má být materiál při vlastní digitalizaci pojmenován.

4.2.4.5 Technické vybavení pro digitalizaci

Reálné možnosti digitalizace jsou klíčovým způsobem ovlivněny dostupným zařízením – typem skeneru. V praxi je tedy nejčastěji nutné řešit, jaký skener bude použit, resp. jakými skenery je vybaven zpracovatel digitalizace. Skenování fotografických materiálů je poměrně náročný úkol, a pokud nedisponujete dostatečnými zkušenostmi a vybavením, je lépe jej svěřit specialistům s odpovídajícími znalostmi a praktickými zkušenostmi.

V dnešní době je výběr skenerů velmi omezený. Lze je rozdělit do dvou hlavních kategorií:

Specializované filmové skenery – opravdu kvalitních zařízení tohoto typu je jen malý počet. Dříve sice existovalo množství nejrůznějších zna-

ček a typů, ale většina již není provozuschopná a mezi opravdu kvalitní zařízení jich lze zařadit jen několik. Filmové skenery jsou zpravidla omezeny co do velikosti formátů na kinofilm a střední formát (svitkový film 120/220 – šíře 6 cm). Vývoj profesionálních zařízení se reálně zastavil přibližně v roce 2005, již řadu let nejsou v prodeji (jsou dostupné jen použité stroje) a nelze očekávat nové modely. Typy prestižních značek z doby konce jejich vývoje dnes představují nejlepší možnost pro digitalizaci archivních materiálů, pokud jsou ovšem ještě provozuschopné. Jde zejména o Nikon 8000ED, Nikon 9000ED, Imacon (Hasselblad) Flextight a Minolta DiIMAGE Scan Multi Pro.

Sice ještě stále existuje několik skenerů méně známých značek (Plustek, Pacific atd.), ale jejich kvalita je buď diskutabilní, nebo přímo neakceptovatelná, a nelze je tudíž doporučit.

Ploché (deskové) skenery s možností skenování transparentních materiálů – tento typ skenerů je vhodný (resp. jediný reálně použitelný) především pro tzv. velkoformátové materiály, tj. podklady větší než na kinofilmu nebo na svitkovém filmu 6 cm, ať již tzv. ploché filmy (planfilmy) nebo skleněné desky. Velkoformátové materiály lze v případě letecké fotografie předpokládat spíše jen výjimečně, v řadě případů však mohou deskové skenery dosahovat uspokojivých výsledků i při digitalizaci středoformátových materiálů. Méně vhodné jsou pro skenování kinofilmu. Dnes je již prakticky jediným zástupcem této kategorie Epson Perfection V850 Pro (od jeho starší verze nazvané V750 se liší minimálně).

Zvláštní kategorií jsou staré ploché skenery určené původně pro DTP studia a vyráběné (na svou dobu) ve vysoké kvalitě. Problémem těchto zařízení je zpravidla vysoké stáří, konektivita (SCSI), software a ovladače. Pokud jsou ale ještě v provozu, tak při správné obsluze mohou dosahovat lepších výsledků než současné deskové skenery, nicméně v komparaci

se specializovanými filmovými skenery mají výsledky horší.

Existují ještě tzv. rotační (též „bubnové“) skenery, avšak zařízení tohoto typu již zpravidla nejsou v provozu, jejich použití je spojeno s řadou komplikací a pro digitalizaci rozsáhlejších fondů se nehodí.

Poslední možností je originální materiály digitalizovat pomocí fotografické techniky (přefotit). Tato metoda v sobě skrývá řadu nástrah a nevýhod. Pokud jsou ještě provozuschopné funkční specializované filmové skenery, je lépe se jí vyhnout.

4.2.4.6 Parametry digitalizace

Kvalitu digitalizace by měly popisovat technické parametry skenerů. Bohužel jsou tradičně prezentovány způsobem, který je spíše zavádějící.

Rozlišení – údaj, který poutá u skenerů zpravidla největší pozornost. Klíčový problém spočívá v tom, že udávaná hodnota (dpi = počet bodů na palec) se nevztahuje ke skutečnému rozlišení celého zařízení, ale pouze k hustotě bodů na snímači nebo kroku servomotoru, který snímač posunuje. Obzvláště deskové skenery tak mohou mít uvedeny fantastické hodnoty 4 800 dpi, nebo dokonce 9 600 dpi, nicméně v praxi dosahují viditelně horších výsledků než specializovaná zařízení s rozlišením „pouze“ v rozmezí 3 600–4 000 dpi. Otázka skutečného rozlišení je navíc poměrně komplikovaná. Z hlediska praktického použití zpravidla nemá u deskových skenerů smysl používat hodnotu vyšší než 2 400 dpi. U specializovaných filmových typů je vhodné použít tzv. nativní rozlišení.

Požadavky na rozlišení lze nejspolehlivěji odvodit z rozměru originálního materiálu. Důvody jsou dva. Větší formát v praxi obvykle vyžaduje menší zvětšení a fotoaparáty pro střední formát (resp. jejich objektivy) v průměru nedosahují

kvality kinofilmových protějšků. Týká se to především fotoaparátů, které byly reálně dostupné v socialistickém Československu a v ČR v průběhu 90. let.

V praxi se pro oblast letecké fotografie v archivech ČR setkáváme nejčastěji se třemi formáty (rozměry) filmů:

- tzv. *kinofilm* – snímky o přesném rozměru 24 × 36 mm⁵³ na oboustranně perforovaném filmu šíře 35 mm. I v případě archivního materiálu na kinofilmu se lze často setkat se snímky, které mají vysoké skutečné rozlišení, a proto je vhodné používat specializované skenery nejvyšší kvality. Použití deskových skenerů (a to i starých kvalitních DTP typů) nezaručuje, že se podaří kvalitně zdigitalizovat veškeré detaily dostupné na originálu.
- tzv. *svitek* (též střední formát nebo středoformát) – snímky na svitkovém filmu šíře 6 cm. Přesných rozměrů je několik,⁵⁴ nejobvyklejší jsou 6 × 6, 6 × 7 a 6 × 4,5. Oproti kinofilmu neklade střední formát díky své výrazně větší ploše tak vysoké nároky na rozlišení použitého skeneru. Sice teoreticky (z hlediska snahy převést do digitální podoby maximum obrazových informací z originálu) může mít stejné rozlišení na jednotku plochy jako kinofilm (a tedy i vyžaduje specializované skenery nejvyšší kvality), ale v praxi leteckých snímků z archivů ČR tohoto teoretického limitu dosahuje jen výjimečně. Proto u středoformátu obvykle není viditelný rozdíl v množství detailů získaných na plochých

53 Přesný rozměr se liší podle výrobce fotoaparátu jen o několik málo desetin milimetru. Přesto je vhodné mít pro skenování správně zhotovené masky.

54 V případě filmu šíře 6 cm jsou rozměry snímku variabilní v závislosti na výrobci fotoaparátu, což mírně komplikuje digitalizaci, protože je potřebné mít několik masek přesného rozměru.

skenerech a na specializovaných filmových skenerech.

- *ploché filmy a skleněné desky* – v oboru letecké fotografie v ČR se s těmito rozměry setkáme jen výjimečně,⁵⁵ např. v podobě reprodukcí. K digitalizaci lze použít pouze ploché skenery. Smysluplné rozlišení je zpravidla v rozsahu 1 800–2 400 dpi.

Densita – tato hodnota (zjednodušeně řečeno) udává, jak moc tmavé filmy dokáže dané zařízení „prosvítit“. Konkrétní hodnota (značená jako D_{max} a s obvyklým rozsahem 3,6–4,8) často bývá součástí specifikace skenerů. Problémem je, že výrobci s touto hodnotou manipulují, každý z nich to však činí jinak. Proto mezi jednotlivými značkami není tato hodnota plně srovnatelná.

Z hlediska praktického použití lze vycházet z pravidla, že pro digitalizaci všech obvyklých materiálů jsou zcela dostačující špičkové filmové skenery, deskové skenery mohou mít problémy zejména s kvalitními diapozitivy, zato mají větší nou uspokojujivé výsledky pro negativy.

Způsob uchycení filmů ve skeneru – velkým problémem (paradoxně nejvíce u těch nejlepších zařízení) je rovinnost filmů. Kvalitní skenery mají jen velmi malou hloubku ostrosti a sebemenší zvlnění filmu způsobí dramatický propad v kvalitě. Archivní materiál je obvykle nastříhán na jednotlivé snímky nebo krátké pásy (2–6 snímků), které jsou velmi často všelijak zprohýbané. To bohužel digitalizaci komplikuje. Navíc je to klíčovým důvodem, proč není vhodné pro digitalizaci archivního materiálu používat specializované filmové skenery určené jen pro kinofilm (typicky Nikon 4000ED nebo Nikon 5000ED), jelikož nedisponují vhodnými držáky.

4.2.5 Grafické úpravy leteckých fotografií

V případě digitalizovaných fotografií by neupravená podoba originálu měla být zachycena na původním skenu. Pro odvozené verze (pracovní a náhledy) je třeba zvážit míru úprav. Teoreticky není třeba upravovat pozitivní snímky (ať již černobílé, nebo barevné). Ovšem v praxi jsou filmové pozitivy jen málokdy zcela konzistentně exponovány. Mohou být světlejší nebo tmavší, v případě, kdy zdegradovaly stářím, jsou na monitoru obtížně čitelné, takže i u nich je na místě přiměřený zásah do expozice, kontrastu a barevnosti. Ještě výrazněji musí být upraveny negativní materiály, které je nutné převést do pozitivu. Rozlišujeme tedy úpravy pro:

A. Pozitiv – zpravidla jde o barevné diapozitivy. Existují sice i pozitivy černobílé, ale v podmínkách archivů ČR se vyskytují jen zřídka. Materiál bývá nerovnoměrně exponován a je velmi často náchylný vůči projevům stárnutí – někdy až do té míry, že obrazové informace jsou jen obtížně čitelné. Vhodná míra úprav je subjektivní, protože nelze zjistit, jak materiál vypadal původně. Navíc ani originální podoba fotografie nemusela věrně korespondovat s realitou.

B. Negativ – černobílé i barevné negativy je nutné pro praktické použití převést na pozitiv. Jedná se však o proces, pro nějž je obtížné stanovit jednoznačná pravidla. Převod z negativu do pozitivu je otázkou tzv. *autorské interpretace*. Nelze stanovit pouze jeden „správný“ typ převodu a jeho postup je víceméně subjektivní. Lze se sice řídit dochovanými zvětšeninami (pokud existují), ale v praxi je to velmi komplikované, proces digitalizace by to prodražilo a přínos takového postupu by byl krajně sporný, protože i proces zhotovování zvětšenin byl v době vzniku zatížen řadou náhodných faktorů. Způsob převodu je podmíněn především účelem dalšího použití. Je zásadní rozdíl, zda má fotografie sloužit pro

55 Digitalizace materiálu z VGHMÚř v Dobrušce není předmětem této metodiky.

výzkum, nebo pro prezentaci. Pokud zjišťujeme, co všechno na fotografii vlastně je, pak potřebujeme vidět co nejvíce informací. Je třeba, aby se detaily (typicky archeologické struktury v terénu) neztrácely ani v příliš tmavých, nebo naopak v příliš světlých partiích. Pokud ale má být na pozitivu vidět co nejvíce informací, které jsou obsaženy na původním negativu, pak bude fotografie velmi často „šedivá“, nekонтastní a nevýrazná. Jinými slovy: na fotografii budou sice všechny informace dostupné na negativu viditelné, ale důležité informace nebudou zvýrazněné. Naopak pro *prezentační fotografii* už bude potřeba výraznější úprava (typicky kontrastnější fotografie). Toto je rozpor, který nelze vyřešit v rámci jediného souboru. Jednou z možností je, že nastavení převodu pro pracovní (náhledové) verze je kompromisní – teprve pro účely prezentace je možné vrátit se k originálnímu skenu a ten upravit. Rizikem tohoto přístupu je, že si to koncový uživatel neuvědomí a popsané možnosti nevyužije. Druhý přístup, kdy pracovní fotografie bude výrazná a kontrastní, skrývá opačné riziko – část informací na původním negativu nebude využita, protože už bude potlačena úpravou (typicky zanikne tzv. ve stínech nebo ve světlech). Míra úprav i odvozených verzí původních skenů bude vždy otázkou diskuse, jež však nemůže mít jednoznačný výsledek.

Digitalizované i primárně digitální fotografie mohou být upraveny (editovány) v některém z programů určených ke zpracování obrazových souborů, a to s cílem zvýšit jejich vypovídací potenciál a estetickou hodnotu. V zásadě platí, že rozsáhlejší editační zásahy do snímků umístěných v trvalém digitálním úložišti jsou nežádoucí a spíše by měly být uplatňovány v jejich kopiích, vytvořených *ad hoc* zejména za účelem odborného vyřízení – např. když je nutné zvýraznit slabě viditelné plochy a linie zahloubených archeologických objektů. K tomu lze využít celou škálu nástrojů, nabízených profesionálním softwarem (v případě zpracování fotoletecké kolekce ARÚ byl nejčastěji využíván software Adobe Photoshop, v poslední

době také Zoner Photo Studio). K úpravě tónu, kontrastu a barev je možné zvolit automatickou korekci, lepšího výsledku však dosáhneme manuálně: (1) nastavením barev a tónů obrazu; (2) korekcí tónového rozsahu a vyvážení barev v obraze pomocí regulace úrovní intenzity stínů, středních tónů a světel obrazu; (3) nastavením více či méně kontrastní podoby prvků obrazu.⁵⁶ Potenciál mají také algoritmy určené k filtraci obrazu, které slouží ke zvýraznění objektů na panchromatických leteckých fotografiích, konkrétně k detekci hran (např. Sobelův hranový filtr byl u nás použit při identifikaci porostových příznaků na družicovém snímku systému QuickBird).⁵⁷

O úpravě leteckých fotografií pořizovaných za účelem dokumentování podoby a stavu archeologických památek zachovaných v podobě antropogenního tvaru reliéfu (např. opevnění hradišť, mohyly, tvrzíště), stavebně historických památek (architektura), komponovaných krajinných areálů, urbánních jednotek aj. platí podobné doporučení: zásahy do originálních snímků by za předpokladu jejich uložení ve spolehlivých dlouhodobých úložištích měly být střídme (úpravy digitálního obrazu lze provést kdykoli v budoucnu). Na druhou stranu v případě, že jsou tyto snímky sdíleny na veřejně dostupných portálech/ serverech a jsou (buď zdarma, či za poplatků) nabízeny ke stažení / k nákupu, hraje důležitou roli jejich estetická hodnota, tudíž jsou korekce obrazu (např. podání barev) častější; s ohledem na kompoziční principy obrazu lze např. častěji využívat ořez snímků. Výsledná podoba digitálně upravených fotografií závisí obvykle na individuálním posouzení editora obrazových úprav – je proto výhodné, je-li takovou osobou zkušený fotograf obeznámený nejen s technickou, nýbrž i s estetickou (uměleckou) stránkou fotografie.

56 Podrobněji např. <https://helpx.adobe.com/cz/photoshop/using/curves-adjustment.html>
<https://helpx.adobe.com/cz/photoshop/using/levels-adjustment.html>

57 Gojda – John 2009.

5. ZPRACOVÁNÍ FOTOLETECKÝCH DAT PRO ODBORNÉ ÚČELY

5.1 Morfologická klasifikace a archeologická interpretace obsahu snímků

Jako analýzu leteckých snímků označujeme identifikaci útvarů klasifikovatelných jako objekty antropogenního (umělého, kulturního) původu a interpretovatelných jako objekty archeologického zájmu, jejich následnou klasifikaci podle formálních vlastností a interpretaci z hlediska jejich původní funkce a stáří. Během těchto – nezbytně úzce propojených – kroků věnujeme pozornost všem nehomogenitám na povrchu terénu, avšak zejména se zaměřujeme na anomálie, které mají pravidelný (geometrický) tvar.

Klasifikace a interpretace útvarů dokumentovaných na leteckých fotografiích je jednou z nejdůležitějších součástí DAP. Od archeologa vyžadují znalost tvarové škály nemovitých objektů pravěkého a historického období v zájmovém území, a to na základě aktuálních poznatků jiných oblastí výzkumu. Vedle toho je třeba rozumět kontextu pozorovaných objektů, tj. jejich vztahům ke krajině a vůči sobě navzájem.

































Základním parametrem, jehož prostřednictvím jsou při leteckém průzkumu identifikována archeologicky relevantní místa, je morfologie (tvar) objektů. Veškeré příznaky – ať přímé či nepřímé – se projevují tak, že kopírují půdorys objektu skrytého pod povrchem nebo reliéfně zachovaného v destruované podobě. Schopnost interpretovat letecké fotografie je přímo úměrná

badatelově zkušenostem a znalostem, přičemž je klíčové umět odlišit archeologické stopy od přírodních prvků a recentních zásahů do krajiny. Důležité je umět např. rozlišit linie zaniklých cest od linií moderních produktovodů, uskupení kulturních jam od anomálií vzniklých zvýšenou koncentrací hnojiva, kruhové či oválné linie příkopů od uskupení výtrusů hub, obrazce vyvolané tzv. mrazovými klíny od vícenásobných ohrazení apod. Je nezbytné řádně prohlédnout každý snímek, (i v případě, kdy je autor fotografie zároveň jejím interpretem), protože zkušenosti ukazují, že k objevu méně zřetelných anomálií dochází teprve ve fázi analýzy. Letecké fotografie lze interpretovat i z hlediska minulých a současných přírodních procesů, jejichž stopy lze na snímcích dohledat (např. říční koryta, erozní rýhy atd.). Pro potřeby klasifikace útvarů evidovaných při leteckém průzkumu rozlišujeme dvě základní skupiny archeologických stop:⁵⁸

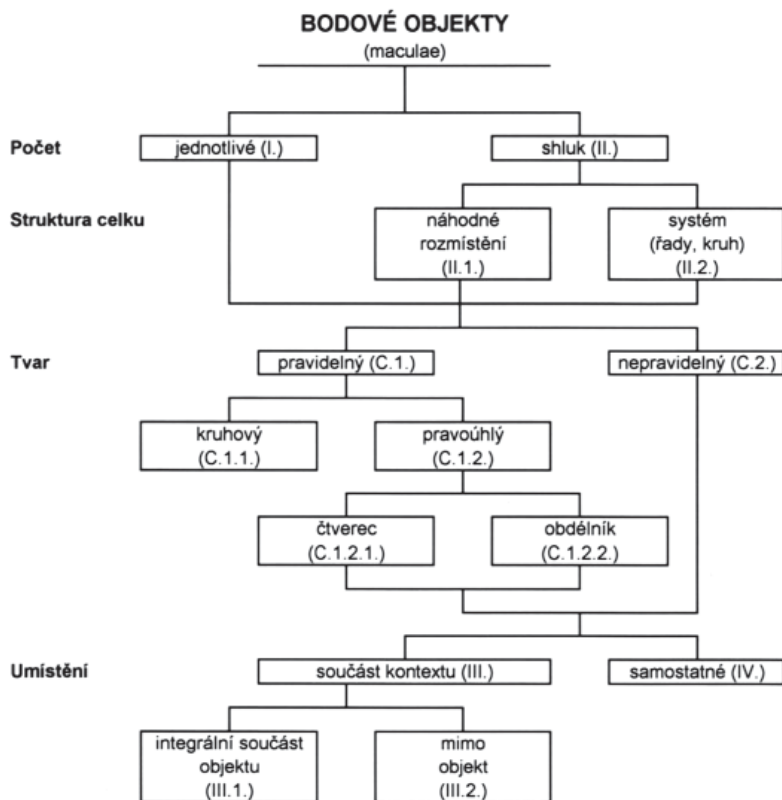
- **bodové a plošné objekty**, tj. útvary rozmanitých, většinou však geometricky pravidelných tvarů;
- **liniové objekty**, tj. buď samotné linie (čáry spojující dvě různě vzdálená místa), nebo linie ohrazující určitý prostor (obr. 5.1).

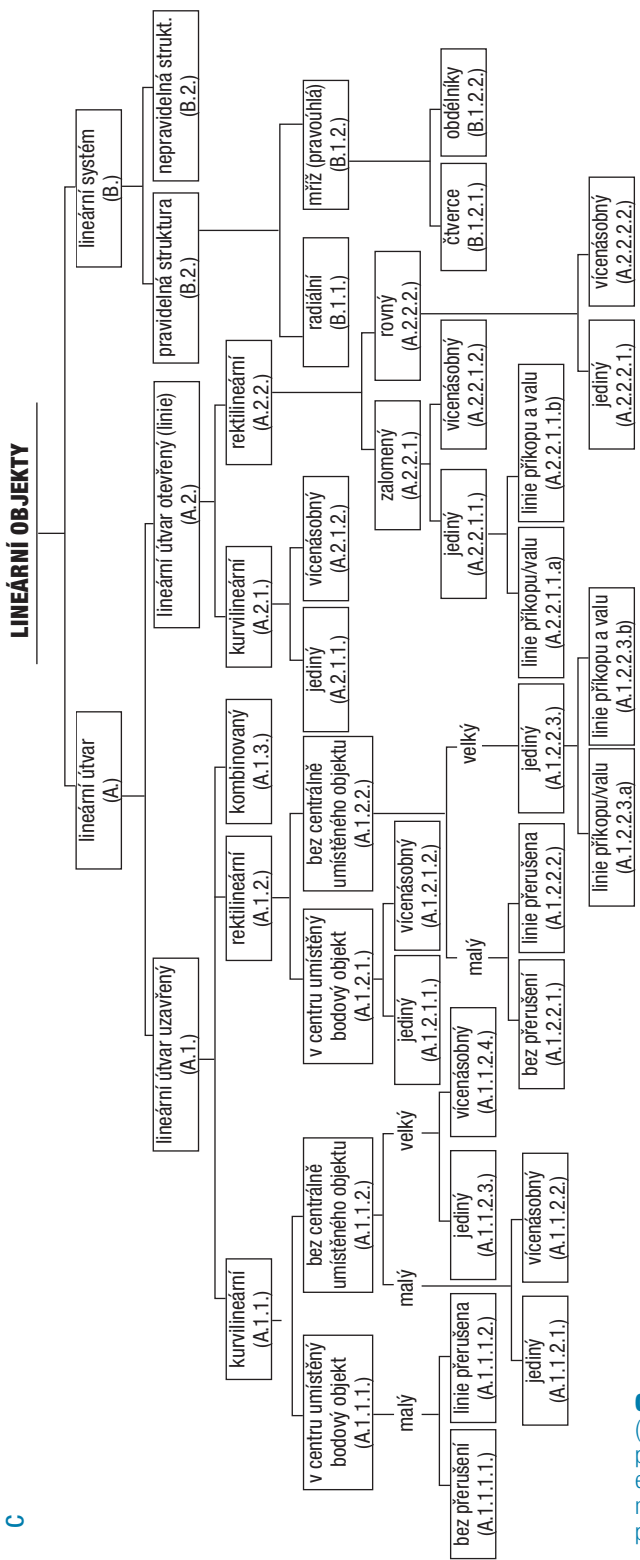
⁵⁸ V Česku bylo morfologické třídění objektů objevených leteckou prospekci vypracováno v ARÚ na konci první fáze programu letecké archeologie; o něco později byla navržena klasifikace lokalit s bodovými komponentami (Gojda 1997, resp. 2004).

a

A.1.1.	 A.1111.	 A.1112.	 A.1121.	 A.1122.	 A.1123.	 A.1124.	
A.1.2.	 A.1211.	 A.1212.	 A.1221.	 A.1222.	 A.1223a	 A.1223b	
A.1.3.							
A.2.1.	 A.211.	 A.212.					
A.2.2.	 A.2221.	 A.2222.	 A.2211a	 A.2211b	 A.2212.		
B.	 B.11.	 B.121.	 B.122.				
C.	 C.11.	 C.121.	 C.122.	 C.2.			
I-IV.	 I.	 II.1.	 II.2.	 III.1.	 III.2.		

b





Obr. 5.1 Grafické znázornění morfologie (a) a terminologické označení bodových/plošných (b) a lineárních objektů (c) evidovaných leteckým průzkumem, resp. na leteckých fotografiích indikovaných porostovými příznaky.

Ačkoli se často argumentuje, že objekty evidované leteckou prospekci a/nebo zachycené na leteckých/satelitních snímcích mají z hlediska datování malý potenciál, co se chronologického zařazení týče, neplatí to plošně. Dosavadní výsledky průzkumných kampaní na našem území přinesly řadu dokladů, které uvedené tvrzení korigují (příklady viz dále).

Tato kapitola blíže neřeší přesnou terminologii pozorovaných objektů, které na jedné straně chápeme a evidujeme jako typizovatelné morfologické útvary a na druhé straně jako komponenty zaniklých sídelních areálů. Deskriptivní systémy se v tomto ohledu mohou lišit; principy a příklady popisu, jež autoři této metodiky doporučují a aplikují, jsou konkretizovány v kapitole 6 a v praktické rovině shrnuty v příloze 1.

5.1.1 Bodové a plošné objekty

Nejčastěji evidovanou komponentou archeologické krajiny je bodový/plošný objekt (v současných odborných publikacích se již jen zřídka vyskytuje dříve používaný jednoslovný latinský termín *macula*, v překladu *skvrna*). Zhruba tři čtvrtiny všech objevených komponent je tvořeno (výlučně nebo společně s liniovými útvary) bodovými objekty.⁵⁹ Bodovým/plošným objektem označujeme takový útvar, jehož půdorys je na leteckých fotografiích zachycen jako různě velká plocha, lišící se zbarvením (u černobílých snímků jinými odstíny šedé) od okolního povrchu. Objekty tohoto typu se vyznačují různou velikostí, od kulových/sloupových jam (nacházených např. jako půdorysy nadzemních



Obr. 5.2 Zahloubené jednoprostorové obytné jednotky – (polo)zemnice, nad nimi nadzemní kulová stavba se základovým žlabem obvodové stěny.



Obr. 5.3 Vegetačními příznaky zviditelněný sekundárně zaplněný hliník či malý lom – příklad velkého plošného objektu.



Obr. 5.4 Kumulace bodových objektů – kulturních (odpadních, zásobních aj.) jam. Leteckým průzkumem je to nejčastěji evidovaný druh zahloubeného objektu pravěkého a raně historického stáří.

59 I objekty označované morfologicky za „bodové“ jsou ve skutečnosti plochy zvýrazněné příznaky, které však mají z hlediska pohledu do krajiny „bodový“ (lokální) charakter. Obdobně „liniové“ útvary jsou specificky tvarovanými plochami, vytvářejícími spojnice či ohraničení v prostoru. Proto lze v důsledku i přes odlišnou morfologii všechny identifikované objekty digitálně evidovat jako polygonální geoprvky.



Obr. 5.5 Příklady zahloubených pravidelných čtverhranných sídlištních objektů: (polo)zemnice.



Obr. 5.6 Příklady zahloubených pravidelných čtverhranných funerálních objektů: hrobové jámy.

obydlí; obr. 5.2) až po zaniklé a zavezené lomy a hliníky (obr. 5.3). Zejména ve středoevropském prostředí se takto projevují sídlištní jámy různé velikosti a funkce (obr. 5.4), jejich tvar je obvykle kruhový (méně pravidelné tvary těchto objektů jsou kvůli možné záměně za přirozené útvary, nikoliv antropogenní, obtížně interpretovatelné); pravidelné čtverhranné půdorysy patří většinou zahloubeným obytným objektům (polo/zemnice; obr. 5.5), případně hrobům (především tehdy, jsou-li uspořádány v řadách; obr. 5.6).

Správná identifikace těchto objektů je do jisté míry závislá na zkušenosti pozorovatele, který si musí všimnout geometricky pravidelného tvaru pozorovaných objektů, ale i jejich vzájemného vztahu a umístění vůči ose v současnosti vedené orby (např. pravidelné obdélníky umístěné kolmo na osu dráhy traktoru mohou svou velikostí poměrně často připomínat zahloubená obydlí, avšak mnohdy se jedná jen o výsledek okamžitého vynechání činnosti secího stroje). Právě u tohoto typu objektů může nejnanechťej dojit k záměně s něčím, co není archeologickou památkou (skvrny na polích vytvářející shluky, které jsou výsledkem zvýšeného lokálního přihnojení půdy, anebo lokálního výskytu plevelů na jinak homogenním povrchu osetých polí).

Datování bodových/plošných objektů je obtížné zejména v případě různých druhů běžných zahloubených objektů, jejichž velikost a půdorys většinou nejsou kulturně specifické. V některých případech to však zcela neplatí a lze dojit k alespoň přibližnému pravděpodobnému datování (např. čtvercové a obdélníkové útvary – zahloubená obydlí – o velikosti cca 7–15 m² se zaoblenými nárožními a vstupními předsíňkami jsou víceméně spolehlivě datovatelné do prvního až šestého století, tedy doby římské, stěhování národů a do časně slovanského období). Také v případě obdélníkových útvarů (odpovídajících svou velikostí hrobovým jámám) přibližně řadového uspořádání lze stanovit přinejmenším alternativy jejich stáří pomocí dosavadních znalostí pohřebních zvyklostí u jednotlivých



Obr. 5.7 Kumulace zahloubených objektů – jam datovaných do mladší/pozdní doby bronzové.

pravěkých kultur (velikost pohřebišť, orientace hrobů, jejich řadové uspořádání apod.). Početně rozsáhlé kumulace o mnoha desítkách či několika stovkách kulturních jam velmi pravděpodobně indikují sídliště z období, která jsou bohatá na zahloubené objekty (převážně jámy), např. z mladší doby bronzové (obr. 5.7).⁶⁰

5.1.2 Liniové objekty

Z formálního (morfologického) hlediska rozlišujeme v rámci této skupiny:

- (a) *liniové útvary uzavřené (ohrazení)* – příkopy, žlaby, palisády nebo oplocení, které ohraničují (a tudíž vymezují) určitý prostor a víceméně zcela (s možnými přerušeními, např. vstupy) vyznačují půdorys areálu s určitou funkcí. Z těch, které jsou nejčastěji detekovány prostřednictvím DAP, sem řadíme malá kruhová či čtverhranná příkopová ohrazení, tj. pravěké pohřební objekty (obr. 5.9),

⁶⁰ Samostatným tématem je klasifikace a interpretace areálů aktivit spjatých s bodovými/plošnými objekty (obr. 5.8). Detailnější vysvětlení překračuje rámec této příručky a odkazujeme proto na další, uceleně zpracované publikace k tématu (Gojda 2017a, kap. III. 2. 1. 2).

Vlastnosti areálů s bodovými objekty (maculae) zviditelněnými prostřednictvím porostových příznaků	Specifikace vlastností jednotlivých areálů
Velikost identifikované části areálu	malý (menší než 1 ha) střední (1–10 ha) velký (přes 10 ha)
Pravděpodobný vztah / prostorová návaznost k nejbližšímu areálu	ano / ne
Zachycen celkový plán areálu	ano / ne
Počet komponent (objektů zviditelněných pomocí prostorových příznaků)	x (jednotky) xx (desítky) xxx (stovky)
Vzdálenost mezi komponentami	velká (> 10 m) střední (< 10 m) různá
Přítomnost jam	ano / ne
Zastoupení jam v celkovém počtu komponent	x (malé: < 50 %) xx (střední: cca 50 %) xxx (velké: 50–90 %) xxxx (výrazně velké: 90 %)
Přítomnost domů	ano / ne
Zastoupení domů v celkovém počtu komponent	x (malé: < 50 %) xx (střední: cca 50 %) xxx (velké: 50–75 %) xxxx (výrazně velké: > 75 %)
Přítomnost neohrazujících lineárních objektů (linií)	ano / ne
Přítomnost ohrazujících lineárních objektů (linií) a ohrazení	ano / ne
Přítomnost dalších komponent (kromě jam a domů)	ano / ne
Současnost dvou a více komponent (identifikovatelná pomocí jejich prostorového uspořádání a podobnosti v rozměrech, půdorysu a orientaci)	ano / ne

Obr. 5.8 Charakteristiky pravěkých areálů s bodovými objekty a jejich vzájemné prostorové souvislosti.



Obr. 5.9 Malé kruhové příkopové ohrazení s centrálně umístěnou hrobovou jámou a vstupním přerušením (Černouček, časně latěnské období).



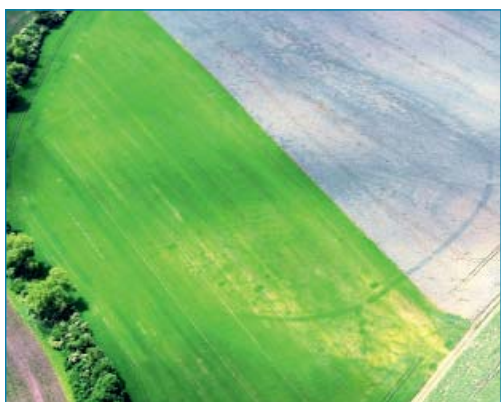
Obr. 5.12 Středně velké příkopové ohrazení – pravěký pohřební areál (Ctiněves).



Obr. 5.10 Středně velké kruhové ohrazení – pozdně středověké tvrzíště (Nechanice).



Obr. 5.13 Polygonální půdorys reduty (polního opevnění) z období napoleonských válek (Hořín).



Obr. 5.11 Velké oválné příkopové ohrazení z časného eneolitu (Chleby).

středně velká a velká kruhová, oválná či čtverhranná ohrazení (obr. 5.10, 5.11, 5.12) a polygonální ohrazení (obr. 5.13);

- (b) *linie* – objekty, které nevymezují, nýbrž protínají (případně spojují) části krajiny a nemají přímý vztah k jiným objektům, resp. nejsou jejich integrální součástí (cesty, stezky, silnice, napájecí kanály, hranice; obr. 5.14.). Vedle toho sem řadíme liniové objekty, které v podobě valů, příkopů, palisád či zdí obklopují určitou plochu (areál) pouze z některé strany, jelikož další (obvodová) strana je chráněna přirozenou

bariérou (morfologií terénu). Konkrétně jde např. o ostrožná hradiště (obr. 5.15);

- (c) *lineární systémy* – složitější uskupení linií (i) antropogenního původu, např. polní systémy/plužiny, sítě zavodňovacích kanálů a meliorací, paralelně seřazené produktovody (obr. 5.16), nebo (ii) přirozeného původu, např. zaniklá říční koryta, erozní rýhy, mrazové klíny (obr. 5.17).

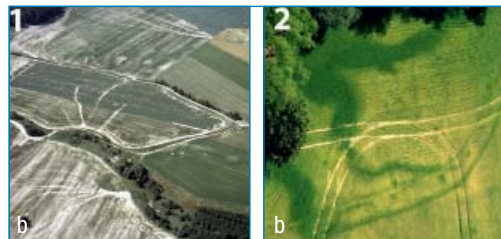
Z hlediska chronologického určení stáří liniových objektů odhalených dálkovým průzkumem lze uvést řadu dobře datovatelných příkladů. Jedná se např. o obvodové základové žlaby neolitických dlouhých nadzemních domů, a to jak z období kultury s lineární keramikou, tak kultury s vypíchanou keramikou (obr. 5.18). Nedávno bylo terénním odkryvem prokázáno stáří malých obdélníkových liniových ohrazení (základových žlabů nadzemních domů) doplněných třemi řadami kůlových jam, členících jejich vnitřní prostor. Tento typ objektu, leteckým průzkumem opakovaně identifikovaný na Mělnicku, Podřipsku, Litoměřicku a na jižní Moravě, byl odkryt během několika záchranných výzkumů (např. Kolín, Roudnice nad Labem, Praha-Miškovice, skupina areálů v údolí Pitkovického potoka na jižním okraji Prahy; obr. 5.19). Též je možné správně chronologicky zařadit mladoneolitické rondely, protože jejich tvar je specifický a zahrnuje některé charakteristické prvky, zpravidla zviditelněné zejména vegetačními příznaky (např. vstupy orientované podle světových stran, koncentrické kruhové palisádové žlaby uvnitř, pominout samozřejmě nelze ani jejich velikost; obr. 5.20). V rámci českého území je většina polygonálních (obvykle pentagonálních) ohrazení, která jsou interpretována jako vojenská polní opevnění, zařaditelná do intervalu jednoho století (polovina 18. až polovina 19. století) specifickou skupinu pak tvoří objekty z doby třicetileté války. Dobře datovatelné jsou také římské dočasné tábory (obr. 5.21) a lichoběžníkové objekty interpretovatelné jako dlouhé mohyly (časný/starší eneolit; obr. 5.22).



Obr. 5.14 Vegetací zvýrazněný zaniklý napájecí kanál (vlevo) poděbradské rybníční soustavy (16. století). Dobře jsou vidět také dvojité linie: zaniklé cesty/silnice (uprostřed) a dvou paralelních produktovodů (Senice).



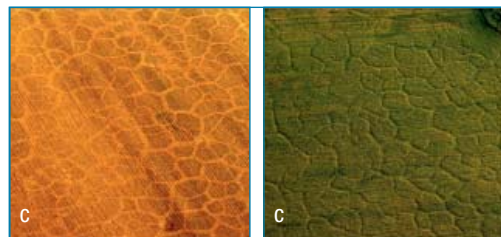
Obr. 5.15 Příklad pravěkých objektů ohrazených v části, která není přirozeně chráněna terénním reliéfem: (a) hradiště Poráň; (b) hradiště Vlastislav; (c) ohrazený areál Kly.



Obr. 5.16 Příklady lineárních systémů zviditelněných porostovými příznaky: (a) meliorace; (b) moderní produktovody.

5.2 Prostorové vymezení a popis snímkaných objektů

Poslední fází zpracování fotoleteckých dat ze šikmých snímků představuje jejich převod do georeferencovaného plánu či mapy. Tento úkon se zpravidla provádí pomocí geografických informačních systémů (GIS). Jeho smyslem je maximální využití potenciálu, kterým interpretované letecké fotografie disponují; často jde o kartografické zpracování rozsáhlých úseků krajiny obsahujících až stovky objektů různých druhů a velikostí.



Obr. 5.17 Lineární systémy přirozeného původu: (a) zaniklá říční koryta; (b) svahová eroze (1, 2, 4 – stružková; 3 – plošná; 2, 4 – erozní projevy na archeologických lokalitách); (c) mrazové klíny.

Šikmé letecké fotografie zobrazují vybranou část krajiny, k jejímuž zachycení měl pozorovatel objektivně málo času. Tento aspekt se negativně projevuje zejména u méně zkušených fotografů. Snímky zachycují povrch terénu, na němž by měl být patrný předmět archeologického zájmu, a to



Obr. 5.18 Půdorysy dlouhých domů – kultura s lineární keramikou (starší neolit), Hrdly (šipky ukazují na dva méně zřetelné půdorysy).

z různých stran a vzdáleností. Jsou zpravidla dobrým zobrazením určité archeologické situace, ale jejich reprezentace zemského povrchu je v několika ohledech nepřesná. Jde především o zkrácení tvaru objektů způsobené tím, že snímky byly pořízeny pod šikmým úhlem vůči terénu (tedy nikoli vertikálně, kolmo na povrch země).

Aby mohly být objekty archeologického zájmu kartograficky zpracovány, tj. znázorněny ve formě plánu/mapy, musejí projít určitými úpravami. V podstatě je nutné řešit dva problémy: napravit nevhodný úhel záběru a definovat měřítko snímku, které je obvykle neznámé, ačkoli jeho přibližnou hodnotu můžeme určit pomocí ohniskové vzdálenosti fotoaparátu a jeho vzdálenosti od zemského povrchu v okamžiku expozice (první z těchto údajů evidují digitální fotoaparáty samy, výšku letadla nad terénem můžeme stanovit tehdy, je-li fotoaparát vybaven stanicí GNSS nebo s ní je propojen, a to porov-



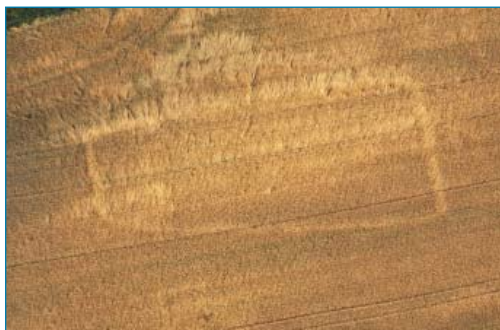
Obr. 5.19 Půdorys nadzemní budovy – mladší doba halštatská: (a) vegetační příznaky, Straškov; (b) půdorys budovy po začištění skrývků – Kolín.



Obr. 5.20 Rondel – kultura s vypíchanou keramikou (mladší neolit), Benátky nad Jizerou.



Obr. 5.21 Část hlavního příkopu dočasného (pochodového) tábora se vstupním přerušením doplněným krátkým příkopem (*titulus*) zesilujícím obranný prostor před bránou (Mušov – Na pískách).

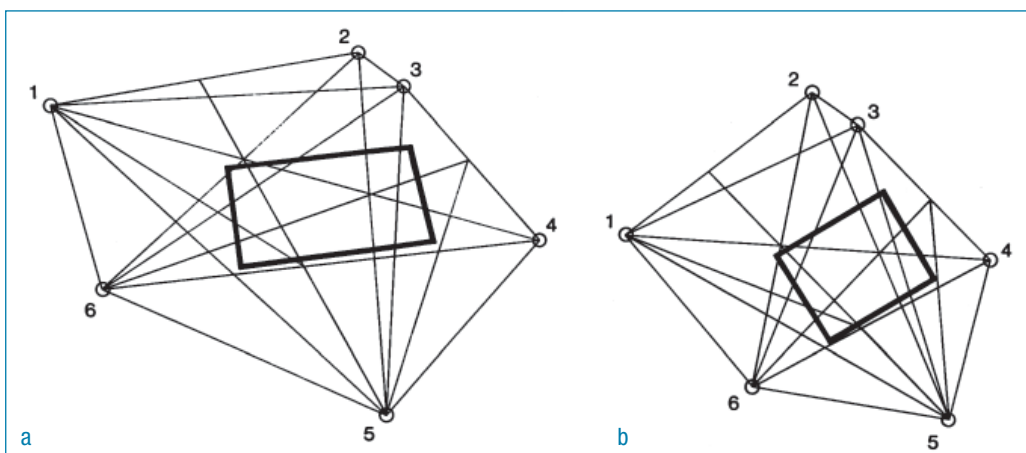


Obr. 5.22 Lichoběžníkovitý půdorys dlouhé mohyly – časný eneolit, Nižebohy.

náním nadmořské výšky v okamžiku expozice s nadmořskou výškou snímkaného terénu).

Abychom interpretované anomálie na snímku přeměnili v archeologická data srovnatelná s jinými daty (např. kresebnou či fotogrammetrickou dokumentací terénních odkryvů), musíme šikmou fotografii nejprve „narovnat“, tedy rektifikovat. Rektifikace znamená převedení šikmého snímku na vertikální obraz, ve kterém poměry úhlů a vzdálenosti mezi objekty zachycenými na fotografii odpovídají co nejpřesněji realitě a jsou zobrazeny ve známém měřítku; ortorektifikované letecké snímky jsou geometricky korigované obrazy snímkaného území. V principu jde o převedení informací zaznamenaných fotografickou kamerou v centrálním zobrazení fotografického snímku na paralelní ortogonální zobrazení, které je podstatou map/plánů. Tím získávají informace uložené na letecké fotografii obdobné parametry, jimiž je charakterizována dokumentace nemovitých archeologických objektů při terénních odkryvech – známe jejich tvar, rozměry a (víceměně přesnou) polohu.

K narovnání šikmého snímku je třeba znát polohu alespoň čtyř referenčních bodů, které se nacházejí jak na snímku, tak na mapě či ortofotografii sloužící jako podklad. Tyto body (např. křižovatky cest, nároží parcel, kapličky, sloupy elektrického vedení apod.) vybíráme tak, abychom jejich polohu mohli určit geodetickým zaměřením v terénu nebo alespoň odvozením z mapy. V každém případě by měly být tyto body umístěny tak, aby hlavní obsah snímku (např. archeologické objekty) ležel co nejbližě středu polygonu, který jejich spojením vzniká. Přesnost rektifikace závisí na několika faktorech, především na počtu a rozmístění referenčních bodů, na úhlu, pod nímž byl letecký záběr pořízen a na morfologii terénu: čím menší je odchylka osy záběru od kolmice k zemskému povrchu (tedy čím více se snímek blíží kolmému pohledu), resp. čím méně členitý reliéf má terén zachycený na fotografii, tím menší je zkreslení rektifikované fotografie.



U běžných snímků je poloha objektů obvykle transformována s chybou 1–5 metrů v závislosti na uvedených faktorech. Pokud chceme dosáhnout větší přesnosti v poloze konkrétního objektu, musíme se pokusit o jeho dohledání a zaměření přímo v terénu geodetickými přístroji nebo stanicí GNSS, a to co nejdříve po jeho objevu.⁶¹ K přesnému pozemnímu zaměření lze dospět i následným geofyzikálním měřením, jehož samozřejmou součástí je vytvoření plánů zkoumané plochy.

Pomineme-li možnost přenášet data ze snímků do map „od oka“, lze rektifikaci provádět dvěma způsoby: ručně, a to buď pomocí tzv. proužkové metody a Möbiusovy sítě (obr. 5.23), nebo prostřednictvím speciálního softwaru. Možnost rektifikace dnes nabízí většina počítačových programů zaměřených na trojrozměrné konstrukce a na práci s prostorovými daty obecně (AutoCAD, ESRI ArcGIS aj.). Pracují s digitálními fotografiemi, umožňují rektifikaci objektů zachycených na snímcích

Obr. 5.23 Schéma rektifikace prostřednictvím tzv. Möbiusovy sítě (převedení šikmého snímku na vertikální obraz, ve kterém poměry úhlů a vzdálenosti mezi objekty zachycenými na fotografii odpovídají realitě a jsou zobrazeny v konkrétním měřítku).

a jejich následné umístění do podkladové mapy. Poloha referenčních bodů na letecké fotografii je kurzorem či zadáním souřadnic ztotožněna s jejich polohou v podkladové mapě; po zadání souřadnic referenčních bodů program automaticky provede rektifikaci. Tento postup se označuje jako jednosnímková fotogrammetrie (viz kap. 3.1).

V současnosti je velkou výhodou možnost pracovat v průběhu rektifikace s ortofotomapami z prostředí mapových portálů, a to zejména ze dvou důvodů. Jednak lze využít větší množství na nich zachycených objektů, které mohou posloužit jako referenční body (na topografických mapách nejsou zachyceny), jednak je na měřických snímcích dostupných na online portálech zachycen a zviditelněn nemalý počet lokalit v podobě porostových příznaků (obr. 5.24).

Optimální možností je provádět rektifikaci v prostředí GIS, a to pomocí georeferencovaných leteckých měřických snímků a ortofotomap (zejména z geoportálu Českého úřadu

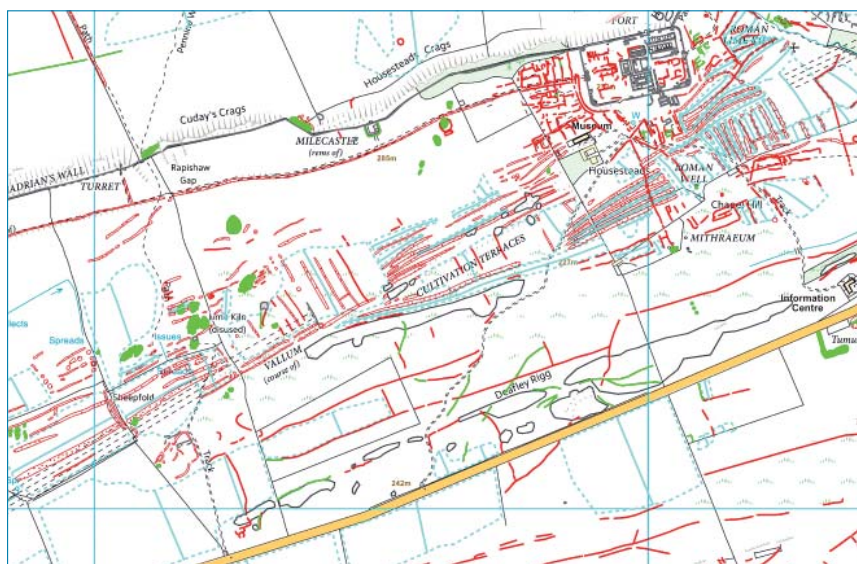
⁶¹ Např. vegetační příznaky lze zpravidla bez větších problémů dohledat i na zemi; praktické zkušenosti autorů však ukazují, že toto konstatování neplatí pro všechny fáze vegetačního cyklu a ani pro všechny zemědělské plodiny schopné zviditelnit situaci pod povrchem terénu pomocí vegetačních příznaků.



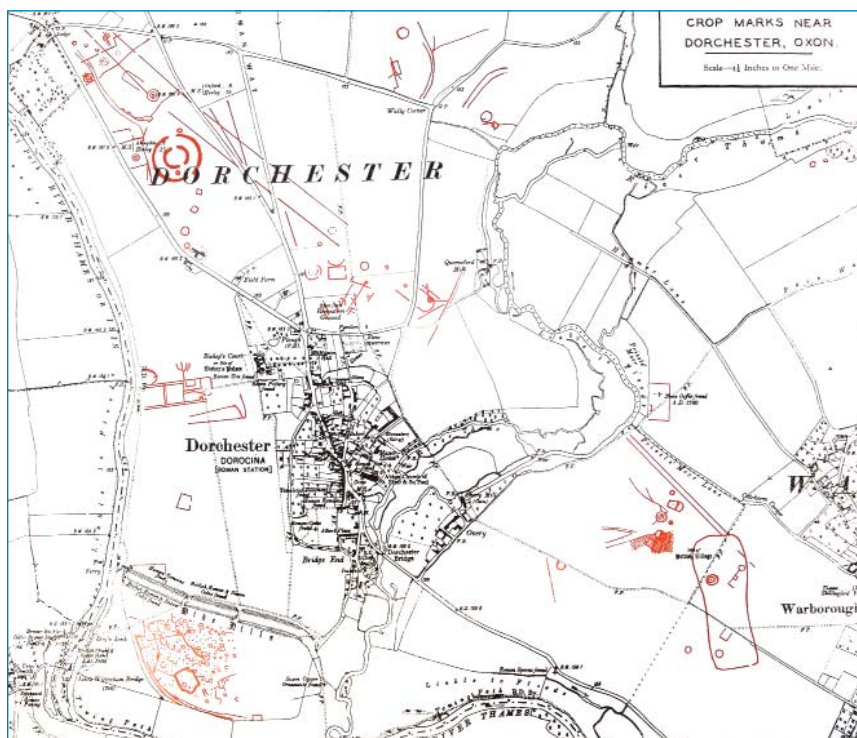
Obr. 5.24 Lokalita Ctiněves s dobře patrnými objekty zviditelněnými díky vegetačním příznakům – zachycené na ortofotomapě serveru Mapy.cz.

Obr. 5.25 Rektifikovaná šikmá fotografie umístěná na podkladové ortofoto serveru Mapy.cz. Do samostatné vektorové vrstvy je umístěn archeologický obsah interpretovaného snímku.





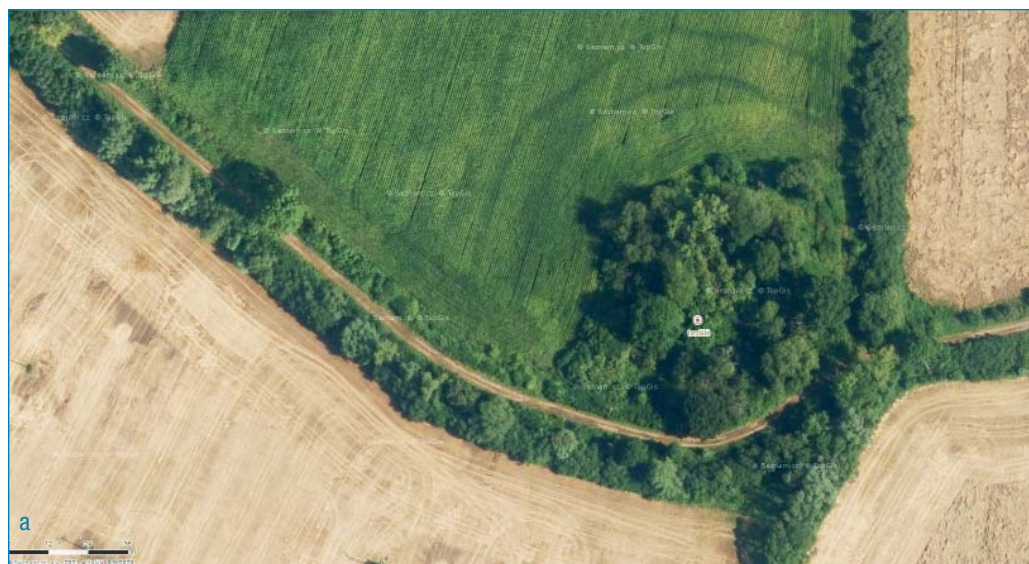
a



b

Obr. 5.26 (a) Archeologická mapa krajiny ve východní části Hadriánova valu (severní Anglie) vytvořená analýzou a interpretací leteckých fotografií. Červené linie a body zobrazují v terénním (převážně nízkém) reliéfu dochované pozůstatky minulých (většinou římských a novějších) sídelních aktivit, světle zelenou barvou jsou zaznamenány

lokality/objekty evidované prostřednictvím vegetačních příznaků. National Mapping Programme, Historic England; (b) Mapa okolí Dorchesteru (Oxfordshire, Anglie) s ortorektifikovanými archeologickými objekty evidovanými ve 30. letech 20. století leteckým průzkumem (podle Allen 1984).



Obr. 5.27 (a) Linie dvou zaniklých paralelních příkopů zviditelněných porostovými příznaky na ortofotografii serveru Mapy.cz; (b) tvrzíště ukryté v lesíku pod příkopy zviditelněné na digitálním modelu terénu odvozeném z leteckých lidarových dat (geoportál Českého úřadu zeměměřického a katastrálního).

zeměměřického a katastrálního – ČÚZK, z fondů společností Geodis a TopGis zveřejněných na serveru Mapy.cz či z globálně nejrozšířenějšího portálu Google Earth / Google Maps). Šikmé snímky jsou na jejich podkladě rektifikovány, následně může být do samostatné vrstvy digitalizován (resp. vektorizován) jejich archeologický obsah (obr. 5.25). Tímto způsobem je možné kombinovat plány všech fotoletcky dokumentovaných lokalit, které lze dále prohlížet na podkladu topografických map nebo leteckých či družicových ortofotomap dostupných v GIS prostřednictvím mapových služeb (WMS). Při tomto procesu zároveň vzniká evidence jednotlivých objektů identifikovaných na snímcích, včetně vlastního metadataového popisu. Taková data jsou použitelná nejen jako podklad pro mapování, ale též jako primární data pro výzkumné účely.

Popsaný postup tvorby digitálních plánů někdejších sídelních aktivit dokumentovaných na leteckých fotografiích v podobě porostových příznaků je dnes běžně využívanou metodou pokročilého zpracování primárních fotoleteckých dat. Od nástupu praktické implementace GIS do archeologie v 90. letech minulého století tento způsob mapování přímých (stínových, půdních) a nepřímých (vegetačních) indikátorů přítomnosti podpovrchových objektů silně ovlivnil britský *National Mapping Programme*, globálně nejambicióznější projekt mapování nemovitého kulturního dědictví založeného na analýze leteckých fotografií a archeologické interpretaci na nich zachycených (výše uvedených) indikátorů (obr. 5.26).⁶²

Transformace fotoleteckých dat prostřednictvím vektorizace v GIS je jediným efektivním způsobem, jak archeologicky relevantní informace na leteckých fotografiích plně zhodnotit a využívat je nejen jako plnohodnotný pramen

ve výzkumu a ochraně archeologického dědictví, ale také při prezentaci výsledků široké veřejnosti. Uvedený postup mapování archeologických objektů je zároveň vhodný i s ohledem na skutečnost, že podobné druhy datových výstupů vznikají též při využití jiných metod DAP, a to často pro odlišná, vzájemně se doplňující prostředí. Letecké laserové skenování má největší potenciál v zalesněných oblastech, které jsou při běžném snímkování nezachytitelné; na druhé straně technologie LiDAR (až na výjimky) nedokáže zaznamenat objekty, které jsou zviditelněné pouze porostovými příznaky. Archeologické stopy na rozhraní lesa a otevřené krajiny tak lze v celistvosti mapovat pouze komplementárními metodami (obr. 5.27). Svým dílem přispívá i velkoplošné geofyzikální měření, případně různé druhy dálkového snímání využívající odlišná barevná spektra a vlnové délky. Všechny tyto metody v důsledku zachycují jednotlivé archeologické objekty či jejich části, které lze přenést do podoby vektorových dat v GIS – samostatných objektů s vlastním popisem. V konečném stádiu tak data DAP získávají obdobný charakter jako data o nemovitých objektech získaná při výzkumu odkryvem, byť jejich detailní poznání bude vždy limitováno formou nedestruktivního pozorování.

Detailně zpracovaná metodika popisující jednotlivé kroky výše uvedeného procesu tak, jak je standardně nastavena a používána při vektorizaci interpretovaných leteckých snímků v rámci projektu *Archeologie z nebe* (a obecně při přípravě dat pro AMČR), je obsahem přílohy 2.

5.3 Možnosti automatizace procesu zpracování leteckých snímků

Dosavadní kroky procesu vektorizace tvarů porostových příznaků jsou prováděny v GIS manuálně, tj. bez jakéhokoli zásahu auto-

62 <https://historicensland.org.uk/research/methods/airborne-remote-sensing/aerial-investigation/> (česky souhrnně viz *Gojda 2017a*, 168–169).

matizačních algoritmů. Zejména rektifikace (a následné georeferencování) vstupních šikmých snímků je v rámci současně používané metodiky důležitým krokem v celém procesu mapování porostových příznaků. Eliminace (resp. případná budoucí automatizace) tohoto kroku může do procesu přinést časovou úsporu a zároveň minimalizovat prostorové chyby.

V posledních letech se však začaly hojně realizovat hlavně projekty zaměřené na detekci, rozpoznávání, klasifikaci a extrakci předem definovaných tvarů (konkrétně porostovými příznaky zviditelněných objektů archeologického zájmu) zachycených v digitálním obrazu zemského povrchu, tj. na leteckých a družicových optických, radarových a lidarových snímcích pomocí umělé inteligence či strojového učení a automatické klasifikace. Jedna z hlavních otázek spojených s těmito postupy zní: Do jaké míry mohou počítačové operace (algoritmy) nahradit v procesu identifikace archeologických památek schopnosti specialisty v oblasti archeologické interpretace fotoleteckých dat? Problémem automatické detekce a vektorizace je skutečnost, že ačkoliv se pro lidské oko zdají být tvary vegetačních příznaků zřetelné a dobře rozpoznatelné, z pohledu výpočetních systémů je přechod odstínů porostového příznaku a jeho okolí rozostřený, a tudíž kontextuálně zcela neurčitý. Příznivá není ani obvyklá přítomnost dalších (ať už přírodních či antropogenních) úkazů, zasahujících do blízkého okolí objektů zviditelněných porostovými příznaky (půdní eroze, podzemní voda, vyjeté stopy od traktorů, polní cesty aj.). Praxe však ukázala, že výhody těchto moderních metod digitálního věku – především rychlost, s níž mohou být na velkém prostoru odhaleny pohřbené objekty – převažují nad nevýhodami. Z nich je pravděpodobně nejzávažnější nutnost kontroly výsledků automatické extrakce a následná („ruční“) skartace objektů, které sice morfologicky odpovídají předdefino-

vaným tvarům a měly by být extrahovány, avšak ve skutečnosti archeologickými objekty nejsou.⁶³

S cílem zefektivnit používaný postup systematického mapování archeologických lokalit z leteckých snímků byl nedávno navržen též obecně aplikovatelný metodický postup částečně automatizované vektorizace tvarů porostových příznaků a jejich následného zanesení do GIS. Tento postup zjednodušuje, zpřesňuje a zrychluje mapování archeologických lokalit, které je v současnosti prováděno manuálním překreslováním tvarů porostových příznaků do vektorové georeferencované podoby. Zahrnuje automatický proces přípravy vstupních rastrových dat (Data Preprocessing) v podobě rektifikace digitálních leteckých fotografií (RGB) do reprezentace vhodné pro následné zpracování vektorizačními algoritmy, jež jsou běžnou součástí GIS.⁶⁴ Důležitým požadavkem navrženého řešení je minimální časová náročnost výpočtu, což umožňuje snadné rozšíření aktuálně používané metodiky mapování vegetačních příznaků. Pro vytvoření obecně aplikovatelného algoritmu automaticky vykreslujícího fotoletecky dokumentované tvary zahloubených struktur antropogenního původu na zemědělských plodinách je nutno dále analyzovat vhodnost vybraných metod digitálního zpracování obrazu, konkrétně segmentace, klasifikace, automatické detekce hran a převodu

63 Viz např. *Davis 2020; Stott et al. 2019; Lambers – Traviglia 2016; Freeland et al. 2016; Hanson 2008; Bickler 2021*. Pozoruhodné je, že vůbec první pokusy byly v tomto směru učiněny již v první polovině 90. let minulého století (*Lemmens – Stančič – Verwaal 1993*).

64 Algoritmus předzpracování obrazu je navržen za využití výpočetních postupů použitelných v běžných programovacích jazycích (C, C++, Java, Python, PHP atd.) tak, aby jej bylo možno v praxi implementovat prostřednictvím samostatné aplikace, případně softwarového rozšíření (pluginu) pro existující GIS.

bitmapových grafických podkladů do vektorové podoby.⁶⁵

5.4 Další využití fotoleteckých dat ve výzkumu a památkové péči

Získání konkrétnější představy o tom, kam v globálním měřítku směřuje soudobý zájem o využití dat dálkového archeologického průzkumu, je dobře možné díky sledování projektů publikovaných na stránkách řady vědeckých časopisů. Jejich enormní nárůst je dán řadou okolností:

- (1) Rychlým vývojem zpracovatelských softwarů a algoritmů (produkovaných pro potřeby oborů výrazně závislých na datech DPZ, jako jsou ekologie, geografie, meteorologie, geologie, zemědělství, lesnictví, obory zaměřené na výzkum využití ploch a rozvoj urbanismu aj.), které jsou převážně prostřednictvím technicky vzdělaných specialistů na práci s nimi v nečekaně velké míře integrovány do výzkumu historické krajiny; poměrně často najdeme v seznamech pracovišť autorů jednotlivých publikací pouze jednu (anebo ani jednu) archeologickou či jinou instituci ze skupiny humanitních či sociálních věd.
- (2) Nebývalým vzestupem lehce dosažitelných digitálních obrazových dat dálkového průzkumu („Data Explosion“; mluví se tak o nich v souvislosti s problematikou tzv. velkých dat, jejichž efektivní zpracování a analýza je dána výše uvedenými faktory).
- (3) Vědomím badatelů zapojených do DAP o obrovském potenciálu dat DPZ pro účinný management kulturního dědictví

jak na úrovni lokální, regionální, národní, tak v měřítku globálním.

- (4) Stále se zvyšujícím počtem časopisů vydávaných na bázi online / Open Access, které umožňují autorům článků rychlé šíření výsledků jimi vedených výzkumů (a v důsledku toho také jejich citování potenciálními čtenáři).⁶⁶ Vedle nich se tato témata objevují často také v zavedených oborových časopisech, zejména v *Antiquity*, *Archaeological Prospection* a v *Journal of Archaeological Science*.

I přes výše nastíněný rozsah v současnosti produkovaných publikací v oboru DAP (v nichž je pro archeologa bez technického vzdělání většinou značně obtížné se zorientovat) je možné nalézt témata, která profilují jeho současné směřování. Jsou to např. analýza historických leteckých fotografií pomocí moderních metod,⁶⁷ sběr dat prostřednictvím crowdsourcingu⁶⁸ a pomocí umělé či strojové inteligence / automatické klasifikace,⁶⁹ mapování a monitoring stavu archeologického dědictví,⁷⁰ metody zviditelňování zaniklých nemovitých památek⁷¹ aj.

Za důležité téma považujeme využívání leteckých fotografií pro tvorbu 3D modelů

66 Pro dálkový průzkum aplikovaný v archeologii a krajině historii jsou v tomto směru nejčastěji využívány časopisy z vydavatelství MDPI, především *Remote Sensing*, ale i další – *Drones*, *Heritage*, *Sustainability* a *Geosciences*. Již opakovaně se tematika DAP u prvního jmenovaného časopisu objevila také v podobě speciálně zaměřených monografií, jejichž přípravu a publikaci zajišťují pozvaní editoři, obvykle oslovení z řad recenzentů studií, nabízených do uvedených časopisů: naposledy *Kaimaris ed. 2021*; *Nicola – Lasaponara eds. 2021*.

67 *Stott et al. 2018*.

68 Např. *Stewart et al. 2020*.

69 Např. *Davis 2020*; *Stott et al. 2020*; *Stott et al. 2019*; *Luo et al. 2019*.

70 *Agapiou et al. 2020*; *Caspari 2020*.

71 *Verhoeven 2016*; *Agudo et al. 2018*; *Coakley 2019*; *Gojda 2017b*.



Obr. 5.28 Fotogrammetrickým postupem vytvořený 3D model pravěkého sídliště v Račíněvesi s bodovými a liniovými objekty zviditelněnými porostovými příznaky (autor: J. Unger).

Obr. 5.29 3D model podoby pravěkého sídliště v Račíněvesi vytvořeného na základě interpretace archeologického obsahu leteckých snímků lokality (autor: J. Unger).



lokalit pořizovaných metodou vícesnímkové fotogrammetrie (podrobněji k jejímu principu viz kap. 3.1). V rámci projektu *Archeologie z nebe* jsou kombinací georeferencovaných šikmých snímků pořizovaných z letadla a z dronu vytvářeny digitální výškopisné modely lokalit

zviditelněných prostřednictvím porostových příznaků, ojediněle také památek dochovaných v terénním reliéfu (obr. 5.28). Postupně jsou pak modely vybraných lokalit či objektů zpracovány do jejich rekonstruované podoby ve 3D (obr. 5.29).

6 TRVALÉ ULOŽENÍ A ZPŘÍSTUPNĚNÍ FOTOLETECKÝCH DAT

Cílem všech druhů archeologického terénního výzkumu je shromáždit určité informace a využít je k odbornému poznání minulosti. V současné době se však stále více upozorňuje na skutečnost, že data získaná z veřejných prostředků by měla dále sloužit veřejnosti, ať už ve formě dostupných informací pro zájmovou činnost, nebo údajů sloužících pro další vědecký výzkum. V mnoha ohledech by totiž bylo krajně nevhodné považovat výzkumem získaná data za výhradní majetek jejich pořizovatelů – některá z nich už nemusí být možné získat znovu, a i kdyby tomu tak bylo, je to realizovatelné jen za cenu velkých, znovu vynaložených nákladů. Trvalé uchování a zpřístupnění výzkumných dat pro veřejnost je proto nejen důležitým momentem efektivity vědeckého poznání jako celku, ale i významným nárokem demokratického systému v období informační společnosti.

Je třeba připomenout, že i otázka trvalého uložení musí být součástí plánovací fáze projektu, a to sestavením DMP, který slouží jako vodítko pro další práci. V dílčích krocích pak aplikujeme jeho ustanovení, která postupně vedou k vytvoření „archivního fondu“ leteckých dat. Sestavení tohoto fondu a jeho předání k trvalému uložení by mělo být samozřejmostí v každém projektu. Základní metadatový popis a příprava snímků pro předání do trvalého úložiště jsou klíčové a neopakovatelné kroky, protože se postupem času úplnost a srozumitelnost dat mohou snižovat. Zatímco vytěžování odborného obsahu snímků můžeme opakovaně provádět

v různých dobách, různými týmy a za různým účelem, samotná archivace leteckých dat je nezastupitelná. Kvalitní uložení, zvláště byly-li dodrženy principy FAIR, zajistí budoucí použitelnost snímků pro libovolné účely. Má tedy minimálně stejnou váhu, jako způsob provedení leteckého průzkumu a interpretace snímků.

6.1 Zásady FAIR správy dat

O úspěšném zakončení leteckého průzkumu můžeme hovořit jen tehdy, pokud jsou jeho výsledky uloženy v důvěryhodném trvalém úložišti, kde jsou k dispozici pro další odborné i zájmové využití veřejností. Předložená metodika v obecné rovině vychází z prosazujících se principů FAIR, které posilují možnost trvalé využitelnosti dat napříč obory a definují základní oblasti, na něž je třeba se zaměřit. Samotné označení FAIR napovídá stěžejní oblasti, na něž je třeba brát zřetel:

- **vyhledatelnost (Findability)** – data musí být čitelná a snadno vyhledatelná (člověkem i počítačově) tak, aby je bylo možno kdykoli najít na základě popisných údajů;
- **přístupnost (Accessibility)** – data musí být uložena na dostupném, známém místě a přístupnost musí být stanovena za jasně definovaných podmínek;
- **interoperabilita (Interoperability)** – data by měla být standardizovaná v souladu s dobrou praxí a měla by být navázána na jednotný systém, který usnadňuje datovou výměnu;

- **využitelnost (Reusability)** – data by měla být zbavována překážek k jejich využití, a to jak věcných (srozumitelnost), technických (dostupnost online), tak právních (odpovídající licencování).⁷²

6.2 Trvalé uložení fotoleteckých dat

6.2.1 Trvalé uložení analogové dokumentace

Analogová dokumentace leteckých průzkumů v archeologii zahrnuje tisky na papíru či foto-papíru, pracovní tištěné kopie textů a obrázků, jakož i ručně psané či kreslené poznámky odborných pracovníků. Z obsahového hlediska jde především o tři základní druhy dokumentů:

- fotografický materiál (šikmé letecké snímky);
- mapovou dokumentací (trasy letů a polohy lokalit);
- doprovodnou textovou dokumentací (záznamy letů, popisy snímků apod.).

Z hlediska vývoje digitálních nástrojů lze tvorbu prvních dvou typů dokumentace považovat za víceméně ukončenou (dnes vzniká primárně jako digitální data). V důsledku tak jde o čistě historické archivní fondy, které by měly být uchovány s ohledem na jejich (historickou) informační hodnotu a podle zásad dobré praxe nakládání s jednotlivými typy materiálů. Nejvyšší míra péče by měla být věnována fotografiím, neboť na rozdíl od zbylých typů dokumentace se jedná o materiál, který sice lze digitalizovat, avšak digitalizace je vždy zatížena jistou mírou zkreslení, snížením originální kvality a ztrátou autenticity. Naopak

obsah map a doprovodné dokumentace je možné bezztrátově přenést do digitální formy, protože jejich podstatou je informační obsah a hodnota dílčích dokumentů *per se* je zanedbatelná. Přesto je vhodné primární dokumentaci uchovávat v úplnosti jako utříděný archiv, který má být po své digitalizaci (viz kap. 4.2.4) předán k trvalému uložení ve specializovaných archivech či sbírkách dokumentů (institucionálních či zřizovaných státem; jedním z takových specializovaných pracovišť je i Archiv ARÚ, jehož součástí je ALS).

Při správě analogových archiválií je důležité dodržet některé zásady, a to zejména uchovat vazbu mezi digitálním a analogovým materiálem (sdílené či odvoditelné identifikátory) a zabezpečit fotografie před degradací a dalšími nepříznivými vlivy, které by je mohly poškodit či nenávratně zničit. Tyto postupy jsou sdílené pro všechny typy archivních materiálů bez ohledu na oborový kontext či přesný obsah. Jednoznačně nevhodné je uchovávání (neutříděné) archivní dokumentace v instituci původce, pokud tato není vybavena odpovídajícími prostředky pro trvalou archivaci v souladu s dobrou praxí.⁷³

Dostupnost leteckých archivů pro další využití (interní i veřejné) je nejlépe zajištěna prostřednictvím digitálních reprodukcí (a to již od fáze zpracování a podrobného popisu; viz kap. 5), protože omezení fyzického kontaktu s materiálem prodlužuje jeho životnost a práce s digitálními daty je v mnoha ohledech snazší.

6.2.2 Trvalé uložení digitálních dat

V České republice dosud neexistuje státem spravovaný, univerzální, důvěryhodný digitální repozitář určený pro vědecká data. Vytváření DMP nevyžadují ani poskytovatelé národních dotací a (případná) archivace dat tak zůstává čistě na zodpovědnosti jejich tvůrců či správců.

⁷² Podrobná doporučení k těmto zásadám dává příručka ZÁSADY zajištění FAIRové správy a využitelnosti dat (<https://doi.org/10.5281/zenodo.3946099>).

⁷³ Perrin et al. 2014; The National Archives 2016; Wanner et al. 2015.

Jisté náznaky lze spatřovat v *Národním úložišti šedé literatury* (NUŠL),⁷⁴ které se v budoucnu má změnit na tzv. *Národní repozitář*, nicméně stále jde o dílčí projekt *Národní technické knihovny* bez návaznosti na širší datovou politiku ve vědě. Projekt *Národní digitální archiv* (NDA)⁷⁵ je též pouze v přípravné fázi a zaměřuje se primárně na státní administrativu. Jistou perspektivu má úložiště postupně budované v rámci velké výzkumné infrastruktury *e-INFRA.CZ*, resp. v rámci sdružení *Czech Education and Scientific NETwork* (CESNET). Dosud se však jedná o negarantované služby poskytované na základě individualizovaných smluv; perspektivně však jde o důležitého tuzemského hráče na poli digitální archivace vědeckých dat.⁷⁶ Na evropské úrovni má nakládání s daty podporovat portál *OpenAIRE*,⁷⁷ který je jedním z pilířů širšího programu *European Open Science Cloud* (EOSC).⁷⁸ Problematiku uložení primárních dat je však nutno řešit na národní úrovni, zde představuje nejlepší praxi např. nizozemský *Data Archiving and Networked Services* (DANS).⁷⁹ Ani vzdělávání na univerzitní úrovni nástup digitalizace plně nereflektovalo – správa dat na vysokých školách je nesystematická, byť se jednotlivé univerzity začínají touto problematikou postupně zabývat. Vhodný model přitom představují datová úložiště spravovaná konsorcií univerzit, jaká známe ze zahraničí (např. *Swedish National Data Service*).⁸⁰ Jednotná koncepce datové správy ve vědě tak v ČR citelně chybí a opatrný přístup státu v této oblasti potenciálně omezuje konkurenceschopnost české vědy. Plánování archivace výzkumných dat se tak v důsledku řídí nepsa-

nými oborovými zvyklostmi a praxí jednotlivých pracovišť. Archivace je úzce svázána s kompetencí odpovědných pracovníků toto téma správně řešit. Zvláště v trvale podfinancované oblasti péče o archeologické dědictví se jedná o velice palčivý a těžko překonatelný problém.

Postupy trvalé archivace primárních dat jsou v české archeologii dlouhodobě problematické, zejména z toho důvodu, že legislativa ani další související regulační opatření neudávají kompetenci (natož pak povinnost) tato data centrálně shromažďovat. Je zajímavé, že česká legislativa (ovšem podobně je tomu i v mnoha jiných zemích v Evropě) explicitně řeší ochranu archeologických památek v krajně (*Zákon o státní památkové péči*, č. 20/1987 Sb.) a ochranu movitých nálezů v muzeích (*Zákon o ochraně sbírek muzejní povahy*, č. 122/2000 Sb.), ale nikoli „třetí pilíř“ archeologického dědictví, tj. terénní dokumentaci archeologických výzkumů. Veškeré závazky jsou spojeny pouze s agendou výzkumů odkryvem, a i v těchto případech je základním produktem určeným k archivaci tzv. nálezová zpráva, nikoli celý archiv primárních dat.⁸¹ V důsledku tak v dílčích projektech často chybí prostředky na zajištění úkolů spojených s trvalým uchováním dat. U projektů produkujících archeologická data bez přímého zásahu do terénu jde o zcela neregulované prostředí, jehož praxi lze teoreticky upravit pouze na úrovni poskytovatelů dotací a tlakem na morální povinnost vědce uchovávat a otevřeně zpřístupňovat produkty své práce pro další užití.⁸²

Vzhledem k výše popsané situaci v ČR platí, že jediným digitálním repozitářem, který se systematicky zabývá dlouhodobou archivací archeologických leteckých snímků, je informační systém AMČR. Tento stav vyplynul zejména

74 <https://nusl.cz/>

75 <https://www.nacr.cz/vyzkum-publikace-akce/vyzkum/projekty/nda>

76 <https://www.cesnet.cz/>

77 <https://www.openaire.eu/>

78 <https://eosc-portal.eu/>

79 <https://dans.knaw.nl/>

80 <https://snd.gu.se/>

81 K tématu souhrnně viz *Novák – Kuna – Lečbychová 2021*.

82 O otevřené vědě, souvisejících argumentech a přístupu k ní v české archeologii viz *Kuna – Tryml eds. 2018*.

z nutnosti zabezpečit a zveřejnit vlastní rozsáhlé archivy leteckých fotografií (viz kap. 2.2.1), dříve spravované čistě analogově. Díky tomu bylo jako součást AMČR vytvořeno prostředí, které dnes nabízí možnost centrálního uložení šikmých leteckých snímků a souvisejících metadat. Data jsou ukládána v bezpečném dlouhodobém úložišti, které je připravováno na budoucí certifikaci⁸³ a jež je podporováno prostřednictvím programu velkých výzkumných infrastruktur jako součást Archeologického informačního systému České republiky. Vzhledem k tomu, že AMČR tvoří páteřní datový systém české archeologie, jde o nástroj provázaný na další důležité partnery, ať již jde o Národní památkový ústav jako odborného správce kulturního dědictví v ČR, systémy užívané v oblasti muzejnictví (včetně komerčních softwarů), tak o mezinárodní prostředí, reprezentované infrastrukturami ARIADNE či E-RIHS. Podobně AMČR působí v mezioborovém prostředí, díky čemuž jsou česká archeologická data (včetně zahrnutých leteckých snímků) indexována v příslušných národních (INDIHU Index)⁸⁴ i mezinárodních agregačních službách (Europeana).⁸⁵

K popsanému řešení v současnosti neexistuje v ČR alternativa, která by v případě archeologických leteckých snímků (a archeologických dat obecně) poskytovala podobný rozsah podpory, zabezpečení, udržitelnosti a celkového zajištění v souladu s FAIR principy datové správy. I v případě vzniku dílčích bezpečných repozitářů (např. na úrovni univerzit) nelze předpokládat, že se podaří zajistit obdobnou míru integrace a koncepční podpory archeologických dat. AMČR je navíc živým systémem, jehož vývoj dále probíhá, je vedený specializovaným týmem – tím se rozšiřuje i škála funkcionalit a služeb, které nabízí. Činí tak ve vazbě na další nástroje AIS CR, zejména na příslušné aplikační rozhraní (API)

a na Digitální archiv AMČR. Ten slouží k jednotné prezentaci obsažených dat. Má-li být trvalá archivace archeologických leteckých snímků zajištěna efektivně a kvalitně, je v zájmu celé archeologické komunity, aby postupně došlo ke zpracování všech dílčích archeologických fotoleteckých fondů a k jejich uložení v AMČR. Díky tomu, že tuto cestu zvolil i projekt *Archeologie z nebe*, se práce v projektu mohly soustředit především na vlastní zpracování příslušných datových celků, přičemž archivace dat byla od počátku plánována a vedena předem definovanou metodikou (bez nutnosti hledat a vyvíjet vlastní řešení) a zajištěna specializovanými pracovníky.

6.3 Letecké snímky, jejich evidence a zpřístupnění v praxi AMČR

Informační systém AMČR, se kterým pracuje projekt *Archeologie z nebe*, teoreticky není jediným možným nástrojem trvalé a kvalitní archivace archeologických dat. V současnosti však jde o jediný systém v ČR, který může prokázat plnou technickou i obsahovou funkčnost, udržitelnost a schopnost prezentace dat pro veřejnost. AMČR se dlouhodobě snaží definovat takové postupy, jež jsou nejefektivnější z hlediska dlouhodobé využitelnosti dat pro vědecký výzkum (a zprostředkovaně i pro památkovou péči), a způsoby, které jsou dlouhodobě udržitelné a respektují přirozené principy vzniku archeologických pramenů a informací o nich. Svou povahou patří AMČR mezi světově unikátní systémy, a to jak objemem evidovaných dat (stovky tisíc záznamů pro území ČR), tak jejich vysokou komplexitou a kvalitou. Bere v potaz postupy, jež se v oblasti péče o data v kulturním dědictví v posledních letech globálně uplatňují (např. standardní ontologické modely, zejména CIDOC-CRM) a jsou užitečné při harmonizaci datových zdrojů na meziobo-

83 <https://www.coretrustseal.org/>

84 <https://index.indihu.cz/>

85 <https://www.europeana.eu/>

rové i mezinárodní úrovni.⁸⁶ Tyto standardy usnadňují vytváření velmi kvalitních praktických aplikací, v důsledku své univerzality nicméně samy o sobě nezaručují kvalitu jednotlivých implementací (datových modelů).

6.3.1 Charakteristiky popisného systému AMČR

Úkolem každého informačního systému je převést část okolní reality do určité formy její reprezentace, která je dlouhodobě srozumitelná, uchovatelná a využitelná jako zdroj poznatků, a to s ohledem na výše zmíněné zásady FAIR přístupu. Podmínkou zajištění těchto cílů je jasná formulace ontologie informačního systému čili explicitní popis jeho hlavních součástí (entit, kategorií, atributů a vazeb), na něž je určitý segment reality převáděn.

Informační systém AMČR přistupuje k evidenci archeologických dat jako k popisu odborných pozorování archeologických stop v krajině, tedy jako k evidenci terénních výzkumů. Terénní výzkum je odbornou aktivitou vedoucí k získání primárních archeologických poznatků. Pochoopení informací uložených v AMČR jako záznamů o odborných aktivitách (pozorováních) je klíčové a odkazuje na fakt, že reprezentace reality není nezávislá na pozorovateli, nýbrž vzniká teprve jeho aktivitou (např. volbou kladených otázek, metodou pozorování atd.).

Hlavní druhy terénních pozorování, s nimiž AMČR momentálně pracuje, jsou následující (v budoucnu však mohou přibývat další):

- **výzkumy se zásahem do archeologických terénních situací:**
 - plánované terénní zásahy (badatelské, předstihové);
 - neplánované zásahy (náhodné nálezy);
 - dříve ukončené výzkumy a starší nálezy (retrospektivní evidence);
- **pozorování bez zásahu do archeologických situací (tzv. nedestruktivní):**
 - evidence povrchově viditelných archeologických lokalit;
 - letecký průzkum;
 - analýzy digitálních map a modelů krajiny (zachycené obvykle pomocí LiDAR) a další související terénní průzkumy;
- **výzkumy specifického charakteru,** zpravidla s omezeným zásahem do terénu, např.:
 - průzkumy zacílené na vyhledávání samostatných nálezů (obvykle s využitím detektoru kovů).

Dílčí **entity**, tj. jednotky či záznamy o konkrétních terénních pozorováních, spadají v AMČR do různých **kategorií**, přičemž některé kategorie jsou obecné, jiné se aplikují jen na některé typy terénních výzkumů. V dikci informačních systémů jsou chápány jako datové třídy a skupiny datových tříd, ze kterých se skládá datový model. Základními kategoriemi (skupinami datových tříd) v AMČR jsou (viz obr. 6.1):

- výzkumné záměry čili plánované výzkumy, evidované tehdy, kdy je potřeba podrobit terénní aktivity potenciální veřejné kontrole (vyžaduje to legislativa) a/nebo je vhodné data evidovat v jednotném rámci včetně související agendy (PROJEKTY);
- vlastní terénní pozorování různých druhů prováděné různými odbornými subjekty, různými metodami a v různé době (AKCE, LETY a identifikace LOKALIT);
- části terénních pozorování představující logické prostorové celky (DOKUMENTAČNÍ JEDNOTKY) potřebné pro další dokumen-

⁸⁶ CIDOC-CRM je dnes základem pro integraci archeologických dat z celého světa v rámci infrastruktury ARIADNE (<http://www.ariadne-infrastructure.eu/>), která na něm vybudovala svůj vlastní datový model. AMČR jako jeden z poskytovatelů dat pro ARIADNE mapuje svá data na tyto univerzální modely, umožňuje je automaticky vytěžit a v harmonizované podobě je skrze jednotný portál poskytovat mezinárodní vědecké komunitě.

taci (vymezující např. rozsah výzkumu či lokality, sondu, vymezení specifického areálu); prostorové vymezení dokumentačních jednotek je dáno vazbou k abstraktní geoprostorové jednotce vytvářející samostatnou datovou třídu (PIAN);

- souhrnné jednotky archeologického obsahu, tj. chronologické a funkční celky nálezů rozpoznatelné v rámci dokumentačních jednotek (KOMPONENTY);
- druhy charakteristických nálezů, na jejichž základě byly vymezeny komponenty (NÁLEZY);
- terénní dokumentace vznikající při odborných terénních aktivitách, tj. např. texty, fotografie, plány a datové soubory, skládající se z metadatového záznamu (DOKUMENTY) a připojených dat v digitální podobě (SOUBORY);
- záznamy o dokumentech a publikacích, které mají relevanci pro jednotlivá terénní pozorování, avšak jsou uchovávány mimo AMČR (EXTERNÍ ZDROJE);
- jednotlivé, samostatně evidované fakty, tj. nemovité objekty (SAMOSTATNÉ OBJEKTY) a movité předměty (SAMOSTATNÉ NÁLEZY) s individuálním popisem a prostorovým vymezením.

Jednotlivé dokumenty vznikající při terénních výzkumech mohou zachycovat více výzkumů, ale častější je opačný případ, kdy referují jen o dílčí části určitého výzkumu (např. na fotografii z výzkumu polykulturního naleziště je zobrazen jen jeden objekt určitého období). Proto se DOKUMENTY mohou dělit na vlastní logické OBSAHOVÉ ČÁSTI, které dokumentují určité konkrétní situace, popisované jako KOMPONENTY DOKUMENTU, příp. NÁLEZY DOKUMENTU. V zásadě jde o symetrický obraz členění vlastních terénních pozorování, ovšem s tím, že výběr popisovaných dat je jiný než u akce, zpravidla užší. U leteckých snímků přibývá specifická možnost popsat na nich pozorovatelné TVARY (linie, shluky

bodů apod., jakožto funkčně a chronologicky neurčenou analogii „nálezu“). Entity jsou popisovány prostřednictvím **atributů** (vlastností), které jsou formalizované a částečně standardizované pomocí závazných heslářů (řízených slovníků). Jako atribut *de facto* vystupují i některé kategorie entit (viz již zmíněný případ NÁLEZŮ charakterizujících určitou KOMPONENTU).

Entity různých kategorií navazují mezi sebou **vztahy**. Důležitým rysem AMČR je preference popisu entit pomocí jejich vztahů k jiným entitám, nikoliv jen výčtu vlastností (atributů) evidovaných v tabulce entit. Jako příklad uvedme prostorové vymezení terénního výzkumu, které bylo dříve chápáno jako individuální atribut každé akce, a proto se stávalo, že se lokalizace těchto prostorových celků vlivem náhodných faktorů lišily, a tudíž nemohly být automaticky identifikovány. Oproti tomu je v AMČR prostorové vymezení výzkumu definováno vztahem (vazbou) mezi DOKUMENTAČNÍ JEDNOTKOU výzkumu a samostatnou entitou – jednotkou PIAN, která má jednoznačné a trvalé vymezení, včetně přesnosti. Jeden terénní výzkum pak může mít prostřednictvím dokumentačních jednotek vztah k více jednotkám PIAN, ale platí to i naopak – na každou jednotku PIAN může být připojeno více dokumentačních jednotek různých výzkumů a lokalit. Tento přístup odpovídá modernímu pojetí databázových systémů, neboť je efektivnější pro zpracování, úspornější z hlediska rozsahu databáze, přehlednější a méně chybový. Vztahy mezi entitami různých kategorií mohou být obecně 1 : 1, 1 : N nebo M : N.

6.3.2 Definice základních kategorií dat v AMČR

Jádrem AMČR je několik kategorií, jejichž obsah je třeba vysvětlit podrobněji. Archeologická AKCE (angl. *Fieldwork Event*) je chápána jako soubor archeologických pozorování a nálezů (tedy terénní výzkum) odpovídající určitému původci

(vedoucí výzkumu, organizace), místu (prostorovému vymezení), době provedení a použité metodě. Archeologická akce se dělí na logické prostorové celky (DOKUMENTAČNÍ JEDNOTKY), a to především s ohledem na evidenci tzv. KOMPONENT, souborných prostorových, chronologických a funkčních celků nálezů. Striktně vzato by se pro tento pojem mělo užívat označení „komponenta akce“, protože málokdy jde o celou komponentu ve smyslu teorie sídelních areálů, jde spíše jen o dílčí výřez komponenty (archeologického obrazu určitého areálu aktivity). NÁLEZY (fakty), které přiřazujeme ke komponentám, sice tvoří samostatnou datovou třídu, ale nejde o jejich individuální, nýbrž pouze druhovou evidenci, vztaženou k celé komponentě.

V podmínkách leteckého průzkumu je analogií (archeologické) akce datová třída LETY, která rovněž eviduje organizátora, okolnosti, datum provedení a další údaje relevantní pro popis dané události terénního výzkumu (pozorování).

LOKALITA představuje soubor archeologických pozorování a nálezů odpovídajících určitému místu (prostorovému vymezení) a charakteristickému archeologickému projevu; v úvahu se bere i předpokládané stáří. Evidenci lokality předchází definice určitého typu minulých aktivit, které chceme evidovat, a jejich očekávaného záznamu v krajině. Prvním krokem při vymezení lokality je proto její formální identifikace (např. povrchovým průzkumem, rešerší, studiem map a literatury, analýzou digitálních modelů krajiny) a po ní následuje prostorové vymezení pomocí PIAN, zpravidla s využitím jediné DOKUMENTAČNÍ JEDNOTKY (rozsahu lokality). KOMPONENTY nesou v případě lokalit informaci o předpokládaném datování a funkci lokality, avšak v podstatě představují informaci, která je buď redundantní (komponenty byly rozeznány a jsou evidovány v příslušných akcích), nebo spekulativní (např. datování hradiště podle formální analogie). NÁLEZY u lokalit evidujeme podobně jako u akcí, ovšem zahrnujeme mezi ně pouze nemovitě objekty a platí zde stejná výhrada jako u kom-

ponent (duplicita vůči akcím – v tomto případě ovšem potenciální, nikoli systémová).

Podle AMČR může být teoreticky za lokalitu považován jakýkoli archeologický nález, v praxi ovšem AMČR jako lokality eviduje pouze pozorování:

- opakovaná (nebo alespoň opakovatelná, tedy v jistém smyslu syntetická), u kterých není důležité uvádět autora a dobu provedení (výjimkou může být např. uvedení objevitele či prvního pozorování, ale jen v rámci doprovodného textu);
- týkající se nemovitých archeologických objektů v krajině (movité nálezy mají být evidovány v rámci archeologických akcí);
- představující soubor nálezů většího rozsahu (k problematice jednotlivých objektů viz níže).

Přestože lze pojem lokality užívat flexibilně, dbáme vždy na to, aby byl aplikován rozumně a optimálně doplňoval evidenci akcí (případně samostatných objektů), a to zejména o takové druhy pozorování, které v evidenci akcí chybí (např. výzkumy jednotlivých částí hradiště mohou být evidovány jako jednotlivé archeologické akce, ale bez vymezení „lokality“ by hradiště jako celek v evidenci chybělo). Podobně těžební pole může být definováno jako oblast intenzivního výskytu původně samostatných těžebních objektů. Lokalita tak v principu zahrnuje i prostor mezi samostatnými objekty, kde lze však očekávat související aktivity a jejich pozůstatky (případně další dosud neidentifikované objekty). Z definice také vyplývá, že na jednom místě se může nacházet více odlišných lokalit, které se vzájemně překrývají, ale mají odlišný charakter či dataci (např. svazek komunikací procházející mohylníkem), nebo jsou v hierarchickém vztahu (tvrz v zaniklé vesnici, kostel na hradišti apod.).

Před vyznačováním lokalit je třeba vždy prodiskutovat definici příslušného typu pozorování. V AMČR je zatím uvažováno jen přibližně o desí-

tce druhů lokalit, které jsou (nebo budou) systematicky evidovány (pravěká ohrazení, středověká sídla elit, zaniklé středověké vesnice, mohylníky, osídlené skalní prostory, vojenská opevnění, sakrální stavby, těžební areály, komunikace, výrobní areály apod.); jedním z nich jsou i polygony leteckého průzkumu. U každého jednotlivého pozorování z dané oblasti se zvažuje, zda bude evidováno jako akce, lokalita nebo obojí. Obecně je kladen důraz na to, aby nedocházelo ke ztrátě informací a aby nevznikaly redundantní informace, tj. aby byly kategorie aplikovány jen na data, pro která jsou vhodné. Dalším předpokladem je, že soubor lokalit zvolených kategorií by měl být identifikován a evidován v maximální možné úplnosti.

Z výše uvedených definic ovšem také vyplývá, že existují pozorování, která z praktických či teoretických důvodů nelze zachytit ani jako akce, ani jako lokality. Je to zejména případ jednotlivých předmětů a objektů, které se v terénu často vyskytují ve velkém množství, ale bez uspořádání a kontextu, jež by umožnily sdružit je do větších logických celků, pokud nechceme příliš deformovat realitu a komplikovat evidenci. Jejich strukturování pomocí akcí je z různých důvodů problematické, zejména s ohledem na vysokou redundanci dat a extenzivní povahu souvisejících průzkumů. Při různých formách povrchového průzkumu, ať už probíhá přímo v terénu, nebo je zobrazen jako jeho digitální model, je proto často jedinou reálnou možností evidovat jednotlivé archeologické fakty s jejich individuálním popisem a samostatným prostorovým vymezením. AMČR rozlišuje dvě kategorie těchto jevů: SAMOSTATNÉ NÁLEZY (záznamy movitých artefaktů) a SAMOSTATNÉ OBJEKTY (záznamy nemovitých artefaktů). I zde se ukazuje, jak jsou způsoby kategorizace archeologické reality závislé na kontextu pozorování a na úhlu pohledu: v rámci hustších koncentrací (nalezišť) a jiných metod výzkumu by evidence jednotlivých nálezů a objektů byla nadbytečná, ba až nemožná; při určitých formách výzkumů

je to však jediná možnost, jak realitu smysluplně uchopit.

SAMOSTATNÉ NÁLEZY jsou jednotlivě evidované a popsané předměty s vlastním identifikátorem a prostorovým vymezením (jedním bodem). V současnosti jde především o nálezy získávané detektorovým průzkumem v rámci systému *Portál amatérských spolupracovníků a evidence samostatných nálezů* (AMČR-PAS),⁸⁷ ale do budoucna nemusí jít o jediný druh takto evidovaných nálezů. Základní údaje a zaměření jsou vytvořeny přímo v terénu, některé další informace (potvrzení datace, uložení ve sbírce apod.) jsou následně doplněny oprávněnou odbornou organizací. Samostatné nálezy jsou krokem k většímu provázání AMČR s muzejní evidencí, v jejímž rámci jsou jednotlivé nálezy ukládány.

SAMOSTATNÉ OBJEKTY představují terénní útvary zachycené při povrchovém průzkumu, vyhodnocení leteckých snímků, analýze digitálních mapových podkladů a využití dalších obdobných metod (např. geofyzikální průzkum). I zde platí, že vedle vlastního popisu a identifikátoru má každý objekt i vlastní prostorové vymezení, v tomto případě pouze polygonem. Metadata objektu popisují jak jeho charakter, tak i interpretační jistotu (čitelnost) a údaje o vzniku polygonu (vazbu na projekt, editora, podkladová data apod.). V praxi většinou dochází ke kombinaci poznatků z různých zdrojů, k jejich integraci v prostředí geografických informačních systémů a k popisu v příslušné atributové tabulce, odkud se data v budoucnu převedou do AMČR. Jde o poslední logický prvek, jenž je dosud evidován ve vazbě k AMČR (nikoli uvnitř její databáze) a který po doplnění na aplikační úrovni zajistí plné pokrytí všech charakteristických typů archeologických evidencí (přinejmenším těch s charakterem artefaktů).⁸⁸

87 <http://www.archeologickamapa.cz/pas>

88 Samozřejmě bude vždy existovat prostor pro posilování kvalitativních vlastností dat, tedy míry zachyceného

6.3.3 Postup dokumentace leteckého průzkumu v AMČR

Téměř každý druh terénního výzkumu vyžaduje odlišný způsob evidence s využitím specifické kombinace datových tříd (obr. 6.1). Je např. jasné, že při popisu již ukončených terénních odkryvů je bezúčelné vytvářet PROJEKT, protože jeho význam jako kategorie s ukončením akce vymizel. U jiných druhů výzkumu zase nemá smysl vytvářet souhrnné jednotky typu AKCE a KOMPONENTY, protože evidence od začátku probíhá na úrovni jednotlivých faktů (viz navržený způsob evidence nálezů při detektorovém průzkumu). Specifický postup vyžaduje i evidence dat leteckého průzkumu.

Dálkový průzkum představuje v ohledu sběru a evidence dat dva odlišné druhy výzkumu, a to:

- vizuální průzkum z letadla spojený se šikmým snímkováním lokalit;
- analýzu dat pasivního DPZ, zejména ortomap (avšak analogicky též dat leteckého laserového skenování apod.).

Oba typy výzkumu (dat) se prolínají v okamžiku, kdy jsou šikmé snímky rektifikovány a promítnuty do digitálních georeferencovaných dat. V tomto okamžiku už z hlediska dalšího zpracování nerozhoduje, jakého původu data jsou, nýbrž jejich informační obsah, který se může překrývat, ale též vzájemně korigovat a doplňovat. Další postup práce s těmito daty se ovšem opět rozděluje, nikoli však podle zdroje, nýbrž podle zamýšleného způsobu vyhodnocení, a to na:

- souhrnné zpracování vymezením LOKALIT a popisem jejich obsahu (komponent, tvarů);
- evidenci SAMOSTATNÝCH OBJEKTŮ jako jednotlivých geoprvků.

Tyto směry dalšího zpracování (syntetický a analytický) mají své opodstatnění a je pravděpodobné, že ještě delší dobu budou poznatky letecké archeologie zpracovávány oběma typy výstupů, a to až do doby, kdy se mapování jednotlivých objektů (a jejich případná automatická syntéza do prostorových celků) stane zcela rutinní procedurou.

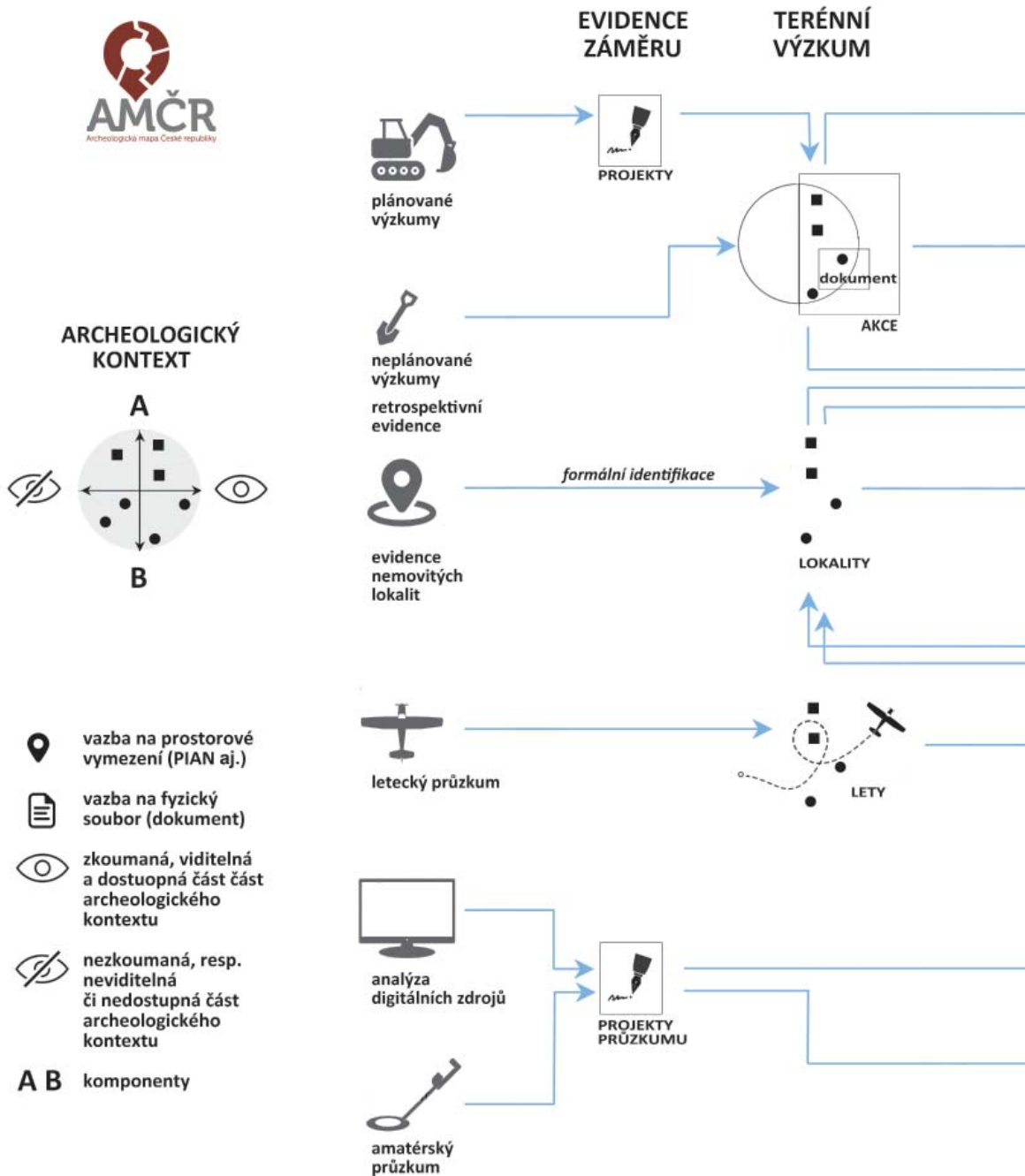
Na rozdíl od jiných typů terénního výzkumu je strukturující kategorií leteckého průzkumu DOKUMENT, a to v podobě leteckého snímku nebo např. ortofotomapy (s případnými dalšími informačními vrstvami); v případě leteckých snímků jde často o skupinu dokumentů – podobných záběrů, které se buď kombinují, nebo se z nich vybírá ta nejlepší fotografie pro následné další využití (rektifikaci).

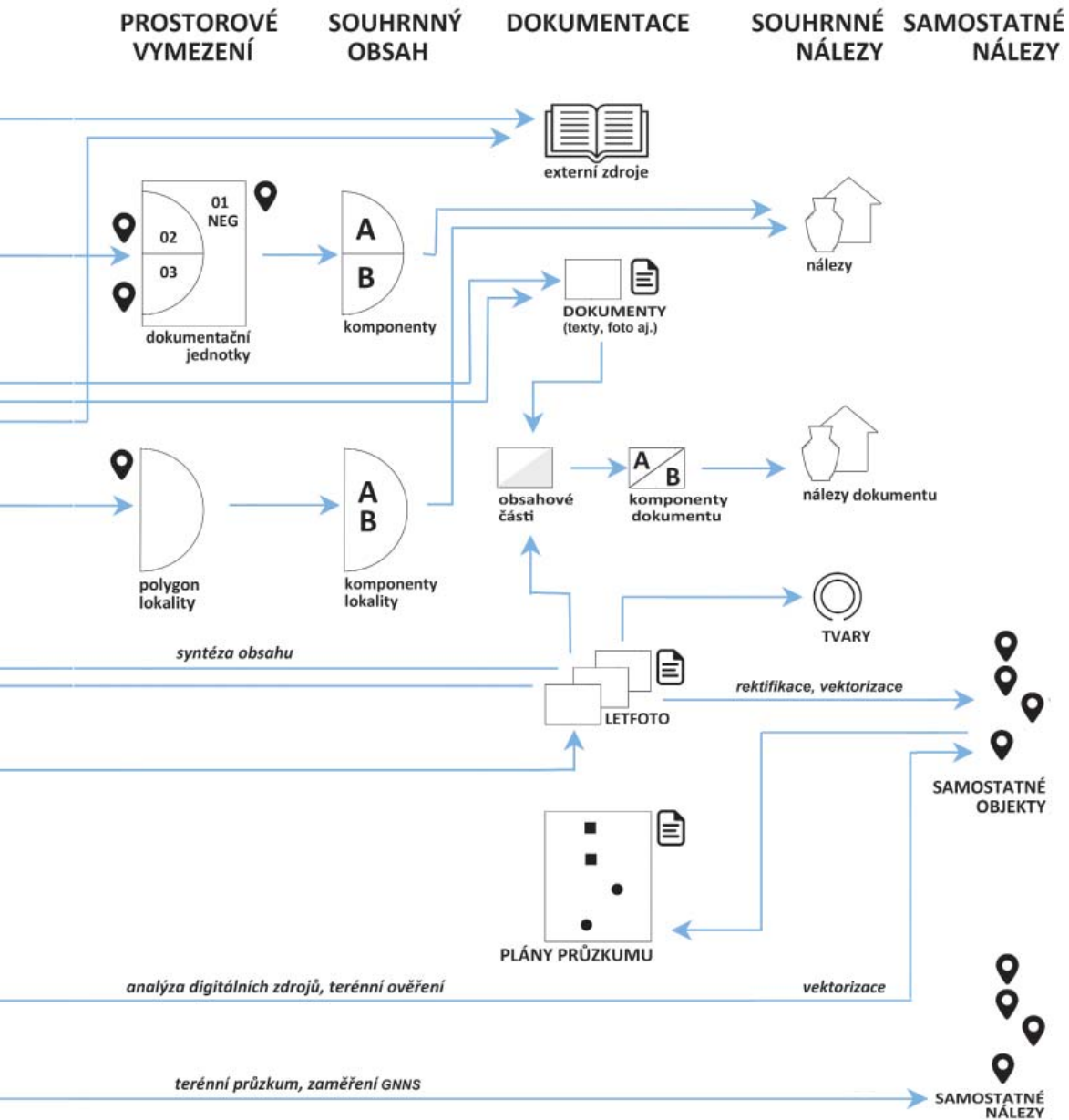
Letecké snímky si uchovávají vazbu na konkrétní LET, jež snímkům přiřazuje některé atributy užitečné pro jejich kritické hodnocení (např. počasí při průzkumu, trasa letu, jméno pilota a pozorovatele atd.). Popis samotného snímku, evidovaného jako DOKUMENT, zahrnuje další metadata (autor, datum pořízení atd.). Charakter dokumentu mají i jednotlivé další zdroje dat DPZ (např. výřez ortofotomapy získané z veřejných zdrojů), byť je v AMČR není vždy nutné jako „dokumenty“ evidovat, zvláště jde-li o data dlouhodobě spravovaná a archivovaná třetími stranami.⁸⁹

Pozorování nově zjištěných archeologických stop v krajině (ať už na jakémkoli typu obrazového dokumentu) lze souhrnně popsat jako LOKALITY, tedy výrazné jednotlivé objekty nebo

detailu v jednotlivých kategoriích, uzavírá se však koncepční pokrytí všech běžně užívaných typů terénních archeologických pozorování. Prostor tak zůstává zejména pro evidenci a zpracování dat vznikajících při procesu jejich zpracování (např. výsledky odborných analýz, odvozené datové výstupy, predikční mapy apod.).

⁸⁹ To však nevylučuje uchování pracovních kopií dat, které vznikají jako procesní mezikroky při zpracování leteckých fotografií a dalších typů dat DPZ.





Obr. 6.1 Základní logické vztahy mezi druhy terénních pozorování a kategoriemi (datovými třídami) AMČR.

prostorově ucelené shluky nemovitých objektů projevujících se patřičnými vegetačními či jinými příznaky. Je třeba upozornit, že při evidenci lokalit tohoto typu hrají velkou roli druhotné faktory, zejména geomorfologie terénu a z ní vyplývající rozsah ploch zasažených půdní erozí a akumulací (obecně platí, že archeologické objekty jsou dobře patrné především na erodovaných plochách). Žádný z jiných typů lokalit sice nemůžeme považovat za přesný odraz minulé reality, ale lokality definované leteckou prospekci v tomto ohledu patří mezi nejvíce transformované.

Identifikace lokalit probíhá zpravidla už během třídění snímků v pracovním repozitáři a při prvotním zpracování dokumentace. V rámci přípravy dat pro trvalé uložení (v AMČR) musí proběhnout jejich prostorové vymezení pomocí polygonu (vytvoření jednotky PIAN) a přidělení perzistentního identifikátoru. Vlastní popis dat leteckého průzkumu včetně obsahu lokalit probíhá na úrovni jednotlivých leteckých snímků; souhrnná informace o lokalitě je ovšem lehce (automaticky) převoditelná ze snímku na lokalitu: její obsah je dán sjednocením obsahu snímků. Podrobnost popisu snímků závisí na čitelnosti a charakteristických vlastnostech pozorovaných objektů. Jsou-li objekty zřetelné a dostatečně charakteristické, můžeme snímku přiřadit konkrétní KOMPONENTU DOKUMENTU i entity typu NÁLEZU DOKUMENTU (např. k. lineární keramiky – sídliště – dům). Nezávisle na tom popisujeme objekty na snímcích formálními hledisky kategorie TVARU (např. bodový objekt, ohrazení pravoúhlé malé atd.).

Jsou-li letecké snímky rektifikovány, případně propojeny s dalšími digitálními zdroji, může být provedena jejich vektorizace, směřující k vytvoření katalogu SAMOSTATNÝCH OBJEKTŮ s individuálním polygonálním vymezením. Seznam atributů, které budou jednotlivým objektům přiřazovány, ještě není definitivně uzavřen, ale je zřejmé, že mezi nimi musejí být jak údaje o jejich tvaru a předpokládané funkci, tak

metadata týkající se autora, metody zpracování, použitého zdroje a vlastní vektorizace, tj. údaje související s konkrétním procesem zpracování dat. Tyto informace umožní porovnat alternativní výsledky pocházející z potenciálně různorodé interpretace krajiny získané v rámci plnění různých projektů.

Z evidence samostatných objektů mohou být následně vytvářeny plány lokalit, tedy DOKUMENTY, které pomocí kartografického zobrazení zachycují určitý stupeň poznání archeologických dat v krajině, doplněný o další údaje nearcheologického původu (mapové podklady, vymezení erodovaných ploch, model reliéfu apod.). Přestože se jedná o odvozeniny již existujících dat, jejich vznik a ukládání v rámci datové třídy dokumentů (ve vazbě na lokality) má své opodstatnění, neboť mohou sloužit jako ucelený výstup pro účely prezentace, památkové ochrany, komunikace se správci dotčených pozemků apod. Na rozdíl od dynamicky se měnících dat jsou prostředkem, díky němuž je možné řízeně přenést poznatky v přesně zvoleném stavu do formátu použitelného v aplikační praxi, zejména v oblasti památkové péče nebo při konkrétních terénních výzkumech.

Vedle nových lokalit, jež jsou zachyceny prostřednictvím porostových příznaků, dokumentuje letecká archeologie i lokality vymezené jiným způsobem (např. hradiště, hrady apod.) a místa, kterými se AMČR primárně nezabývá, ale z hlediska jejich historického významu by byla škoda tyto obrazové informace opominout (tedy letecké snímky historických a přírodních krajin, např. jader vesnic a měst, míst paměti, přírodních útvarů apod.). Zatímco v prvním případě je kontextuální informace zajištěna vazbou na příslušné lokality zachycené pozemním průzkumem, druhý typ „lokalit“ eviduje AMČR prostřednictvím jejich základního strukturovaného popisu a přiřazení k určitému katastru (aby nedocházelo k vytváření prostorových jednotek na základě dat, která nejsou svou povahou archeologická).

6.3.4 Zápis dat leteckého snímkování do AMČR

Přesný postup zpracování dat pro AMČR je představen v příslušných přílohách této metodiky. Tato kapitola shrnuje principy fungování AMČR v praktické rovině (z pohledu běžného uživatele systému) – tedy podává návody, jak je možné postupovat, když je potřeba snímky v AMČR ukládat, případně je vytěžovat pro libovolné účely. Popisujeme zde stav platný v době přípravy této metodiky, tedy k roku 2021. Vývoj nástrojů AIS CR však nadále probíhá, v rámci textu tak zmiňujeme i očekávané změny, které se dotýkají budoucí správy dat dálkového průzkumu v AMČR.⁹⁰

AMČR je v současné době z hlediska běžného uživatele obsluhována volně stažitelnou desktopovou aplikací fungující na platformě JAVA,⁹¹ dílčí moduly však již byly přeneseny do prostředí webového prohlížeče (AMČR-PAS, Knihovna 3D).⁹² V nejbližších letech bude proces převodu do webového prostředí dokončen i pro všechny zbylé moduly – AMČR se tak stane technicky univerzální a nezávislou na konkrétní platformě a dostupnou z webového prohlížeče odkudkoli. Přestože AMČR dnes zahrnuje širší spektrum dat, z aplikačního hlediska je podchycena primárně agenda standardních terénních výzkumů. Oblasti evidence DAP se jednotlivé nástroje věnují pouze v omezené míře. Data DAP, včetně leteckých snímků a souvisejících údajů, jsou tak do systému vkládána dávkově na administrátorské úrovni, plná podpora procesu (individuálního) vkládání a (sdílené) správy však bude součástí nového webového klienta, který proces datové akvizice usnadní a plně integruje.

Při přípravě dat v současné době k tomuto účelu slouží připravená off-line databáze a datové vrstvy GIS, které svou strukturou a užívanými slovníky plně odpovídají datovému modelu AMČR (viz příloha 1). Při využití těchto pomůcek je převod dat do informačního systému snadný a rychlý a obejde se bez nutnosti data dále harmonizovat.⁹³ Přestože je v budoucnu žádoucí poskytnout nativní online nástroj, který umožní přímé datové vstupy v oblasti dat DAP, bude i nadále zachována podpora přípravy dat v off-line režimu. V mnoha ohledech totiž jde o flexibilnější řešení, které vyhovuje pracovním postupům v rámci výzkumných projektů a spektru užívaných nástrojů (obvykle balík MS Office a běžné nástroje GIS). Vedle vkládání a popisu fotografií je třeba zajistit též návaznost na autoritní evidenci lokalit, což je proces vyžadující zásahy odpovědného správce systému AMČR, bez jeho aktivního zapojení se proto celý proces neobejde ani po dokončení všech online nástrojů.

Pokud má tvůrce či správce archeologických leteckých snímků zájem archivovat svá data v AMČR, je nutné v prvé řadě včas kontaktovat správce systému. Následně je třeba zajistit soulad dat s představenou datovou strukturou a hesláři, ideálně za využití podpůrných pomůcek (databáze MS Access a šablony GIS vrstev ve formátu Shapefile (SHP) – ty jsou po dohodě se správcem AMČR volně k dispozici). Data (soubory snímků), metadata (databáze s popisem) a geodata (Shapefile s vymezením lokalit a objektů) lze po jejich zpracování DAP hromadně předat správcům AMČR, kteří je vloží do systému. AIS CR následně garantuje jejich bezpečné dlouhodobé uložení a zpřístupnění v souladu s odpovídajícími standardy.

90 Vývoj nástrojů AIS CR probíhá zpravidla v režimu Open Source ve spolupráci s externími dodavateli. Sledovat jej lze na portále GitHub (<https://github.com/ARUP-CAS>), kde jsou zveřejněny i jednotlivé repozitáře se zdrojovým kódem aplikací.

91 <http://www.archeologickamapa.cz/?page=users>

92 <https://amcr.aiscr.cz/>

93 Probíhá převedení databáze do formátu souborů CSV se známou strukturou, které jsou pomocí backend AMČR importovány do systému společně s obrazovými soubory. Geoprostorová data jsou hromadně vkládána ze Shapefile přímo do PostGIS databáze (s využitím předem připravených automatizovaných skriptů).

6.3.5 Letecké fotografie v Digitálním archivu AMČR

Základní aplikace AMČR dnes slouží výhradně ke sběru dat, nikoli k jejich efektivnímu procházení a k vytěžování. Za tímto účelem byl vyvinut Digitální archiv AMČR,⁹⁴ aplikace využívající moderní webové technologie pro vyhledávání a prezentaci digitálních dat. Digitální archiv je integrovaným řešením pro všechny typy dat dostupných v AMČR a poskytuje všechny údaje, které již prošly celým procesem archivace. Obvykle tato data nabízejí volně k dispozici k nekomerčnímu užití pod běžnou licencí *Creative Commons* (ve verzi CC-BY-NC 4.0).⁹⁵

Data je možné v Digitálním archivu procházet jak z hlediska jednotlivých snímků (dokumentů), tak z pohledu na nich identifikovaných lokalit, ke kterým jsou snímky připojeny. Fotografie lze vyhledávat i na základě dílčích letů, při nichž byly pořízeny. Každá entita (záznam) je v rámci AMČR opatřena perzistentním identifikátorem, který umožňuje trvalé odkazování a přechod na stránku s údaji o záznamu.⁹⁶ Míra přístupnosti je ovlivněna jak autorskoprávními aspekty (licencí od poskytovatelů dat), tak potřebami ochrany kulturního dědictví. V některých případech je tak přístupnost dat omezena pouze na archeology s ověřeným uživatelským účtem, případně na archiváře, přičemž aktuální omezení přístupnosti je stanoveno dohodou mezi organizací poskytující data a správci AMČR. Nepřístupná data však tvoří pro běžného uživatele méně než 5 % z celkového objemu dat poskytovaných Digitálním archivem.

Data lze v Digitálním archivu vyhledávat fulltextově v metadatech i pomocí filtrů napojených na řízené slovníky (hesláře), které mají svůj český a anglický ekvivalent. Jednotlivé letecké snímky lze prohlížet online, případně stahovat

v originální kvalitě. Systém obsahuje též mapové prostředí, pomocí kterého lze studovat distribuci lokalit v prostoru, eventuálně pracovat s prostorovými výběry. Vybraná data lze exportovat ve formě tabulek.

Podrobný popis Digitálního archivu AMČR a jeho současných funkcionalit naleznete na příslušné stránce, ta obsahuje i nápovědu.⁹⁷ Budoucí verze Digitálního archivu přinesou rozšířené možnosti exportů, funkcionalit mapového prostředí a pokročilé analytické nástroje.

6.3.6 Rozhraní pro vytěžování dat z AMČR

Prezentace dat pro lidského uživatele je stejně podstatná jako jejich zpřístupnění ve strojově čitelném formátu. Jedině to zajistí efektivní zapojení dat do online prostředí a jejich efektivní opakovatelnou využitelnost (mezioborově i mezinárodně). Data AMČR jsou proto nabízena prostřednictvím standardního veřejného aplikačního rozhraní (API),⁹⁸ To podporuje sdílení dat ve třech formátech, a to:

- Dublin Core – poskytuje část datasetu týkající se dokumentů a jejich popisu;
- CIDOC-CRM – nabízí archivovaná, volně přístupná data z AMČR ve formátu RDF v syntaxi odpovídající této standardní ontologii;
- AMČR XML – nativní formát, který umožňuje plné vytěžování databáze při zohlednění přístupových práv.

API je blíže popsáno v podrobném uživatelském manuálu dostupném na webové stránce, jež obsahuje i příklady jednotlivých dotazů. Protokol OAI-PMH dovoluje využití API zejména pro hromadné (přírůstkové) sklizení záznamů rozřazených v dílčích datových blocích (setech),

94 <https://digiarchiv.aiscr.cz/>

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

96 Např. <https://digiarchiv.aiscr.cz/id/C-DL-201500024>.

97 <https://digiarchiv.aiscr.cz/napoveda>

98 <https://api.aiscr.cz/>

případně pro dotazování na konkrétní záznamy podle trvalého identifikátoru. Přestože se z pohledu informačních systémů jedná o dobré a široce uplatňované řešení, OAI-PMH plně nevyhovuje analytickým potřebám ve vědě, protože nepodporuje rozšířené filtrace na základě zvolených kritérií. V budoucnu je tak plánováno rozšíření služeb o REST API, které dovolí přesnější dotazování a analýzu obsažených dat. Prostřednictvím API budou v budoucnu zpřístupněny také autoritní hesláře užívané v rámci AMČR (jako příspěvek k další standardizaci metadat v české archeologii). Postupně se bude zvyšovat též podpora zpřístupnění dat AMČR ve formátu Linked Open Data, který je základem sémantického webu, jehož dnes reprezentují nástroje, jako jsou např. Wikidata.

6.4 Využití leteckých snímků a odvozených archeologických dat v integrovaném informačním systému památkové péče

Portál *Integrovaný informační systém památkové péče* (IISPP) spravuje *Národní památkový ústav* jakožto instituce metodicky a odborně odpovědná za výkon památkové péče v ČR. Působnost NPÚ tak značně přesahuje oblast archeologického dědictví, byť tvoří důležitou složku památkového fondu. Archeologické letecké snímky a data z nich odvozená vstupují do dvou částí IISPP – do *Informačního systému o archeologických datech* (ISAD) a do *Památkového katalogu*.

ISAD představuje soubor aplikačních nástrojů na evidenci, správu a prezentaci archeologické části kulturního dědictví ČR. Slouží především potřebám orgánů státní a veřejné správy v jejich činnostech při zabezpečování ochrany archeologického dědictví. Dále funguje jako oficiální podklad při územním plánování, je určen zejména vlastníkům nemovitostí a stavebníkům pro

zajištění informací o exponovanosti konkrétního území z hlediska výskytu archeologických nálezů. V neposlední řadě je účelem systému ISAD prezentace archeologického dědictví na území ČR a výsledků odborné archeologické činnosti široké veřejnosti.

Základem ISAD je databáze *Státní archeologický seznam České republiky* (SAS), která eviduje prvky archeologického dědictví jako *Území s archeologickými nálezy* (UAN).⁹⁹ Evidenční archeologického dědictví je v SAS založena na rozčlenění území na principu očekávatelnosti a předpokladu výskytu archeologických nálezů v krajině, a to do čtyř kategorií:

- UAN I – území s jednoznačným výskytem archeologických nálezů;
- UAN II – území s důvodně předpokládaným výskytem archeologických nálezů;
- UAN III – území, kde se výskyt archeologických nálezů v současnosti nepředpokládá, ale není možné ho jednoznačně vyloučit;
- UAN IV – území bez archeologických nálezů (např. vytěžené plochy povrchových dolů).

Jednotlivým UAN jsou v databázi přiřazeny strukturované popisné údaje a prostorové vymezení v související mapové aplikaci. Data, která slouží k vytváření UAN, se do SAS dostávají přímým zadáním záznamu přes webovou aplikaci autorizovanou osobou nebo částečně automatizovaným přenosem z AMČR s využitím API služeb. SAS umožňuje filtrovat UAN, jež byly vymezeny na základě letecké fotografie; tyto UAN jsou v drtivé většině klasifikovány jako UAN I. Data odvozená z leteckých snímků tak obohacují databázi o informace, jež umožňují přesněji identifikovat památkově hodnotné archeologické terény a odpovídajícím způsobem je zohlednit při vymezení UAN. Všechna data ze SAS jsou exportována jako součást územně analytických podkladů – ty slouží státním orgá-

⁹⁹ Ve smyslu odst. 2 §22 a §23b zákona 20/1987 Sb., o státní památkové péči.

nům a veřejné správě při zabezpečování ochrany archeologického kulturního dědictví při územním plánování a stavebním řízení. ISAD zabezpečuje též interaktivní propojení záznamů databáze SAS s ostatními částmi IISPP, zejména s aplikací *Památkový katalog*. Ten je druhou částí IISPP, do níž přímo vstupují letecké snímky.

Památkový katalog je evidenční systém obsahující údaje ke kulturním památkám, národním kulturním památkám, památkově chráněným územím, ochranným pásmům a k dalším objektům, jichž se zájem památkové péče dotýká. V památkovém katalogu jsou

prezentovány základní popisné údaje, anotace, dějiny lokality/objektu/území, úvodní fotografie, status památkové ochrany, odkazy do SAS, zobrazení v katastrální mapě a odkazy na digitální dokumenty v *Metainformačním systému*, který může obsahovat další fotografie. Letecké fotografie v *Památkovém katalogu* mají dvojí účel: (1) dokumentaci stavu nemovitých památek a (2) rozšíření záznamů vybraných archeologických lokalit o fotografie zachycující vegetační, půdní či stínové příznaky, které by jinak v IISPP nebyly evidovány.

7 ZÁVĚR

Předložená *Metodika zpracování a archivace dat leteckého průzkumu v archeologii* je jedním z výstupů, kterými se uzavírá nejen výzkumný projekt *Archeologie z nebe*, ale svým způsobem i jedna z etap letecké archeologie a digitalizace archeologických dat v ČR. Obě tyto oblasti se u nás začaly rozvíjet na počátku 90. let minulého století, a to zprvu samostatně, postupem času ve stále užší spolupráci. Tato odvětví archeologické práce prošly v Česku v uplynulém desetiletí hlubší proměnou, která pro oblast digitální dokumentace znamenala vznik institucionalizované výzkumné infrastruktury Archeologický informační systém ČR a pro leteckou archeologii plný příklon k digitálním technologiím sběru, uchování, analýzy a prezentace dat. V současné době si lze již těžko představit letecký průzkum bez digitálních technologií a zároveň obraz archeologického dědictví země bez atraktivních a odborně cenných leteckých snímků. Poučení živelnými pohromami v Archeologických ústavech AV ČR v letech 2002 a 2008 dnes víme i to, že digitalizace je jedinou cestou záchrany starších dat, jejich zajištění před budoucí ztrátou a také cestou k jejich plnému využití (díky zpřístupnění širokému okruhu odborníků i dalších zájemců).

Necháme-li stranou rozvoj vlastních technologií, který bude vždy úkolem pro užší okruh specialistů, přináší rozvoj digitalizace v letecké archeologii dva hlavní úkoly pro většinu archeologů, kteří v této oblasti pracují. Prvním z nich je převod a popis starších, analogových dokumentů do digitální podoby, protože staré snímky mohou obsahovat nenahraditelné informace, které

by byla škoda nechat pohřbené v archivech a vystavené postupnému úbytku jejich informační hodnoty. Druhým úkolem je uznat nároky, jež s sebou nástup informační společnosti obecně přináší, tedy nutnost širší spolupráce mezi odborníky, sdílení informací a koordinace odborných postupů. Zatímco celý projekt *Archeologie z nebe* se zaměřoval na úkol první, pomoc s druhým úkolem nabízí tato metodika.

Metodiky tohoto typu dnes vznikají v celé Evropě, ale není jich zatím mnoho a zdaleka nepokrývají všechny oblasti archeologické práce. Přímo k našemu tématu byla dosud publikována jen metodika („Guide to Good Practice“), kterou v roce 1999 připravila přední britská instituce *Archaeology Data Service*;¹⁰⁰ avšak už z data jejího vydání je patrné, že nemůže plně pokrývat potřeby dnešní doby, nemluvě o specifické situaci české archeologie a jejích postupech. Na archivaci archeologických dat se zaměřuje příručka *Evropské archeologické rady* z roku 2014,¹⁰¹ která vyšla i v českém překladu – je ovšem obecná a neřeší specifické otázky letecké archeologie. Z českých příruček se našeho tématu dotýká okrajově jen metodika identifikace nemovitých archeologických památek z roku 2017.¹⁰²

Autoři předložené příručky a členové odborného týmu projektu *Archeologie z nebe* jsou přesvědčeni, že tato metodika přispěje k ochraně specifické části archeologického dědictví

100 *Bewley et al. 1999.*

101 *Rerrin et al. 2014.*

102 *Sokol et al. 2017.*

v Česku. Věříme také, že k tisícům leteckých archeologických snímků, které jsou již dnes zpřístupněny prostřednictvím Digitálního archivu

AMČR, přibudou brzy další fondy a že tento fakt přispěje k rozvoji odborného výzkumu i zájmu o archeologii ze strany veřejnosti.

LITERATURA

- Adamopoulos, E. – Rinaudo, F. 2020: UAS-Based Archaeological Remote Sensing: Review, MetaAnalysis and State-of-the-Art. Drones 4(3),. <https://doi.org/10.3390/drones4030046>.*
- Agapiou, A. – Lysandrou, V. – Hadjimitsis, D. G. 2020: Earth Observation Contribution to Cultural Heritage Disaster Risk Management: Case Study of Eastern Mediterranean Open Air Archaeological Monuments and Sites. Remote Sensing 12, 330. <https://doi.org/10.3390/rs12081330>.*
- Agudo, P. U. – Pajas, J. A. – Pérez-Cabello, F. – Redón, J. V. – Lebrón, B. E. 2018: The Potential of Drones and Sensors to Enhance Detection of Archaeological Cropmarks: A Comparative Study Between Multi-Spectral and Thermal Imagery. Drones 2(3), 29. <https://doi.org/10.3390/drones2030029>.*
- Bálek, M. 1985: Využití leteckého snímování v archeologii na Moravě v roce 1983 (okr. Třebíč a Znojmo). Přehled výzkumů 1983, 113–114.*
- Barber, M. 2011: A History of Aerial Photography and Archaeology. Swindon: English Heritage.*
- Bewley, R. 1996: The Small Cropmark Debate. AARGnews 13, 49.*
- Bewley, R. – Donoghue, D. – Gaffney, V. – Van Leusen, M. – Wise, A. 1999: Archiving Aerial Photography and Remote Sensing Data: A Guide to Good Practice. Oxford.*
- Bickler, S. 2021: Machine Learning Arrives in Archaeology. Advances in Archaeological Practice 9, 186–191. <https://doi.org/10.1017/aap.2021.6>.*
- Böhm, J. 1939: Letecká fotografie ve službách archeologie. Zprávy památkové péče III(4–5), 63–65.*
- Braun, P. – Břicháček, P. – Čechura, M. 2020: Letecká archeologie v západních Čechách. Plzeň.*
- Caspari, G. 2020: Mapping and Damage Assessment of „Royal“ Burial Mounds in the Siberian Valley of the Kings. Remote Sensing 12, 773. <https://doi.org/10.3390/rs12050773>.*
- Ceraudo, G. – Shepherd, E. J. 2010: Italian Aerial Photographic Archives: Holdings and Case Studies. In: D. Cowley, R. Standring, M. Abicht eds, Landscapes through the Lens. Aerial Photographs and Historic Environment. Oxford, 237–246.*
- Coakley, C. – Munro-Stasiuk, M. – Tynner, J. A. – Kimsroy, S. – Chhay, C. – Rice, S. 2019: Extracting Khmer Rouge Irrigation Networks from Pre-Landsat 4 Satellite Imagery Using Vegetation Indices. Remote Sensing 11, 2397. <https://doi.org/10.3390/rs11202397>.*
- Contreras, D. A. 2010: Huaqueros and Remote Sensing Imagery: Assessing Looting Damage in the Virú Valley, Peru. Antiquity 84, 544–555.*
- Cowley, D. – Stichelbaut, B. 2012: Historic Aerial Photographic Archives for European Archaeology: Applications, Potential and Issues. European Journal of Archaeology 15, 217–236.*

- Cowley, D. – Standing, R. – Abicht, M. eds. 2010: Landscapes through the Lens. Aerial Photographs and Historic Environment. Oxford.
- Crawford, O. G. S. 1924: Air Survey and Archaeology. Ordnance Survey Professional Papers. New Series No.7. London.
- Crutchley, S. – Crow, P. 2010: The Light Fantastic. Using Airborne Lidar in Archaeological Survey. Swindon: English Heritage.
- Czajlik, Z. – Árvai, M. – Mészáros, J. – Nagy, B. – Rupnik, L. – Pásztor, L. 2021: Cropmarks in Aerial Archaeology: New Lessons from an Old Story. Remote Sensing 13, 1126. <https://doi.org/10.3390/rs13061126>.
- Davis, D. S. 2020: Geographic Disparity in Machine Intelligence Approaches for Archaeological Remote Sensing. Remote Sensing 12, 921. <https://doi.org/10.3390/rs12060921>.
- Doneus, M. 2013: Die hinterlassene Landschaft – Prospektion und Interpretation in der Landschaftsarchäologie. Mitteilungen der Prähistorischen Kommission, Band 78. Wien.
- Duckers, G. L. 2017: Bridging the „Geospatial Divide“ in Archaeology: Community Based Interpretation of Lidar Data. Internet Archaeology 35. <https://doi.org/10.11141/ia.35.10>.
- Fradley, M. – Sheldrick, N. 2017: Satellite Imagery and Heritage Damage in Egypt: A Response to Parcak et al. (2016). Antiquity 91, 784–792.
- Forster, M. 2019: Dig Digital. Work Digital. Think Archive. Create Access: A Guide to Managing Digital Data Generated from Archaeological Investigations. <https://www.archaeologists.net/digdigital>.
- Fowler, M. 2004: Archaeology through the Keyhole: The Serendipity Effect on Aerial Reconnaissance Revisited. Interdisciplinary Science Review 29/2, 118–134.
- Freeland T. – Heung, B. – Burley, D. V. – Clark, G. – Knudby, A. 2016: Automated Feature Extraction for Prospection and Analysis of Monumental Earthworks from Aerial LiDAR in the Kingdom of Tonga. Journal of Archaeological Science 69, 64–74. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.04.011>.
- Gojda, M. 1997: Letecká archeologie v Čechách. Praha: Archeologický ústav AV ČR.
- Gojda, M. 2004: Letecký průzkum a identifikace komponent sídelních areálů prostřednictvím porostových příznaků: metodické poznámky. In: L. Šmejda, P. Vařeka eds., Sedmdesát Neustupných let. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 65–73.
- Gojda, M. 2008: Archiv leteckých snímků Archeologického ústavu AV ČR v Praze (1992–2007). Archeologické rozhledy 60, 144–146.
- Gojda, M. 2016: Zdroje fotoleteckých a družicových dat pro evidenci nemovitých památek a péči o historickou krajinu. Zprávy památkové péče 76, 546–552.
- Gojda, M. 2017a: Archeologie a dálkový průzkum. Historie, metody, prameny. Praha: Academia.
- Gojda, M. 2017b: Výzkum historické krajiny a ochrana archeologického dědictví prostřednictvím metod dálkového průzkumu. Zprávy památkové péče 77(1–2), 137–144.
- Gojda, M. 2017c: Družicové a letecké fotografie na internetu. Evidence, či ohrožení archeologického dědictví? Dějiny a současnost 39(1), 38–41.
- Gojda, M. 2021: Dálkový průzkum a jeho proměny v oblasti detekce a mapování archeologického dědictví. Studia archaeologica Brunensia 26/2, 5–28.
- Gojda, M. – Čulíková, L. 2018: Zpracování leteckých snímků a jejich zveřejnění v informačním systému Archeologická mapa České republiky. Zprávy památkové péče 78(1), 54–58.

- Gojda, M. – Gojda, O. 2019: Metody leteckého průzkumu pohřbených krajin: mapování archeologického dědictví v prostředí GIS. *Historická geografie* 45(2), 183–206.
- Gojda, M. – John, J. 2009: Dálkový archeologický průzkum starého sídelního území Čech. Konfrontace výsledků letecké prospekce a analýzy družicových dat. *Archeologické rozhledy* 61, 467–492.
- Gojda, M. – John, J. eds. 2013: *Archeologie a letecké laserové skenování krajiny*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni.
- Hanson, W. S. 2008: The Future of Aerial Archaeology (Or Are Algorithms the Answer?). In: R. Lasaponara, N. Masini eds., *Proceedings of the 1st International EARSeL Workshop on Remote Sensing for Archaeology and Cultural Heritage Management*, CNR, Rome, September 30–October 4, 2008. Rome, 47–50.
- Hanson, W. S. – Oltean, I. 2002: Recent Aerial Survey in Western Transylvania: Problems and Potential. In: R. Bewley, W. Rączkowski eds., *Aerial Archaeology. Developing Future Practice*. Amsterdam – Berlin – Oxford – Tokyo – Washington DC, 109–115.
- Horne, P. 2009: *A Strategy for the National Mapping Programme*. York: English Heritage..
- Jones R. J. A. – Evans, R. 1975: Soil and Crop Marks in the Recognition of Archaeological Sites by Air Photography. In: D. R. Wilson ed., *Aerial Reconnaissance for Archaeology*. London, 1–11.
- Juračka, P. J. et al. 2017: Drony. Fotografování z ptačí perspektivy. Praha: Grada. *Kaimaris, D. ed. 2021: Remote Sensing Approaches for Archaeology. Remote Sensing* 13(8). https://www.mdpi.com/journal/remotesensing/special_issues/rs4arch.
- Koucká, L. – Kopačková, V. – Fárová, K. – Gojda, M. 2018: UAV Mapping of an Archaeological Site Using RGB and NIR High-Resolution Data. *Proceedings* 2, 351. <https://doi.org/10.3390/ecrs-2-05164>.
- Kuna, M. – Hasič, J. – Novák, D. – Boháčová, I. – Čulíková, L. – Demján, P. – Dreslerová, D. – Gojda, M. – Herichová, I. – Křivánková, D. – Lečbychová, O. – Mařík, J., – Maříková-Kubková, J. – Panáček, M. – Podliska, J. – Pokorná, A. – Řihošek, J. – Stuchlíková, E. – Suchý, M. – Válek, J. – Venclová, N. – Haišmanová, L. 2015: *Structuring Archaeological Evidence. The Archaeological Map of the Czech Republic and Related Information Systems*. Praha: Archeologický ústav AV ČR. <http://www.archeologickamapa.cz/?page=book>.
- Kuna, M. – Tryml, M. eds. 2018: Zveřejňování informací v archeologii. *Zprávy památkové péče* 78(1).
- Lambers, K. – Traviglia, A. 2016: Automated Detection in Remote Sensing Archaeology: A Reading list. *AARGnews* 53, 25–29.
- Lemmens, J. P. M. M. – Stančík, Z. – Verwaal, R. G. 1993: Automated Archaeological Feature Extraction from Digital Aerial Photographs. In: J. Andresen, T. Madsen, I. Scollar eds., *Computing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. CAA92*. Aarhus, 45–52.
- Luo, L. – Bachagha, N. – Yao, Y. – Liu, C. – Shi, P. – Zhu, L. – Shao, J. – Wang, X. 2019: Identifying Linear Traces of the Han Dynasty Great Wall in Dunhuang Using Gaofen-1 Satellite Remote Sensing Imagery and the Hough Transform. *Remote Sensing* 11, 2711. <https://doi.org/10.3390/rs11222711>.
- Masini, N. – Lasaponara, R. eds. 2021: *Archaeology from Space. Remote Sensing* 13. https://www.mdpi.com/journal/remotesensing/special_issues/archelogy_space.

- Novák, D. – Kuna, M. – Lečbychová, O. 2021: Taming the Beast – Approaches to Digital Archiving in Czech Archaeology. *Internet Archaeology* 58. <https://doi.org/10.11141/ia.58.5>.
- Oniszczyk, A. – Tsang, C. – Brown, D. H. – Novák, D. – de Langhe, K. 2021: Guidance on Selection in Archaeological Archiving. EAC Guidelines 3. Namur. <https://www.europae-archaeologiae-consilium.org/eac-guidlines>.
- Palmer, R. 1996: The Great Crop Mark Crisis, *AARGnews* 12, 35.
- Parcak, S. 2009: *Satellite Remote Sensing for Archaeology*. London – New York: Routledge.
- Perrin, K. – Brown, D. H. – Lange, G. – Bibby, D. – Carlsson, A. – Degraeve, A. – Kuna, M. – Larsson, Y. – Pálsdóttir, S. U. – Stoll-Tucker, B. – Dunning, C. – Rogalla von Bieberstein, A. 2014: The Standard and Guide to Best Practice in Archaeological Archiving in Europe. EAC Guidelines 1. Namur. <https://www.europae-archaeologiae-consilium.org/eac-guidlines>.
- Rączkowski, W. 2011: Cropmarks 2011 in Poland – Is There a Need for Further Discussion? *AARGnews* 43, 37–42.
- Riley, D. N. 1980: *Early Landscapes from the Air: Studies of Crop Marks in South Yorkshire and North Nottinghamshire*. Sheffield: University of Sheffield.
- Risbøl, O. – Gustavsen, L. 2018: LiDAR from Drones Employed for Mapping Archaeology – Potentials, Benefits and Challenges. *Archaeological Prospection* 25, 329–338. <https://doi.org/10.1002/arp.1712>.
- Sokol, P. 2017: *Metodika terénní prostorové identifikace, dokumentace a popisu nemovitých archeologických památek*. Praha: Národní památkový ústav.
- Stott, D. – Kristiansen, S. M. – Lichtenberger, A. – Raja, R. 2018: Mapping an Ancient City With a Century of Remotely Sensed Data. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*. <https://www.pnas.org/content/115/24/E5450>.
- Stott, D. – Kristiansen, S. M. – Sindbaek, S. M. 2019: Searching for Viking Age Fortresses with Automatic Landscape Classification and Feature Detection. *Remote Sensing* 11, 1881. <https://doi.org/10.3390/rs11161881>.
- Šmejda, L. 2009: *Mapování archeologického potenciálu pomocí leteckých snímků*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni.
- Šmejda, L. 2017: Interpretive and Analytical Approaches to Aerial Survey in Archaeology. *IANS* 8(1), 79–92.
- The National Archives* 2016: *Archive Principles and Practice: An Introduction to Archives for Non-Archivists* [online]. <https://www.nationalarchives.gov.uk/documents/archives/archive-principles-and-practice-an-introduction-to-archives-for-non-archivists.pdf>.
- Themistocleous, K. – Agapiou, A. – Cuca, B. – Hadjimitsis, D. G. 2015: Unmanned Aerial Systems and Spectroscopy for Remote Sensing Applications in Archaeology. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 40-7/W3, 1419–1423.
- Verhoeven, G. 2016: BRDF and its Impact on Aerial Archaeological Photography. *Archaeological Prospection* 24, 133–140.
- Verhoeven, G. 2017: Are We There Yet? A Review and Assessment of Archaeological Passive Airborne Optical Imaging Approaches in the Light of Landscape Archaeology. *Geosciences* 86. <https://doi.org/10.3390/geosciences7030086>.
- Wanner, M. et al. 2015: *Základní pravidla pro zpracování archiválií. Druhé, opravené a rozšířené vydání*. Praha.
- Wilson, D. R. 2000: *Air Photo Interpretation for Archaeologists*. London: Stroud.

PŘÍLOHA 1

Metodika popisu leteckých fotografií v projektu *Archeologie z nebe*

Předkládaný text lze chápat jako případovou studii a návod ke zpracování archeologických leteckých fotografií tak, jak probíhalo v projektu *Archeologie z nebe: analýza a prezentace fondů dálkového průzkumu na Moravě a ve Slezsku*. Cílem uvedených kroků bylo zajistit zpracování analogových fondů leteckých fotografií od digitalizace až po jejich uložení v AMČR. Charakter tohoto dokumentu vyplývá z toho, že v daném případě šlo o zpracování analogového materiálu; v případě zpracování digitálních dat jsou některé kroky (např. č. 3) irelevantní, většina jich je však platných i pro tento druh dat.

Základní kroky zpracování

- 1) **Identifikovat datový blok**, který bude vstupovat do jedné popisné databáze (např. foto jednoho autora; vhodné je zvážit též počet pracovníků účastnících se popisu a další okolnosti). Podle toho rozdělit data do složek a obdobně dělit i všechny soubory s pracovním popisem.
- 2) Zaslát do ARÚ¹⁰³ **vzorky dat** a jejich existujícího popisu (je třeba identifikovat, kam bude jednotlivý údaj zadáván). Následně navrhnout co nejefektivnější postup pro každou organizaci / datový blok zvlášť.
- 3) Data skenovat do **TIFF s LZW kompresí**, rozlišení závisí na konkrétních potřebách poskytovatele. Po digitalizaci je nutné provést kontrolu skenů. Je třeba kontrolovat minimálně:
 - a. technickou kvalitu digitalizátu;
 - b. zrcadlové převrácení či otočení snímku;
 - c. neodstraněný prach a špínu na fotografii;
 - d. zkreslení barev, jasu a kontrastu;
 - e. ostrost.
- 4) Pracovat na **PC se dvěma velkými monitory** → mnohonásobně efektivnější a přesnější práce.
- 5) Skenované foto uložit do libovolné struktury složek, kde bude platit následující:

103 ARÚ v projektu vystupoval jako metodický koordinátor a správce dat v AMČR.

- a. v názvech složek či souborů **není užívána diakritika, ani jakékoli speciální znaky** (interpunkce, mezery atd.; tzn. lze užívat pouze alfanumerické znaky a případně podtržítka místo mezer);
 - b. každý **soubor má unikátní název**, který koresponduje s identifikací užívanou v popisných souborech;
 - c. po roztřídění dat dojde k jejich **předání do ARÚ**, kde budou originály bezpečně uloženy v digitálním repozitáři do doby, než vstoupí přímo do AMČR.
- 6) Před vlastním popisem v databázi musí existovat minimálně **tabulka se seznamem souborů** (přesné názvy) a **předběžně stanovené příslušnosti snímku k lokalitě** (katastr nebo bližší určení – pokud existuje), tzn. alespoň dva sloupce: název, lokalita. Zařazení případných dalších údajů vyplyne z bodu 2.
 - 7) Import do databáze (provede ARÚ). Databáze pro popis (MS Access) bude naplněna daty a předána zpět organizaci k vlastnímu popisu.
 - 8) Popis snímků a vymezení v GIS – postupovat vždy po katastrech:
 - a. vyhledat **nejlepší snímek pro lokalizaci** a najít jeho umístění v terénu;
 - b. v GIS **vymezit lokalitu podle všech souvisejících snímků** (bodem či polygonem; ID lokality musí odpovídat ID v MS Access);
 - c. **upravit popis lokality** (opravit název katastru podle GIS atd., rozlišit nemovité památky, letecké příznaky a fotografie krajiny);
 - d. **Popsat všechny snímky** vztahující se k dané lokalitě.
Při popisu může dojít k dělení a slučování předběžně určených lokalit podle potřeby. V rámci katastru může existovat více lokalit, nemělo by však docházet k jejich překryvu, pokud se nejedná o nemovité památky.
 - 9) Po dokončení popisu **prvních 50 snímků zaslat do ARÚ databázi ke kontrole**.
 - 10) Nezapomenout **označovat již zpracované záznamy** v databázi a **dodržovat pravidla pro vyplňování** dílčích polí (viz podrobný manuál). Případné poznámky k revizi je vhodné psát v podobných případech vždy stejně (pro jejich snazší vyhledání).
 - 11) Databázi na disku nebo mezi počítači **přesouvat v celé složce, ve které je uložena** (v podsložce budou uloženy náhledy snímků). V takovém případě bude vazba mezi databází a snímky vždy fungovat.¹⁰⁴
 - 12) Databázi **pravidelně zálohovat na nezávislé médium** ideálně každý den po skončení práce (vhodný je cloud – Google Drive, OneDrive, Dropbox apod. – lze zpřístupnit dalším lidem; případně externí HDD disky). Nikdy nemít originál na jediném médiu, zvláště ne na tom přenosném.
 - 13) **Nezasahovat do heslářů** – pouze s výjimkou hesláře jmen (při dodržení formátu). Případné jiné změny je vždy nutné konzultovat s ARÚ.

104 Databáze pro zjednodušení popisu zobrazuje náhledy fotografií, které se automaticky načítají z podsložky v rámci adresářové struktury na základě názvu souboru.

Tvorba metadat v databázi

Tato část manuálu¹⁰⁵ obsahuje metodu / technický popis pro vyplňování formulářů v databázi leteckých snímků. Společně s databází jsou předávány také projekty pro ESRI ArcGIS 10.3.1 (a vyšší) a Quantum GIS 3.4 (a vyšší), které zahrnují sady vrstev vhodných k užití při prostorové lokalizaci.

Databáze leteckých snímků se skládá ze **tří formulářů**:

- **Lety_popis** – popis letů;
- **Fotky_popis** – popis leteckých snímků;
- **Lokality_popis** – popis lokalit.

Červeně podbarvená pole ve formulářích jsou povinná, šedá pole jsou předvyplněná při přípravě databáze v ARÚ a uzamčená vůči úpravám. Při vyplňování lze využít databázových dotazů k hromadnému doplňování údajů (vždy si však v těchto případech databázi předem zálohujte).

A) Evidence letů

- nejprve naplňte **formulář Lety_popis** všemi **akcemi/lety** (pokud jsou tyto informace známy), z nichž pochází soubory leteckých fotografií dané instituce;
- vyplňte všechny známé údaje o letu za využití heslářů v rozbalovacích nabídkách (jmenný heslář lze rozšiřovat podle vzoru předchozích záznamů, ostatní hesláře upravovat nelze);
- formulář *Lety_popis* lze vyplňovat také simultánně s popisem jednotlivých fotografií, resp. v případě, kdy přijde na řadu fotografie z jiného letu (viz níže bod B);

Charakteristika polí formuláře *Lety_popis*:

<i>Pracovní ID</i>	pracovní označení letu; přiděluje se automaticky
<i>Uživatelské označení</i>	může obsahovat původní či doplňující označení letu u původce
<i>Datum letu</i>	datum uskutečnění letu; ve formátu RRRR-MM-DD
<i>Pilot</i>	jméno pilota; výběr z rozbalovací nabídky, možnost doplnění
<i>Pozorovatel</i>	jméno pozorovatele; výběr z rozbalovací nabídky, možnost doplnění
<i>Účel letu (poznámka)</i>	informace o účelu letu a doplňující informace
<i>Typ letounu</i>	typ použitého letounu
<i>Letiště start</i>	jméno letiště vzletu; výběr z rozbalovací nabídky (možnost doplnění)
<i>Letiště cíl</i>	jméno letiště přistání; výběr z rozbalovací nabídky (možnost doplnění)
<i>Hodina začátku</i>	čas vzletu; formát HH:MM
<i>Hodina konce</i>	čas přistání; formát HH:MM
<i>Počasí</i>	počasí při pozorování; výběr z rozbalovací nabídky
<i>Dohlednost</i>	dohlednost; výběr z rozbalovací nabídky
<i>Fotoaparát</i>	typ záznamového zařízení
<i>Organizace</i>	organizace provádějící pozorování; výběr z rozbalovací nabídky
<i>Podformulář fotografií</i>	výpis již přiřazených (po jejich zpracování) fotografií k letu

105 Text této části metodiky vznikl s přispěním M. Augustýnové.

B) Evidence fotografií a jejich vazba na lokality

- ve formuláři **Fotky_popis** popište jednotlivé fotografie a propojte je s lokalitami, které zachycují.

Charakteristika polí formuláře *Fotky_popis*:

<i>Uložení souboru</i>	označuje cestu k uložení dané fotografie na disku PC
<i>Stav revize</i>	informuje o dokončení zpracování daného snímku (s kompletním vyplněním všech souvisejících formulářů známými údaji); vyplňuje se alfabetskou značkou nebo jiným dohodnutým způsobem
<i>Poznámka revize</i>	prostor pro případnou formulaci diskusních případů či nedostatků při zpracování snímku (nebude vizualizováno v publikované verzi databáze); je doporučeno zadávat poznámky ve standardizované podobě kvůli jejich snadnému vyhodnocení
<i>Označení originálu</i>	lze použít pro vložení původního označení fotografie (např. přírůstkového čísla) v organizaci původce; v AMČR budou fotografiím přidělena čísla nová
<i>Rok vzniku</i>	označuje rok pořízení fotografie (lze vyplnit automaticky podle letu)
<i>Přístupnost</i>	volba dostupnosti fotografie různým kategoriím uživatelů; vybírá se z rozbalovací nabídky (obvykle jen volba A – anonym a C – archeolog)
<i>Let</i>	rozbalovací nabídka sloužící k propojení dané fotografie s konkrétním letem, při němž byla pořízena
<i>Řada (dokumentu)</i>	prefix identifikátoru dokumentů na základě jejich <i>Typu a Materiálu</i> (viz níže) dle AMČR; z rozbalovací nabídky lze vybrat prefixy „DL“ (digitální letecké), „LD“ (letecké diapozitivy), „LN“ (letecké negativy)
<i>Typ (dokumentu)</i>	označuje dokumenty na základě použité metody sběru dat a obsahu; z rozbalovací nabídky lze vybrat pouze typy dokumentů s označením „letfoto“
<i>Materiál (dokumentu)</i>	označuje materiál původního hmotného nosiče / originální verze fotografie; vybírá se z rozbalovací nabídky
<i>Popis obsahu</i>	stručná, výstižná obecná charakteristika obsahu fotografie
<i>Poznámka</i>	může obsahovat doplňující či podružné informace k fotografii
<i>Datum vzniku</i>	označuje datum vzniku fotografie; ve formátu RRRR-MM-DD
<i>Formát</i>	vyjadřuje formát původního hmotného nosiče / originální verze fotografie; vybírá se z rozbalovací nabídky (u primárně digitálních snímků se nevyplňuje)
<i>Podformulář tvaru</i>	rozbalovací nabídka používaná k popisu tvarů povrchových příznaků
<i>Podformulář lokalit</i>	rozbalovací nabídka sloužící k propojení fotografie s lokalitou/lokalitami, které zachycuje, a k zadávání popisných údajů o obsahu snímku (komponenty, objekty)

Postup popisu snímků

- 1) Vyplňte všechny známé **formální** údaje (metadata) o konkrétním snímku do příslušných polí.

- 2) Do pole *Popis obsahu* stručně a výstižně obecně charakterizuje to, co fotografie svým **obsahem** zachycuje.
- 3) Fotografie přiřadte k již vyplněnému (viz výše bod A) **letu** (pokud jsou tyto informace známy) pomocí rozbalovací nabídky v poli *Let* (popřípadě formulář *Lety_popis* vyplňte nyní).
- 4) a. V případě fotografií **leteckých lokalit** vyplňte podformulář **tvar**; vyplnění tohoto podformuláře musí korespondovat s označením snímku v poli *Typ* (příznakové letfoto); k vyplnění podformuláře využijte rozbalovací nabídku.
- b. Je možné zadávat více identifikovatelných tvarů do dalších řádků podformuláře.
- c. **Vždy u všech typů snímků vyplňte druhý podformulář**, kterým se daná fotografie napojuje na **lokalitu či lokality**, které zachycuje.
- d. **Danou lokalitu (lokality) zachycenou na snímku je nejprve nutné zadat do formuláře Lokality_popis** (viz níže bod C), aby se v podformulářové nabídce formuláře *Fotky_popis* objevila; později lze již vymezené a zadané lokality vybírat rovnou – tj. přeskočit tento bod d) a přejít rovnou k bodu e).
- e. Poté, co byla lokalita zadána do formuláře *Lokality_popis*, **vyberte lokalitu** z rozbalovací nabídky v podformuláři formuláře *Fotky_popis* – **pozor – při výběru** je třeba dbát nejen na označení **katastru** (první položka v řádku), ale i na **název konkrétní lokality** (uvedené jako čtvrtá položka v řádku), **typ lokality** a na **druh lokality**, aby nedošlo k napojení na nesprávnou lokalitu.
- f. Pokud je na snímku zachyceno více lokalit, vyberte je prostřednictvím dalšího řádku podformuláře; opět pozor na výběr správné lokality, aby nedošlo k napojení na nesprávnou lokalitu, nebo dvakrát na stejnou lokalitu.
- g. *Typ* (lokality) napojené prostřednictvím podformuláře by měl korespondovat s výběrem typu fotografie v poli *Typ* (dokumentu) ve formuláři *Fotky_popis* – viz tabulka níže.

Typ (lokality)	Typ (dokumentu)
letecká lokalita (L)	letfoto vegetačních příznaků
	letfoto půdních příznaků
	letfoto sněžných příznaků
	letfoto stínových příznaků
nemovitá památka (N)	letfoto lokality
	letfoto výzkumu
krajina (K)	letfoto krajiny
	letfoto metoda

- h) Po rozkliknutí jednotlivých lokalit (znak +, vlevo na řádku) doplňte z rozbalovací nabídky údaje o **komponentách**, které jsou zachyceny na fotografiích, případně po rozkliknutí komponent doplňte taktéž informace o druhu nálezu; pozor – pokud fotografie zachycuje **více lokalit** – je nutné přiřadit komponenty/nálezy pod správnou lokalitu.
- 5) Pole *Stav revize* **označuje** (např. prostřednictvím alfabeticke značky), **že daný snímek je již kompletně zpracován** – tj. jsou k němu náležitě vyplněny formuláře *Fotky_popis*, *Lokality_popis* a (pokud jsou údaje známy) taktéž *Lety_popis*.

C) Evidence lokalit

- formulář **Lokality_popis** je postupně naplňován popisem lokalit, které je možné identifikovat na jednotlivých fotografiích. Zpočátku je obsažena rámcová evidence poloh, odvozená z dodaného základního popisu fotografií a importovaná do databáze spolu s jejich seznamem.
- Při popisu může dojít k **dělení a slučování předběžně určených lokalit podle potřeby**.
- **V rámci katastru může existovat více lokalit**, v případě „leteckých lokalit“ by však nemělo docházet k jejich překryvu. Obecně platí, že překrývat se mohou jen lokality chronologicky nesoučasné a věcně odlišné (např. lokalita „hrad“ s lokalitou „hradiště“), ale dva polygony s archeologickými příznaky (tj. dvě „letecké lokality“) na jednom místě být nemohou.
- V případě dokumentačních snímků **nemovitých památek** může mít vyčleňování lokalit zachycených na fotografii do jisté míry subjektivní charakter; nejlepším postupem je pokusit se odhadnout, jaký byl záměr autora fotografie – co chtěl zachytit, potažmo: jak dobře viditelné jsou prvky, které zachytil (některé prvky v dálce, na okraji snímku, nebo zachycené jen z části, či malé nepřiblížené dílčí prvky mezi množinou ostatních objektů zřejmě nebyly předmětem tohoto záměru), a podle toho určit druh a typ lokality nebo lokalit.
- U nemovitých památek se rozlišují snímky lokalit s archeologickým obsahem (hradiště, zaniklá sídla apod.) a snímky současné **krajiny s historickým významem** (historická jádra vesnic a měst, místa paměti, bojiště, případně i zajímavé industriální krajiny apod.). Zatímco snímky prvního druhu přiřazujeme konkrétně vymezeným lokalitám, snímky druhého typu přiřčujeme jen sběrně „lokalitě“ určitého katastru (podobně jako přírodní krajinné prvky).
- V případě fotografií **přírodních krajinných prvků** je lokalita charakterizována vždy celým územím katastru (souhrnné „lokalitě“), a slouží tudíž k napojení snímků bez zjevného archeologického obsahu; je možné napojit fotografie buď na jeden katastr (krajinu v popředí), nebo na více různých katastrů.
- Ve sporných případech, či pokud je to žádoucí, je možné některé prvky podřadit k lokalitě jako komponentu (např. relativně dobře zachycený kostel jako dílčí prvek v záběru intravilánu města může být komponentou u lokality s druhem „krajina“; naopak pokud byl zřejmý záměr autora fotit kostel, bude samostatnou lokalitou typu „nemovitá památka“).
- Vyčleňování a určování lokalit je dobré provádět na základě požadavku **dohledatelnosti** zájmových lokalit a komponent a jejich vlastností ze strany badatelů, která vyplyne z kvality zpracování popisu jednotlivých fotografií.

Charakteristika polí formuláře *Lokality_popis*:

<i>Stav revize</i>	informuje o dokončení zpracování dané lokality; vyplňuje se alfabetskou značkou
<i>Pozn. revize</i>	prostor pro případnou formulaci diskusních případů či nedostatků při zpracování snímků (nebude vizualizováno v publikované verzi databáze); doporučeno zadávat poznámky ve standardizované podobě kvůli jejich snadnému vyhodnocení
<i>Pracovní ID</i>	pracovní označení lokality; přiděluje se automaticky; používá se v GIS pro označení odpovídajících geoprvků
<i>Typ (lokality)</i>	pole označuje typ lokality; výběr z rozbalovací nabídky: „L“ = letecká, „N“ = nemovitá, „K“ = krajina (viz tabulka níže)
<i>Katastr</i>	rozbalovací nabídka katastrů, k nimž se váže lokalita
<i>Uživatelské označení</i>	původní či doplňující označení lokality u původce
<i>Název</i>	pole pro stručné a výstižné pojmenování lokality
<i>Druh (lokality)</i>	rozbalovací nabídka druhu lokality (viz tabulka níže) – pokud žádná kategorie není relevantní, je nutné ponechat prázdné (bude vyhodnoceno a doplněno později)
<i>Popis</i>	pole pro stručný a výstižný popis charakteru lokality
<i>Poznámka</i>	může obsahovat doplňující či podružné informace k lokalitě
podformulář dokumentů	obsahuje výpis již přiřazených fotografií k lokalitě (po jejich zpracování) a informace o komponentách a druhu nálezu zachycených na daném snímku

- 1) Po rozdělení fotografií mezi lokality je definován PIAN lokality v GIS – podle nejlepšího snímku z hlediska lokalizovatelnosti lokalitu vyhledejte v mapových podkladech a na základě všech snímků ji prostorově vymezte (bodem či polygonem). Do vrstvy *letecké_lokality* v GIS jsou při vymezení doplněny vždy následující údaje:
 - a. **Prac_ID** – podle pole *Pracovní ID* na formuláři lokality (důležité nedělat chyby!);
 - b. **Přesnost** – 1–3 v souladu s principy AMČR (1 = jednotky metrů; 2 = desítky metrů; 3 = stovky metrů);
 - c. **Stav** – je vhodné označovat již bezpečně zpracované a vymezené lokality;
 - d. **Poznámka** – dobrovolné pole, sdělení pro další zpracování.
- 2) Předběžně určený katastr lokality; před importem do AMČR proběhne automatizovaná kontrola na základě souřadnic; pokud je žádoucí zaznamenat více katastrů, slouží k tomu pole *Další katastry*.
- 3) Poté, co byl vybrán *Katastr*, dojde k pojmenování konkrétní lokality v poli **Název** (krátce, výstižně); druhové určení je součástí názvu vždy až za vlastním jménem za pomlčkou např. *Rýzmbuk – hrad*; jako pracovní název lokality je obvykle užíván název obce, případně pomístní jméno; je-li na katastru více lokalit, lze je rozlišit číselně; před importem do AMČR dojde ke standardizaci názvu lokality podle jednotné konvence.

- 4) Určete **Typ** lokality („L“ = letecká, „N“ = nemovitá, „K“ = krajina) výběrem z rozbalovací nabídky (viz tabulka níže).
- 5) Vyberte **Druh** lokality z rozbalovací nabídky; musí korespondovat s polem *Typ* lokality v tomto formuláři – klíč k rozřazení zde:

Typ lokality	Druh lokality	PIAN
L – letecká	polygon archeologického průzkumu	vlastní PIAN
N – nemovitá	přírodní útvar s lidskou aktivitou	
	zaniklý/historický areál	
K – krajina	krajina	PIAN katastru

- 6) Krátce popište charakter jednotlivých lokalit v poli **Popis** (pokud je relevantní).
- 7) Vyplňte zbývající pole, pokud je to žádoucí.

Obecné poznámky:

- 1) Nezapomeňte **označovat již zpracované záznamy** v databázi (pole *Stav revize*) a **dodržovat pravidla pro vyplňování** dílčích polí.
- 2) **Databázi** na disku nebo mezi počítači je třeba **přesouvat vždy v celé složce, ve které je uložena** (v podsložce „Foto“ jsou uloženy náhledy snímků; ve složce GIS prostorová data). V takovém případě bude vazba mezi databází a snímky vždy fungovat.
- 3) Databázi **pravidelně zálohujte na nezávislé médium**, ideálně každý den po skončení práce (vhodný je cloud – Google Drive, OneDrive, Dropbox apod. – databázi tak lze snadno zpřístupnit dalším lidem; případně externí HDD disky). Nikdy nemějte originál na jediném médiu, zvláště ne na tom přenosném.
- 4) **Nezasahujte do heslářů** – s výjimkou hesláře jmen a hesláře letišť (při dodržení formátu). Případné jiné změny je nutno vždy konzultovat s ARÚ.
- 5) Po dokončení popisu **prvních 50 snímků zašlete do ARÚ databázi ke kontrole** (v jedné složce obsahující dále podsložky s fotografiemi a GIS – viz výše).

PŘÍLOHA 2

Metodika vektorizace archeologických objektů na základě šikmých leteckých snímků v projektu *Archeologie z nebe*

Cílem metodiky je popsat postup při vektorizaci archeologických objektů a archeologicky významných prvků krajiny na základě šikmých snímků pořizovaných při letecké prospekci. Produktem vektorizace je geodatabáze vektorových prvků odpovídajících dílčím objektům. Metodika stanovuje jednotlivé kroky zpracování, zásady nakládání s daty a tvorby základních popisných údajů.

Pro vektorizaci je doplňkově užíváno kolmých leteckých snímků dostupných na veřejných geoportálech, a to ve dvou směrech: (i) jako podkladu pro georeferenci a rektifikaci šikmých snímků; (ii) jako doplňkového zdroje informací o viditelných objektech v rámci nebo v blízkosti známých lokalit.

Přestože je metodika koncipována s ohledem na obecnější užití, není určena k využití při plošném mapování na základě kolmých snímků a jiných obdobných typů dat dálkového průzkumu Země v archeologii, založených na plošném analytickém snímání. K tomuto úkolu budou časem zpracovány speciální metodiky.

Role pracovníků:

- **vedoucí projektu** – odpovídá za odbornou kvalitu dat a rozdělení úkolů;
- **správce dat** – je zodpovědný za technickou kvalitu dat a za kontrolu dodržování metodiky editory;
- **editor** – provádí jednotlivé kroky podle metodiky a odpovídá za její dodržování.

1) Zdroje dat

- **Šikmé letecké snímky** lokalit uložené v archivu leteckých snímků ARÚ. Jako zdroj snímků slouží Digitální archiv AMČR, kde je možné jednotlivé snímky zobrazit navázané ke konkrétní lokalitě a stahovat je v originální kvalitě. Každý snímek je označen unikátním identifikátorem (např. C-DL-201600001). Při práci je postupováno podle předpřipraveného tabulkového seznamu snímků (seznam_foto.xlsx). Do tabulky je vždy označeno, zda a jakým způsobem byl snímek zpracován (A – vektorizován; B – duplicitní záběr; C – pomocný; D – nepoužitelný). Snímky mohou být předány také hromadně při zadání práce, strukturované ve složkách v návaznosti na jejich přiřazení k lokalitám.

https://digiarchiv.aiscr.cz/results?entity=dokument&kategorie_dokumentu=lfoto&page=0

- **Lokalita** (L_lokalita.shp) – orientační polygonální vymezení dílčích lokalit s uvedením jejich identifikátoru (např. C-L9000731) a dalších popisných údajů. Vrstva navazuje na související databázi leteckých snímků v Digitálním archivu AMČR. Vymezení lokalit bude revidováno na základě výsledků vektorizace, editoři do vrstvy nijak nezasahují.
https://digiarchiv.aiscr.cz/results?entity=lokalita&page=0&sort=katastr_sort%20asc&f_typ_lokalita=leteck%C3%A1%20archeologie:or
- Kolmé snímky – **mapové portály**:
 - Mapycz_[vrstva]: <https://mapy.cz/>;
 - googlemaps_[vrstva]: <https://www.google.com/maps>.
- Kolmé snímky – **mapové služby (WMS)**:
 - cuzk_orto_[vrstva]: https://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_ARCHIV/WMSservice.aspx.

2) Zásady georeference, rektifikace a ukládání dat

K editaci dat užíváme systém ESRI ArcGIS. Pracujeme vždy v systému S-JTSK (EPSG: 5514). Při využití podkladových vrstev v jiném souřadnicovém systému je vždy třeba využít odpovídající transformační klíč a neměnit jeho nastavení v průběhu práce. Exporty podkladových dat pro archivační účely provádíme vždy do formátu GeoTIFF s LZW kompresí v původním rozlišení.¹⁰⁶

a. Rektifikace šikmých snímků

- Pro rektifikaci vždy volíme snímek nejlépe vyhovující následujícím kritériím:
 - Maximum viditelných objektů.
 - Co nejvyšší technická kvalita snímku (ostrost, světelnost apod.).
 - Pozice lokality na snímku je vhodná pro rektifikaci (poloha v rámci fotografie, viditelnost referenčních bodů, výšková odchylka referenčních bodů).
 - Úhel pořízení snímku se co nejvíce blíží kolmému snímku.
- Georeference a rektifikace šikmých snímků:
 - Při georeferenci šikmých snímků volíme body položené co nejbliže objektům určeným k vektorizaci tak, aby došlo k co nejmenšímu zkreslení v důsledku transformace. V ideálním případě lze pro georeferenci využít vektorizované objekty samotné, jsou-li viditelné v existujících ortofotomapách. Nežádoucí je volit body s výraznou výškovou odchylkou od vektorizovaných objektů (dochází k deformacím obrazu při rektifikaci).
 - Doporučená transformace: Projective Transformation (snímky rovinatého terénu), ve specifických případech lze využít polynominálních funkcí vyšších řádů (vždy je však třeba pečlivě posoudit možné odchylky a zkreslení!).
- Složka **Foto zdroj** obsahuje zdrojové snímky utříděné po jednotlivých lokalitách. Stejnou strukturu dodržují i ostatní složky.
- Do složky odpovídající lokality ve **Foto_ref_body** exportovat užité referenční body (Link Table) a soubor pojmenovat totožně jako zdrojový snímek. Do seznamu snímků zapsat kód zdrojové vrstvy, vůči níž byl snímek referencován (nikdy při rektifikaci jednoho snímku neužívejte více zdrojových vrstev najednou).

¹⁰⁶ Před prováděním rektifikací nastudovat: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.6/manage-data/raster-and-images/fundamentals-for-georeferencing-a-raster-dataset.htm>.

- Do složky odpovídající lokalitě ve **Foto_rektif** uložit snímek po rektifikaci (funkce Rectify) pojmenovaný stejně jako zdrojový snímek, doplněný o zkratku zdroje (viz bod 1), vůči kterému byl snímek rektifikován (např. CLD000010387_cuzk_orto_2016.tif). Parametry pro rektifikaci:
 - Cell Size – zachovat výchozí (odpovídá rozlišení fotografie);
 - NoData as – vymazat hodnotu (pole musí být prázdné);
 - Resample Type – Cubic Convolution;
 - Output Location – složka Foto_rektif;
 - Format – TIFF;
 - Compression Type – LZW.

b. Využití dat z veřejně dostupných kolmých snímků (ortofotomapy)

- Mapové portály a mapové služby jsou užívány v první řadě při rektifikaci šikmých snímků. Ve druhém sledu jde o zdroj doplňujících údajů při vektorizaci.
- Objekty z kolmých snímků vytěžíme systematicky pouze pro známé, předem definované lokality a jejich blízké okolí (tj. pouze pro objekty, které s lokalitou mohou bezprostředně souviset). Zcela nové, dosud neznámé lokality evidujeme pouze orientačně pomocí bodové vrstvy (viz bod 3c). Stávající polygon vymezení lokality však není pevným omezením skutečného rozsahu lokality – dosavadní vymezení jsou orientační a nepřesná.
- V případě, že jsou objekty viditelné a dobře čitelné na kolmých snímcích, je vždy užíváme jako primární zdroj informací (rektifikované snímky jsou z principu vždy méně přesným zdrojem). I v ortofotomapách existují zkreslení a je vhodné vybrat podklady, kde je území nasnímáno s nejnižší odchylkou (lze odvodit ze zobrazení domů, sloupů rozvodných sítí apod.). Při kombinaci více podkladů je na místě vždy opatrnost, cílem je vytvořit rámcově konzistentní data se shodnou prostorovou odchylkou.
- Georeference kolmých snímků (převzaté ortofotomapy z mapových portálů):
 - Georeferenci kolmých snímků převzatých z mapových portálů provádíme vždy pomocí čtyř bodů v rozích zvoleného výřezu. Body se známou souřadnicí lze snadno doplnit do výřezu funkcemi dostupnými na mapových portálech a ty poté využít při georeferenci;
 - Jednotně užíváme Projective Transformation;
 - Soulad podkladu a georeferencované mapy by měl být vždy téměř absolutní, jakékoli okem viditelné odchylky nad rámec přirozených nesrovnalostí použité mapy jsou nepřijatelné.
- Do složky odpovídající lokalitě v **Mapy_zdroj** uložit výřez zdrojové mapy (pokud používám mapy z webu). Pojmenovat ID lokality (podle AMČR), zkratkou zdroje (viz 1) a pořadovým číslem v rámci lokality (např. CL900514_mapycz_2015_1.tif).
- Do složky odpovídající lokalitě v **Mapy_ref_body** exportovat užité referenční body (postup podle bodu 2b).
- Do složky odpovídající lokalitě v **Mapy_rektif** uložit rektifikovaný výřez mapy (postup podle bodu 2b).
- Do složky odpovídající lokalitě ve **WMS_vyrezy** exportovat výřezy mapových služeb použitých při vektorizaci objektů. Výřezů je třeba exportovat tolik, aby v souhrnu zachytily všechny objekty vektorizované podle dané vrstvy. Pojmenovat ID lokality (podle AMČR)

zkratkou zdroje (viz bod 1) a pořadovým číslem v rámci lokality (např. CL900514_cuzk_orto_2010_1.tif). Export provádíme jednotně (funkce Export Map):

- pouze pro danou vrstvu (bez zobrazení dalších vrstev, např. vektorizovaných dat);
- v měřítku 1 : 500;
- v rozlišení 300 DPI;
- ve formátu TIFF s kompresí LZW, 24-bit;
- se zatrženým „Write GeoTIFF Tags“.

Dostupné snímky a mapové vrstvy pro sledovanou lokalitu musí být vytěženy ve své úplnosti tak, aby i objekty zachycené na lokalitě pouze některými snímky byly obsaženy ve finálním výstupu.

3) Zásady vektorizace

Základní metoda vektorizace se zakládá na využití morfologicko topografické analýzy. Zjištěné objekty jsou definovány na základě svého tvaru, prostorového uspořádání a topologického vztahu k ostatním objektům a na základě zkušenosti odvozené z analogických situací. Vektorizace se v prostředí geografických informačních systémů provádí obtažením rozlišených objektů a vytvořením geoprvcu (polygon).¹⁰⁷

Lomové body jednotlivých geoprvců musí být vždy umístěny tak, aby v měřítku 1 : 100 nevytvářely nepřirozené zlomy. Lomových bodů nesmí být zbytečně mnoho, resp. mělo by jich být právě tolik, kolik je jich potřebných pro zachycení přirozeného vzhledu objektu; tento postup není vhodné nahrazovat algoritmickým vyhlazováním. Evidujeme pouze skutečně viditelné části objektů, resp. průnik všech jejich viditelných částí na dílčích fotografiích. Pokud je objekt nespojitý, bude vytvořeno více dílčích geoprvců. Zaznamenáváme pouze příznaky skutečně viditelné na fotografiích, nikoli antropogenní reliéf, jenž není na snímku viditelný.

Za výběr objektů k vektorizaci je primárně zodpovědný vedoucí projektu, nikoli editor. Před vektorizací musí vždy proběhnout konzultace ke způsobu zpracování konkrétní lokality.

Při vektorizaci pracujeme s následujícími vrstvami:

- Objekty** – polygony definující objekty předpokládaného archeologického významu. Tvar geoprvcu musí co nejpřesněji odrážet tvar viditelného objektu. Přítomnost recentních a specifických plošných objektů (produktovody, meliorace, plužiny) pouze zaznačíme do seznamu snímků, neprovádíme však jejich vektorizaci. V případě zjevných superpozic (cesta řeže pohřební objekt) vektorizujeme každý objekt odděleně. V případě cest vektorizujeme vždy jednotlivé úseky od křižovatky po křižovatku zvlášť.
- Přirozene prvky** – linie značící zřetelná rozhraní mezi sedimenty vzniklými působením přirozených procesů, významné z hlediska interpretace lokality (rozhraní eroze/akumulace, břehy zaniklých toků). Tyto prvky evidujeme pouze v souvislosti s plochami s výskytem antropogenních objektů, nejvýše do vzdálenosti 100 metrů.
- Nove lokality** – bodové označení míst s lokalitami nově identifikovanými na ortofotomapách. Bod je umístěn do přibližného středu lokality, lze jím označit i jednotlivé shluky objektů. Cílem je evidence lokalit pro případné budoucí zpracování.

107 Podle: Malina O. 2020: Dokumentace plužiny zaniklých středověkých vsí na základě dat LLS. Nálezová zpráva. Plzeňský kraj. Nепublikováno.

4) Zásady popisu (tvorba metadat)

Každý prvek (bez ohledu na zvolenou vrstvu) musí být ihned po vytvoření popsán metadaty. Pokud je tak uvedeno, vybraná metadata lze vyplnit hromadně po zpracování určitých celků.

Seznam metadat společných pro všechny vrstvy:

- a. **ID_proj** – označení projektu jakožto výzkumné aktivity s jednotnou a jasně popsanou metodikou a závěrečnou (náleзовou) zprávou. Doplnuje správce hromadně.
- b. **ID_prvek** – unikátní označení prvku v rámci projektu. Doplnuje správce hromadně.
- c. **ID_lokalita** – podle AMČR (viz vrstva *lokalita*).
- d. **Zdroj** (přesný název souborů bez přípony; viz bod 2) – uvádíme všechna data využitá při vektorizaci. V případě více souborů je nutné použít středník + mezera jako oddělovač.
- e. **Editor** – ve formátu „Příjmení, Jméno“. Lze vyplnit hromadně před odesláním správci.
- f. **Interpret** (autor interpretace objektu) – ve formátu „Příjmení, Jméno“. Lze vyplnit hromadně pro celý projekt.
- g. **Datum** (celé datum vymezení) – ve formátu „RRRR-MM-DD“. Lze vyplnit hromadně na konci denní práce.
- h. **Poznámka** (nepovinná poznámka).

Seznam metadat specifických pro vrstvu Objekty:

- i. **Jistota** (archeologického určení):
 - 1 – jistý;
 - 2 – hypotetický.
- j. **Viditelnost** (objektu na snímku):
 - 1 – jasně viditelný;
 - 2 – špatně viditelný.
- k. **Přesnost** (prostorového vymezení):
 - 1 – přesně (< 2 m);
 - 2 – přibližně (2–10 m);
 - 3 – orientačně (> 10 m).
- l. **Stav** (zpracování):
 - 1 – zpracováno editorem;
 - 2 – odevzdáno správci;
 - 3 – zkontrolováno správcem.
- m. **Neúplný** (objekt; ano/ne = 1/0) – označit objekty, které zjevně zasahují dále mimo snímek a jejichž pokračování nelze věrohodně doplnit z jiných zdrojů.

Další typologické, chronologické a topologické údaje, včetně složených objektů, mohou být doplněny později v průběhu dalšího zpracování, které však není předmětem této metodiky.

Data jsou zásadně **zpracována po jednotlivých lokalitách** v jejich celistvosti. Jakmile je zpracování lokality dokončeno, musí být editorem provedena **kontrola** v následujících bodech:

- křížová kontrola vektorizovaných objektů vůči více podkladovým vrstvám (nutno odhalit případný nežádoucí posun geoprvků a jiné nepřesnosti);
- kontrola úplnosti a správnosti metadat;
- kontrola uložení zdrojových dat a jejich správného provázání s vektorizovanými prvky;

- kontrola správného vyplnění tabulky se seznamem foto.

Teprve po provedení všech kontrol a odpovídajícího označení stavu lze pokračovat ve vektorizaci další lokality.

Každý editor je povinen **pravidelně zálohovat data** – nejlépe na cloudové úložiště či na institucionální síťové úložiště. Též je povinen v domluvené periodicitě **zaslat data hlavnímu správci** tak, aby byla dostupná ke kontrole a k dalšímu zpracování. Do již uzavřených a předaných dat editor zasahuje pouze po předchozí domluvě se správcem dat – v takovém případě patřičně upraví související metadata (např. datum vektorizace).

METODIKA ZPRACOVÁNÍ A EVIDENCE DAT LETECKÉHO PRŮZKUMU V ARCHEOLOGII

MARTIN GOJDA – DAVID NOVÁK – MARTIN KUNA – PAVEL VAVŘÍN – JARMILA BÍŠKOVÁ

Vydal Archeologický ústav AV ČR, Praha, v. v. i., Letenská 4, 11801 Praha 1

Grafická úprava, obálka, zlom Zdeněk Mazač

Tisk Powerprint s. r. o., Brandejsovo nám. 1219/1, 165 00 Praha Suchdol

První vydání, Praha 2022

ISBN 978-80-7581-043-4

