

NEDESTRUKTIVNÍ ARCHEOLOGIE (1)

(M. Kuna a kol., Praha 2003: Academia)

Zkrácený text vybraných kapitol pro TEM 1

NEDESTRUKTIVNÍ TERÉNNÍ POSTUPY V ARCHEOLOGII (M.Kuna)

CO JE NEDESTRUKTIVNÍ ARCHEOLOGIE?

Nedestruktivní archeologie je souborem technik, metod a teorií, zaměřených na vyhledání a vyhodnocení archeologických pramenů bez provedení destruktivního zásahu do terénu. Nedestruktivní archeologii můžeme chápat jako určitou specializaci, charakteristickou svými otázkami a způsoby řešení, avšak z hlediska konečných cílů všestranně spojenou s oborem archeologie jako celkem. Pro postupy spadající do rámce nedestruktivní archeologie se dříve používal pojem *archeologický průzkum*; tento pojem se však z dnešního hlediska jeví jako nedostatečný.

Cíle nedestruktivní archeologie lze totiž chápat dvojím způsobem. Prvním z nich je pojetí užší, jemuž odpovídá vymezení nedestruktivní archeologie jako archeologického průzkumu (prospekce). V tomto pojetí jde především o samo *vyhledání* archeologických pramenů v krajině, jejich další *poznání* je víceméně přenecháváno postupům jiným (např. archeologickým výkopům). Nedestruktivní archeologie chápaná jako archeologický průzkum vytváří poznatky předběžného, pomocného či doplňujícího rázu.

V poválečném období se ovšem stále častěji uplatňuje i pojetí širší, které nedestruktivní archeologii nechápe pouze jako pomocný krok *před* vlastním výzkumem, nýbrž jako *výzkum svého druhu*, sledující svébytné poznání archeologických pramenů. V tomto obecnějším pojetí si nedestruktivní archeologie klade vlastní otázky a samostatně postupuje k jejich řešení. Vztah mezi nedestruktivním a destruktivním postupem se dokonce může obrátit a destruktivní postup (výkop) nemusí být buď vůbec nutný, nebo má za úkol získat jen doplňující či upřesňující informace.

Pojetí nedestruktivní archeologie jako archeologického průzkumu souvisí do značné míry s tradičními („předprocesuálními“) paradigmaty v archeologii. Tato paradigmaty (především kulturně historické paradigma) stavěla své závěry především na typologicko-chronologickém rozboru artefaktů. V jejich rámci bylo proto nutné zkoumat archeologické prameny hlavně destruktivními metodami, neboť pouze ty mohou přinést dostatek artefaktů, vhodných k typologickému rozboru. V tomto kontextu nemohl být úkol nedestruktivních metod jiný než čistě vyhledávací (prospekční).

Vývoj poválečné archeologie přinesl postupnou erozi tradičních paradigmat a vzrůstající zájem o otázky ekonomické, ekologické, demografické apod. Řešení těchto otázek vyžaduje znalost větších prostorových celků pramenů. Tu mohou přinést

zejména nedestruktivní postupy, neboť jejich uplatnění je, ve srovnání s výkopy, relativně snadné, rychlé a plošně aplikovatelné. V takovém kontextu nemusí být nepřekonatelnou závadou, že chronologická a typologická informace je v nedestruktivních datech zpravidla chudá; ucelenost a rozsah *prostorové informace* může tento nedostatek vyvážit. Nedestruktivní postupy se proto staly hlavním terénním nástrojem *prostorové archeologie*, tj. toho odvětví archeologického výzkumu, které se cíleně zabývá studiem prostorových vztahů v minulých sídelních systémech (srov. kap. 12.).

Pojem „nedestruktivní postup“ byl vytvořen v protikladu k terénním postupům „destruktivním“, tj. archeologickým výkopům. Malá míra destrukce pramene není samozřejmě jediným specifickým nedestruktivních metod, je však nesporně jedním z jejich podstatných rysů. Žádný z nedestruktivních postupů při vhodné aplikaci archeologický pramen podstatněji neruší, a proto pramen může být zkoumán opakovaně a různými metodami. V tomto ohledu se nedestruktivní postupy se liší od výkopů, při kterých nezbytně dochází k jednorázovému a definitivnímu zániku prozkoumaného archeologického pramene.

K nedestruktivním postupům počítáme nejen ty, při kterých nedochází k žádnému rušivému zásahu do terénu, ale i ty, které do archeologického pramene zasahují jen v přijatelně malé míře. V praxi to zpravidla znamená, že zásah do terénu (je-li vůbec nějaký) je tak malý, že při něm nedochází k trvalé změně charakteru a k podstatnému omezení vypovídacích možností archeologického pramene. K takovým postupům můžeme např. řadit povrchový sběr, vrty, mikrosondáž, vzorkovací sondáž apod. Předpoklad „přijatelně malé“ destrukce ovšem platí pouze za podmínky promyšlené a rozumné aplikace. Pokud se terénní postup dostatečně neřídí ohledy na charakter konkrétního pramene, mohou i některé nedestruktivní postupy vést k narušení či zničení podstatné části archeologické informace. „Nedestruktivní“ povahu daných postupů tedy nejde jednoznačně spojovat s určitou technikou, nýbrž spíše s celkovým způsobem její aplikace v kontextu konkrétního archeologického pramene. Extrémně zřetelná je tato skutečnost na příkladě užívání detektorů kovů, které v rukou odborníků mohou být pro archeologický výzkum přínosem, v rukou neoborníků způsobují archeologickým pramenům nenahraditelné škody.

DRUHY NEDESTRUKTIVNÍHO VÝZKUMU

Nedestruktivní postupy umožňují rozpoznat archeologické prameny (a) vyhledáváním na povrchu viditelných *předmětů* (artefaktů a ekofaktů) a *antropogenních tvarů reliéfu* (nemovitých artefaktů), nebo (b) identifikací pramenů pomocí jejich *ekofaktních vlastností* (tj. vlastností, které jsou nezáměrným důsledkem aktivit člověka). Připomeňme v této souvislosti, že artefaktní a ekofaktní příznaky pramenů se zpravidla prolínají, neboť každý artefakt je zároveň také ekofaktem. Např. zlomky keramiky při povrchovém sběru vystupují jako artefakty, při geofyzikálním měření magnetometrem jako ekofakty (mohou být zachyceny díky svým ekofaktním vlastnostem, změnám v magnetismu vypálené hlíny). Podobně např. zahloubená jáma sama o sobě je artefaktem, ale při geofyzikální nebo letecké prospekci hrají roli ekofaktní vlastnosti její výplně, které ovlivňují její nadzemní projev, např. magnetismus, barvu a charakter vegetace.

Nedestruktivní postupy je možno členit podle různých hledisek. Za účelné považujeme vymezit čtyři širší oblasti s celkem zhruba dvanácti základními druhy nedestruktivních metod; sama kategorizace postupů ovšem není pro jejich aplikaci rozhodující. K první skupině, tj. metodám „dálkového průzkumu“ Země (anglickým termínem *remote sensing*) počítáme především (1) *analýzu družicových snímků*, (2) *analýzu kolmých leteckých snímků* a (3) *vizuální prospekci z nízko letícího letounu*.

Družicové a kolmé letecké snímky zpravidla nejsou primárně pořizovány k archeologickým účelům, avšak za příhodných okolností na nich lze dodatečně zjistit pro archeologii významné informace. Naproti tomu prospekce z nízko letícího letadla je podmíněna účastí archeologa a identifikací hledaných objektů „v reálném čase“. Výsledkem jsou zpravidla tzv. šikmé dokumentační snímky.

Další oblast metod vychází z povrchového měření fyzikálních a chemických vlastností povrchových vrstev terénu. Je o okruh (4) *geofyzikálních metod*, k nimž můžeme přiřadit i použití (5) *detektorů kovů*, a (6) *geochemických metod*, zabývajících se chemickou analýzou odebraných vzorků zeminy.

Do třetí kategorie patří metody povrchového archeologického průzkumu a vzorkování povrchových vrstev. Jde o (7) *povrchový průzkum či výzkum antropogenních tvarů reliéfu*, např. mohyl, valů, plužin atd. Je-li průzkum doplněn o přesnější měření polohy objektů a výškopisu terénu, můžeme hovořit o tzv. *geodeticko-topografickém průzkumu*. Při povrchovém průzkumu lze do určité míry využít i (8) poznatky *geoindikační botaniky*, sledující změny vegetačního pokryvu způsobené někdejší činností člověka. Běžnou metodou je dále (9) *povrchový sběr artefaktů a ekofaktů*.

Jako čtvrtou oblast chápeme postupy, které umožňují (10) *vyhledat a/nebo* (11) *ovzorkovat vrstvy antropogenního původu*, a to pomocí vrtů, mikrovrypů nebo vzorkovacích sond. Větší vyhledávací sondáže (12, např. rýhování) patří technicky spíše již k postupům destruktivním, pokud však probíhají v plošně omezené míře a při dodržení určitého vzorkovacího postupu, mají po metodické stránce mnoho společného s postupy nedestruktivními.

Tab. 1.1. Přehled hlavních metod nedestruktivního archeologického průzkumu a výzkumu s odkazem na příslušnou kapitolu této práce.

OBLAST	ZÁKLADNÍ DRUH	HLAVNÍ METODY A TECHNIKY
dálkový průzkum	(1) analýza družicových snímků	panchromatické snímky, digitální záznam (vícepásmový skener, radar)
	(2) analýza kolmých leteckých snímků	panchromatické snímky, digitální záznam (vícepásmový skener, radar), laserové systémy, termovize
	(3) prospekce z nízko letícího letounu	šikmé panchromatické snímky, video
aplikace přírodovědných metod	(4) geofyzikální měření	geoelektrické metody, gravimetrie, magnetometrie, seismika, termometrie aj.
	(5) detektory kovů	užití během archeologických výkopů, cílený průzkum
	(6) geochemická analýza	fosfátová analýza, analýza kovů, lipidů, kyselosti půdy
povrchový průzkum	(7) povrchový průzkum a výzkum antropogenních tvarů reliéfu	vizuální průzkum, geodeticko-topografický výzkum, plošná nivelace
	(8) geobotanická indikace	identifikace objektů, areálů a krajinného rámce
	(9) povrchový sběr	„vyhledávání nalezišť“, analytické postupy
omezený zásah pod povrch terénu	(10) vyhledávání vrstev	vpichy, vrty, mikrosondáž
	(11) vzorkování vrstev	mikrosondáž, vzorkovací sondáž
	(12) vyhledávání objektů	rýhování

STRUKTURA ARCHEOLOGICKÝCH PRAMENŮ

Předměty, objekty, komponenty

Bezprostředním cílem nedestruktivních terénních postupů je *vyhledat stopy minulých sídelních aktivit, klasifikovat je a vymezit v prostoru*. Tyto stopy, archeologické prameny, vytvářejí různě rozsáhlé a strukturované celky. Nejmenší prostorové a věcné jednotky archeologických pramenů jsou movité *předměty* (artefakty či ekofakty) zpravidla zlomky nástrojů, suroviny, výrobního odpadu, zbytky stravy apod. Movitých předmětů je většinou v prameni velké množství, takže evidence jednotlivých kusů není možná nebo účelná: možnost rozeznání jednotlivých artefaktů (předmětů) se navíc týká jen některých nedestruktivních postupů (především povrchových sběrů).

Větší jednotkou pramenů je archeologický *komplex*, čili strukturovaný soubor artefaktů a ekofaktů, odrážející určitý druh lidské aktivity (účel, Neustupný 1998). Dosavadní archeologická terminologie užívá pro komplexy i běžnější označení (nemovitý) *objekt*. Komplexy (objekty) mohou vzniknout v důsledku jedné události (např. hrob), nebo jsou výsledkem časově delší, opakované aktivity na určitém místě. Objekty mají zpravidla podobu terénního útvaru, tvořeného nebo vyplněného vrstvami zeminy, v nichž jsou obsaženy soubory movitých předmětů. Různé součásti archeologických objektů jsou lépe či hůře zachytitelné jednotlivými nedestruktivními postupy (movité artefakty např. prostřednictvím povrchového sběru, terénní tvary při geodeticko-topografickém průzkumu, vlastnosti vrstev při geofyzikálním a geochemickým měření apod.).

Aktivity, v jejichž průběhu vznikly dané předměty a komplexy, se odehrávaly v místech, která jim v rámci celkové struktury kulturní krajiny byla vymezena. Tato místa nazýváme *areály aktivit* (Neustupný 1986b, 1998). Můžeme předpokládat, že existovaly areály obytné (rezidenční), skladovací, výrobní (pole, těžba, zpracování surovin), pohřební a další. Areály byly prostorově vymezené (praxí, tradicí, predipozicí krajiny apod.), avšak v delším časovém úseku se mohly přemísťovat, prolínat a překrývat. Trváním areálu v určitém prostoru po určitou dobu a kumulací pozůstatků daných aktivit vzniká *komponenta* jako archeologický obraz určitého areálu aktivity (odtud komponenta rezidenční, výrobní atd.; Neustupný 1986b). Areály aktivit jedné komunity vytvářely v osídlené krajině funkční kontinuum (komunitní areál), toto kontinuum se, byť v transformované podobě, promítá i do kontinua archeologických pramenů (komponent). Soubor komponent, související s jednou komunitou, se nazývá *sídelním areálem*.

Zmíněná teorie sídelních areálů (srov. 12.3.4.) změnila prostorové pojetí archeologických pramenů. Prameny přestaly být chápány jako diskrétní body v prázdném prostoru, ale místo toho jako plošné informace, prostírající se na velkých úsecích krajiny (podobné závěry přinesly i některé práce anglo-americké archeologie: Dunnell 1988, 1992; Gaffney - Tingle 1984). Z hlediska teorie sídelních areálů má i prostor bez nálezů v kulturní krajině určitý význam, neboť musel odpovídat areálům určitých funkcí, jejichž strukturu archeologie hodlá poznávat. V souvislosti s touto teorií a s otázkami, které nastoluje, stoupá význam přesnějšího poznání prostorového uspořádání objektů a komponent v krajině. *Identifikace komponent, jejich vymezení, funkční určení a zařazení do určité struktury vzájemných vztahů lze tedy považovat za jeden z hlavních cílů nedestruktivní archeologie*. Přitom je nutno brát v potaz teorii formačních procesů (archeologických transformací), tj. procesů, které pozůstatky někdejších areálů aktivit modifikovaly do podoby archeologických pramenů a dat (kap. 1.4).

Dosavadní archeologie vypracovala pro popis prostorové struktury pramenů některé pojmy, které se z hlediska teorie sídelních areálů jeví jako překonané. K těmto

pojům lze počítat zejména pojem archeologického “naleziště” a (zejména v anglosaské archeologii běžný) pojem “mimonalezištních” (off-site) nálezů. Protože oba tyto pojmy úzce souvisejí s aplikací nedestruktivních metod, věnujeme jim dva následující oddíly.

Pojem naleziště

Pojmy naleziště a lokalita patří k běžným archeologickým pojmům. Oba pojmy jsou zpravidla užívány jako synonyma, třebaže se vyskytly pokusy o jejich vzájemné odlišení (naposledy Benešová - Fejková 2000). Archeologie donedávna o významu těchto pojmů nepochybovala, neboť byly ve shodě s její každodenní praxí. Jejich užití však naráží na nepřekonatelné problémy, pokud jsou aplikovány na situace nové, odlišné od těch, s nimiž se archeologie tradičních paradigmat převážně střetávala.

Nalezišti se obvykle nazývají místa s vysokou koncentrací archeologických nálezů a předpokládá se, že těmto místům logicky odpovídala i koncentrace někdejších aktivit. Naleziště jsou proto chápána jako samostatné prostorové a funkční celky (Vencl 1995); prostor mezi nalezišti se pak logicky jeví jako víceméně prázdný a nezajímavý.

Toto pojetí, přestože zdánlivě evidentní a nesporné, je však samo o sobě jen důsledkem určitého způsobu přístupu k pramenům a vedení terénního výzkumu. Většina archeologických výzkumů donedávna měla podobu plošně omezených výkopů v místech nejbohatších na nálezy. Výzkumům v místech méně bohatých se archeologie spíše vyhýbala a velkoplošné odkryvy byly až do 70. let spíše výjimečné. Není proto divu, že krajina zkoumaná tímto způsobem se jevila jako soubor diskretních bodů s bohatými nálezy, oddělených prázdným prostorem. Teprve aplikace nedestruktivních metod ukázala že archeologické prameny v krajině toto uspořádání nemají, nýbrž víceméně vytvářejí nálezové kontinuum, byť obsahově a kvantitativně proměnlivé (obr. 1.1., obr. I).

Kontinuální výskyt archeologických dat v krajině má dvě hlavní příčiny. První z nich je charakter pravěkých obytných a dalších areálů, který nelze srovnávat s charakterem sídel středověkých a novověkých (kontra Vencl 1995). Pravěké areály byly mobilnější, byť se jejich posuny zpravidla omezovaly na malé území, patřící jedné komunitě. I tak však stačily během dlouhého časového úseku pokrýt svými pozůstatky mnohem větší plochu než sídla historické doby a vytvořit plošně rozsáhlý palimpsest vzájemně se prolínajících pozůstatků různého stáří. Druhá příčina spočívá v novém pohledu na archeologické prameny. Dnešní bádání již nepovažuje za významné jen nálezy z bohatých obytných a pohřebních komponent, ale i informace z méně výrazných výrobních a dalších areálů, které kdysi vyplňovaly prostor mezi vlastními sídly. V tomto smyslu bylo kontinuální již někdejší využití krajiny a jemu musí odpovídat i pojmy, kterými se jej snažíme popsat.

Z tohoto hlediska můžeme výrazné koncentrace nálezů považovat za prostorová „ohniska“ aktivit, v nichž se kumulovaly pozůstatky většinou několika archeologických fází či následných kultur (Kuna 1998a, 2000a). *„Naleziště“ v tomto smyslu tedy nejsou logickými sídelními a funkčními celky, nýbrž jsou především výsledkem archeologických transformací.*

Pokud pojem naleziště používáme v této práci, máme tím na mysli *intuitivně vymezenou komponentu nebo nestrukturovaný shluk několika komponent*, případně jen místo, kde byl učiněn nález. O někdejší sídelní struktuře tento pojem vypovídat nemůže. Podobně používáme pojem *lokalita*, totiž jen jako prostor, který lze nějak geograficky definovat a ve kterém provádíme výzkum, zjistíme určitou komponentu apod.

Nález "mimo naleziště"

Nedestruktivní archeologie vedla nejen k zachycení bohatých koncentrací nálezů, ale i takových pramenů, které pro jejich četnost nebylo možné opominout, avšak na druhé straně je ani nebylo možné považovat za „naleziště“ v tradičním slova smyslu. Většinou jde o ojedinělé artefakty či objekty, o málo početné a prostorově rozptýlené soubory, nalézané bez souvislosti s výraznými celky nálezů sídlištního či pohřebního rázu.

Teoretické zpracování těchto dokladů bylo častým námětem studií v anglosaské archeologii, avšak většina z nich zůstala na empirické rovině a nezačlenila svá pozorování do jednotného modelu vzniku archeologických pramenů. Přesto byly tyto práce přínosné, neboť upozornily na přítomnost méně výrazných nálezových souborů a na kontinuální výskyt archeologických informací v krajině.

Pozornost byla tomuto druhu nálezů věnována zhruba od 70. let, kdy pro ně byl použit termín "non-sites" (Thomas 1975), záhy se však vžil spíše (do češtiny rovněž nesnadno přeložitelný) termín "*off-site*" neboli "*mimonalezištní*" *nález a aktivity* (v protikladu k nálezům „on-site“ čili „nalezištím“). V češtině se pro podobné nálezy obvykle používal pojem "*stopy aktivity*" (Smrž 1987). Jako samostatné téma rozvinul tuto problematiku na příkladu lovecko-sběračských populací R. Foley (1978, 1981), na příkladu keramiky v okolí starověkých sídelních center pak zejména J. Bintliff a A. Snodgrass (1988). "Off-site" nálezy byly buď chápány jako „informační šum“ („background scatters“), nebo byla pro ně hledána zvláštní interpretace, např. jako ztráty a skartace artefaktů v areálech nerezidenční funkce nebo rozvoz sídlištního odpadu s hnojem na pole v okolí sídlišť.

Toto pojetí méně výrazných kategorií nálezů přináší problémy několikerého rázu. Za prvé, "off-site" nálezy jsou vymezeny v protikladu k nálezům "on-site" (čili k archeologickým „nalezištím“), aniž by bylo definováno, co vlastně "naleziště" jsou (viz výše). Za druhé, zvláštní interpretace těchto nálezů je odvozena především ze samotné kvantity nálezů, což není udržitelné hledisko. Evidentní "off-site" nálezy totiž mohou mít v některých situacích hustotu desítek tisíc předmětů na povrchu jednoho hektaru a mohou souvisle pokrývat plochy až několika čtverečních kilometrů (srov. Bintliff - Snodgrass 1988 pro povrchový výskyt keramiky v okolí městských center antického starověku; zde obr. 1.2.). Na druhé straně (a to je pro naši archeologii významnější) mohou naopak i jednotlivé artefakty bez patrných souvislostí s nemovitými objekty být často dokladem regulérních rezidenčních či pohřebních areálů (pro výskyt právě keramiky je to dokonce mnohem pravděpodobnější než předpoklad náhodných ztrát artefaktů; srov. Kuna 1994c; Neustupný - Venclová 1996). *Četnost nálezů je v tomto případě zavádějící, neboť je výsledkem sekundárních procesů (transformací), nikoliv původní funkce areálu.*

FORMAČNÍ PROCESY A NEDESTRUKTIVNÍ ARCHEOLOGIE

Předpoklad, že data, shromážděná nedestruktivními postupy, jsou smysluplným odrazem minulých lidských aktivit, je základní podmínkou aplikace těchto postupů. Neznamená to však, že by odraz minulých aktivit v dostupných datech byl přímočarý. Naopak, tento odraz je ovlivněn složitými procesy přírodního i kulturního rázu. Je proto mimořádně důležité pochopit procesy, kterými se původní struktura materiálních pozůstatků aktivit proměnila ve strukturu archeologických dat, neboť jen tak můžeme zpětně modelovat vlastnosti původní struktury (Neustupný 1986a, 1998).

Změny kulturních pozůstatků od okamžiku jejich výstupu z živé kultury nazýváme *formačními procesy* (dochází při nich k formování archeologického pramene) nebo *archeologickými transformacemi* (Schiffer 1976, 1987; Neustupný 1986a, 1998). Hlavní efekty transformací jsou *kumulace* kulturních pozůstatků, případně jejich

početní *redukce*, změna jejich podoby (*fragmentarizace*) a *prostorového uspořádání* (Neustupný 1986a).

Obecně definujeme (Kuna 2001) tři hlavní příčiny archeologických transformací. První skupinou jsou transformace *systemové* (behaviorální), tj. vznikající vlivem samotného sídelního systému, při "přechodu" mezi živou kulturou a jejími mrtvými pozůstatky. Jelikož mnohé z těchto procesů souvisí se způsobem, jakým vznikaly (ukládaly se) kulturní pozůstatky, můžeme tyto transformace nazývat také *depozičními*.

Druhou skupinou formačních procesů jsou ty, které probíhají již v archeologickém prameni po jeho uložení (odtud *postdepoziční*), při "přechodech" z jedné jeho formy do jiné (např. rozoráním objektů *in situ* apod.). Tyto procesy souvisejí již výhradně s mrtvou kulturou (i když tyto změny působí člověk, vystupuje v roli vnějšího činitele, nikoliv účastníka té kultury, o jejíž pozůstatky jde). Proto je lze nazývat také procesy *tafonomickými* (podle paleontologie, která rozlišuje biocenózu a tafocenózu jako společenstva živých a společenstva mrtvých organismů; srov. Sommer 1991).

Za třetí skupinu transformací můžeme považovat ty, které vznikají jako vědomé nebo nevědomé důsledky specifického způsobu vedení archeologického výzkumu. Můžeme proto hovořit o transformacích *výzkumových* nebo *metodických*.

Příklady specifických formačních procesů jsou uváděny v rozboru jednotlivých metod nedestruktivní archeologie. Za účelné považujeme zmínit se systematictěji o tafonomických procesech, souvisejících s formováním povrchu krajiny v minulosti a současnosti. Tafonomie povrchu krajiny představuje faktor, který má klíčový význam pro všechny druhy nedestruktivních metod bez výjimky (srov. kap. 2.).

METODA NEDESTRUKTIVNÍHO VÝZKUMU

Metodou terénního výzkumu rozumíme obecné vlastnosti postupu, kterým se archeologické prameny v terénu identifikují, prostorově vymezují a klasifikují. Aplikací určité metody se archeologický pramen mění na archeologická data. Úkoly prostorové archeologie vyžadují, aby získaná data byla kvantitativní povahy, vhodně strukturovaná a relevantní vzhledem k formulovaným otázkám. Tyto nároky, do značné míry charakterizující celou moderní archeologii, vedly k formulaci některých obecných metodických pojmů a postupů, v různé míře se uplatňujících v jednotlivých druzích nedestruktivního terénního výzkumu. Jelikož se tyto obecné pojmy objevují na různých místech v této knize, považujeme za vhodné je již zde stručně vysvětlit. K těmto pojmům či otázkám počítáme (a) zasazení terénního výzkumu do rámce výzkumného projektu (otázka efektivity výzkumu), (b) rozvržení terénní práce s ohledem na principy pravděpodobnostního výběru (otázka reprezentativnosti dat); (c) analytický přístup k pramenům (otázka strukturovatelnosti dat); (d) pojem polygonů výzkumu (otázka prostorového vymezení dat).

Projekt terénního výzkumu

Současná archeologie zdůrazňuje nutnost organizovat výzkum v podobě *projektů* s jasně a explicitně formulovanými otázkami. Tento model výzkumu nahrazuje dříve častý empirický postup, v němž primárním cílem bylo shromažďování pramenů a z něj teprve vycházel výběr řešených problémů. Projekt (plán) terénního výzkumu by měl zahrnout formulaci řešených otázek, výběr zkoumaného území a jeho zdůvodnění, shrnutí dosavadních poznatků o dané problematice, návrh konkrétní metody a jeho zdůvodnění, rozbor časové, finanční a personální náročnosti projektu. Vypracování takového plánu výzkumu není v naší archeologii dosud běžné; západní archeologie mu však věnuje značnou pozornost (tzv. *research design*: Schiffer - Sullivan - Klinger 1978, Redman 1973, 1987, Plog - Plog - Wait 1978, Boismeir 1991).

Formulace výzkumných projektů vede k nezbytnosti zahájit a ukončit určitý výzkum ve stanoveném termínu, zpravidla několika let. Relativní krátkost časové lhůty představuje z poznávacího hlediska samostatný problém. Dosavadní (česká) archeologie je k možnostem takových projektů v oblasti nedestruktivního výzkumu spíše skeptická, a to v přesvědčení, že spolehlivých výsledků lze dosáhnout pouze dlouhodobým, postupným hromaděním informací (Vencl 1992a, 1993 aj.).

Tento nárok je ovšem sporný. Dlouhodobé sledování vybraného území vede jistě k postupnému hromaděni dat, avšak obsahuje nebezpečí, že řešené otázky ztratí aktuálnost a získaná data nebudou vyhovovat nárokům otázek nových. *Časově neomezený terénní výzkum vede k objevování dalších faktů, avšak nikoliv nezbytně k lepšímu poznání jejich struktury* (v tomto smyslu nelze tvrdit, že opakování výzkumu vede samo k větší pravdivosti dat: kontra Vencl 1995). Zdá se tedy, že výzkumný projekt o relativně rychlou realizaci usilovat musí: k tomu, aby byl úspěšný, mu mohou napomoci zejména přesnost formulace jeho cílů, výběr přiměřeného vzorku a efektivní metoda terénní práce.

Pravděpodobnostní výběr

Nedestruktivní metody stojí často před úkolem prozkoumat území tak rozsáhlé, že jeho celkový výzkum je nemožný, a proto je nutno provést výběr určitých jeho částí. Provádění výběru je neoddělitelnou součástí každého archeologického výzkumu; při nedestruktivním terénním výzkumu je však tato nutnost zřejmější. Výběr zde provádíme jak volbou vhodného území pro řešení určitého problému a volbou polygonů výzkumu, tak i stanovením intenzity svých pozorování (např. odstupů mezi liniemi při povrchovém sběru, hustotou sítě geofyzikálních měření atd.).

Základním problémem každého výběru je dosáhnout, aby co nejmenší (tedy časově a finančně nejméně nákladný) vzorek byl svou skladbou *reprezentativním* obrazem studovaného celku. Významnou pomůckou při řešení tohoto problému jsou proto matematické metody tzv. *pravděpodobnostního výběru* neboli vzorkování. Metody pravděpodobnostního výběru mohou být použity jak pro vyhledání komponent (cf. Neustupný 1984), tak pro poznání jejich vlastností (např. celkového počtu nebo chronologické skladby nálezů v komponentě; počtu komponent v regionu apod.: Kuna 1994c), případně pro další typy úkolů (např. Neustupný 1973). Seznámení se základními pojmy a upozornění na některé aspekty vzorkování je věnována samostatná kapitola (11.3.).

Analytický terénní postup

Terénní výzkum může obecně postupovat dvěma způsoby. První z nich předpokládá předběžnou znalost vlastností objektů nebo komponent a jejich následné vyhledávání v terénu. Typickým příkladem je např. vyhledávání "nalezišť" při povrchových sběrech nebo objektů při letecké prospekci. Z hlediska práce v terénu lze tento přístup označit za *hodnotící* nebo *syntetický* (Neustupný 1998), neboť přímo v terénu musí archeolog hodnotit komplexní jevy (tj. provádět syntézu svých pozorování). Postup tohoto typu je při řadě nedestruktivních postupů běžný a v některých technikách jej lze jen těžko obejít nebo nahradit (např. při povrchové identifikaci antropogenních tvarů, letecké prospekci apod. - alternativní možnosti sice existují i zde, ale jsou zatím neúměrně nákladné).

V některých jiných druzích nedestruktivního výzkumu však hodnotící postup nemusí být postupem optimálním. Za prvé, možnosti hodnotícího postupu jsou omezeny samotným modelem hledané skutečnosti (např. modelem určité komponenty při povrchových sběrech), a proto lze jen obtížně rozpoznat struktury, které se danému modelu vymykají (např. komponenty s velmi malým počtem nebo velmi rozptýleným

uspořádáním artefaktů). Za druhé, hodnotícím postupem prakticky nelze rozpoznat vnitřní strukturu určitého celku, pokud je příliš složitá (jako jsou obvykle např. prostorové vztahy mezi povrchovými nálezy jednotlivých komponent v rámci tzv. „polykulturního naleziště“). Za třetí, hodnotící postup vyžaduje provést v terénu členění pramenů s konečnou platností, tj. bez možnosti následného přehodnocení, a to vždy podle subjektivního názoru a zkušenosti terénního pracovníka.

Tyto nedostatky terénní metody lze do jisté míry odstranit, pokud hodnotící postup nahradíme postupem, který lze nazvat *analytickým* (označení podle Neustupný 1998). Při tomto postupu se zkoumaný prostor rozkládá do (malých) dílčích částí, v nichž probíhá sběr dat (měření) určitým, předem stanoveným způsobem, nezávislým na výsledcích zjištěných během terénní práce a bezprostředním hodnocení terénního pracovníka. V praxi tento postup znamená např. rozdělení určitého území do malých prostorových jednotek, v jejichž rámci proběhne standardním způsobem povrchový sběr artefaktů. Podobně se postupuje např. při geofyzikálním měření v určité síti, při odběru geochemických vzorků atd. *Analytický postup umožňuje vyhodnocení prostorové struktury dat, (relativně) nezávislé na původní představě o jejich uspořádání, dává možnost následné aplikace alternativních metod prostorové syntézy a celkově objektivnějšího zhodnocení. Z těchto důvodů je dnes analytickému postupu dávána přednost všude tam, kde je jeho aplikace možná, a to i za cenu vyšších nákladů. Efektivnost analytické metody ovšem vždy závisí na (arbitrárně zvolených) vlastnostech analytických jednotek a jejich uspořádání.*

Prostorové jednotky výzkumu

Rozdíl mezi hodnotícím a analytickým postupem se promítá i do charakteru prostorového vymezení zjištěných faktů. Veškeré archeologické prameny zabírají určitý prostor, a proto se v dvourozměrném zobrazení (na mapě nebo v plánu) jeví jako plochy neboli polygony (třebaže v určitém měřítku může být účelné pracovat s archeologickými entitami jako s body). *Polygonem* rozumíme souvislou část dvojrozměrného prostoru, vymezenou obvodovou linií, kterou lze dále zjednodušit zadáním určitého počtu lomových bodů (Neustupný 1996a).

Při syntetickém postupu jsou archeologické fakty popsány tzv. *vymezujícími polygony* (delimiting polygons, *ibid.*), tj. polygony, které odpovídají pozorovanému nebo předpokládanému tvaru daných archeologických celků. Takovým polygonem je např. plocha mohyly, opevněného areálu nebo plocha komponenty, zjištěné při povrchových sběrech.

Naproti tomu při analytickém postupu polygony zpravidla určité fakty nevymezují, nýbrž „zahrnují“. Polygony jsou vymezovány bez ohledu na předpokládaný rozsah konkrétních archeologických faktů, zpravidla jako (menší) arbitrární sektory určitého území, které mohou obsahovat (zahrnovat) určitý počet dílčích sledovaných jevů. Tyto polygony se proto nazývají *zahrnující polygony* (enclosing polygons, Neustupný 1996a). Zahrnujícím polygonem může být např. sektor povrchového sběru nebo jakýkoli jiný prostor, který sám o sobě nedefinuje nějaký fakt, nýbrž je celkem, v němž se sleduje přítomnost, četnost či jiné vlastnosti určitých faktů. Zahrnující polygony představují jakýsi "rastr", proložený prostorovými jevy (*ibid.*) a umožňující jejich kontinuální zobrazení, prostorové vyhodnocení a vizualizaci (výpočet trendů, mapu izolinií atd.). Tento přístup má bezprostřední návaznost na rastrové typy geografických informačních systémů.

Vztah mezi oběma typy prostorové informace je ovšem spojitý. Rozložení faktů do většího počtu zahrnujících polygonů („rastrové“ mapy) je zpravidla předstupněm k objektivnější definici vymezujících polygonů. Např. výsledky analytických povrchových sběrů jsou zpracovávány tak, že původní (zahrnující) polygony sběru jsou po vyhodnocení hustoty nálezů spojovány do nových (vymezujících) polygonů

reprezentujících sídelní komponenty (příklad viz Kuna 1998d). Podobně postupuje např. i interpretace geofyzikálního měření, při níž jsou body (de facto však polygony) jednotlivých měření spojovány do větších polygonů, odpovídajících větším plošným anomáliím - předpokládaným archeologickým objektům.

VÝZNAM NEDESTRUKTIVNÍ ARCHEOLOGIE

Význam nedestruktivní archeologie lze shrnout do několika bodů. Jedním z nich je především možnost získat relativně vyvážené *informace o větších prostorových celcích archeologických pramenů*, které nelze prozkoumat archeologickými výkopy. Velké souvislé plochy krajiny dnes lze sledovat nejen leteckým snímkováním a povrchovými sběry, ale i jinak, např. moderní geofyzikální technikou. Nové typy geofyzikálních přístrojů nejen neustále zpřesňují, ale i zrychlují svá měření, takže i ony dnes mohou být prostředkem mapování celých areálů (srov. Becker 1996 ed.). Nedestruktivní metody se tedy logicky stávají základním východiskem výzkumu v *sídelní a krajinné, resp. prostorové archeologii* (kap. 12.).

Nedestruktivní metody také podstatně *rozsířují datovou základnu*, a to zejména pro areály, které bývají jinak nalézány jen vzácně (např. neolitické rondely a jiné typy ohrazených areálů; srov. situaci v jižním Bavorsku, kde bylo leteckou prospekci posledních let zjištěno cca 90 ohrazených areálů starší doby železné, přičemž z předchozích archeologických výkopů jich bylo známo jen devět; Leidorf 1996; zde obr. 1.3.). Sám početní nárůst není významný jen z hlediska památkové ochrany archeologického dědictví, ale i pro otázky historické interpretace těchto areálů.

Cílená aplikace nedestruktivních metod znamená přínos i v dalších ohledech. Ukazuje se např., že nedestruktivní postupy často vedou k zjištění *nových druhů komponent*, takových, které jsou nesnadno zachytitelné při archeologických výkopech a proto unikají pozornosti. Jde např. o nové typy lineárních útvarů, které jsou v praxi často zachytitelné pouze leteckou prospekci, nebo o různé druhy komponent, které se projevují jen povrchovým výskytem řídkce rozptýlených artefaktů a ekofaktů a jsou tedy těžko zjistitelné jinak než povrchovým sběrem vedeným analytickou metodou (např. pravěké železářské a jiné výrobní okrsky, středověká pole; Neustupný - Venclová 1996, 2000 aj.). Odlišný typ dat přináší vznik nových teoretických otázek a metodických problémů, neboť nová data často nelze vtěsnat do tradičních archeologických pojmů (srov. např. problém pojmu "naleziště", srov. kap. 1.3.2.).

Některé nedestruktivní postupy (zejména geofyzika a letecká fotografie) umožňují v příznivých podmínkách získat *velmi detailní obraz podpovrchových archeologických situací* (srov. obr. 1.4.); tomuto obrazu v podstatě chybí jen chronologické zařazení. Ani to však není v delším časovém výhledu neřešitelným problémem, neboť metody, které by umožnily datovat podpovrchové komplexy i bez archeologického výkopu, již v principu existují (např. datování pomocí optické luminiscence odebraných vzorků zeminy), třebaže zatím ještě nejsou běžně aplikovatelné. Je tedy možné, že v budoucnu budou vypovídací schopnosti nedestruktivních postupů rozšířeny i tímto směrem.

Ať už jsou nedestruktivní metody chápány jako archeologický průzkum nebo jako způsob výzkumu, jejich aplikace má vždy *etický rozměr*, neboť v obou případech umožňuje *prozíravější a šetrnější přístup k archeologickému dědictví*. V prvním případě jde zejména o efektivní přípravu archeologického výkopu, případně jeho vyloučení. V druhém případě vede aplikace nedestruktivních metod k možnosti těžit z informačního potenciálu archeologických pramenů a přitom v co nejmenší míře redukovat jejich tak jako tak stále se zmenšující rozsah. Bez destruktivních výkopů, prováděných na ohrožených i neohrožených lokalitách, se archeologie sice nikdy neobejde, nedestruktivní metody by se však měly stát běžnou součástí terénní práce a v případě cíleného výzkumu dokonce jejím východiskem a těžištěm.

Očekávaný etický rozměr si však nedestruktivní archeologie může uchovat jen při udržení *hlavních zásad terénní práce*, které jsou všeobecně platné a které by neměly chybět ani zde. Jen při dodržení těchto zásad může být archeologie šetrná vůči předmětu svého bádání a vůči finančním zdrojům, což v obecnější perspektivě může znamenat jedno a totéž. K zásadám terénní práce, které máme na mysli, patří zejména:

- přesná lokalizace každého polygonu výzkumu (nálezu, pozorování) standardním způsobem;
- explicitní popis metody sběru, zejména principů výběru zkoumaného území, polygonů výzkumu, intenzity výzkumu atd.;
- dodržení rozumné intenzity výzkumu v případech, kdy nejde o čistě nedestruktivní postupy (např. při povrchových sběrech, provádění mikrovrypů a vzorkovacích sondáží apod.);
- zajištění vhodného trvalého uložení všech odebraných movitých předmětů (nikoliv jen jejich části - to platí zejména pro povrchové sběry);
- včasné zveřejnění informací, a to podáním zprávy pro veřejně přístupný informační systém, vypracováním nálezové zprávy a publikací.

DYNAMIKA POVRCHU KRAJINY V HOLOCÉNU

(D. Dreslerová)

KRAJINNÉ PRVKY A PROCESY

Nedestruktivní archeologie provádí svá pozorování na povrchu nebo nad povrchem současné krajiny, případně jen malými sondami zasahuje pod povrch terénu. Pohled z povrchu má své výhody i nedostatky. K výhodám patří rychlejší postup a potenciálně větší prostorový rozsah výzkumu, k nevýhodám omezený přístup k archeologickým situacím, které jsou uloženy hlouběji pod povrchem terénu a které se na povrchu terénu nikdy neprojevovaly nebo již neprojevují. *Aktuální povrch krajiny je výsledkem dlouhodobých procesů, při kterých mnoho archeologických pozůstatků zaniklo, bylo překryto dalšími vrstvami, nebo bylo zarovnáno tak, že nezanechávají reliéfní stopu.* Znalost těchto procesů je proto pro interpretaci dat získaných nedestruktivními technikami mimořádně důležitá. Zaměříme se zde především na procesy, které podstatně ovlivnily zachování archeologických pramenů, tedy na erozi půdy a erozi říčních údolí, na proces míšení půdních horizontů (pedoturbaci) a proces přemísťování půd a sedimentů člověkem (rekultivace). Pozornost je věnována zejména krajinným změnám, které probíhaly v nejmladším geologickém období - holocénu a které se tedy týkají archeologických pramenů z období mezolitu až novověku. Nedestruktivní archeologie se sice musí zabývat i pozůstatky období starších (paleolitu), ale jejich problematika je natolik odlišná a složitá, že ji z velké části ponecháváme specializovaným publikacím. Některé obecné formulace ovšem platí pro vývoj krajiny jak v holocénu, tak v obdobích starších.

Krajina se dělí na dvě hlavní složky či skupiny prvků: *konstantní prvky* a *dynamické prvky*. Jejich rozlišení je relativní a vztahuje se k času. Z pohledu holocenního období jsou konstantními ty prvky prostředí, které potřebují ke změně statisíce až miliony let, např. pohoří, umístění říčních údolí. Jako příklad uveďme říční terasy spodního a středního pleistocénu, výplavové kužele nebo morény pleistocenních ledovců. K dynamickým prvkům krajiny patří zejména tzv. *dynamická sedimentační prostředí*, v němž jsou procesy akumulace a eroze sedimentů relativně aktivní a poskytují málo stability k tvorbě půd. V současnosti patří v evropském kontextu k dynamickým prostředím zejména říční údolí, delty, tzv. wetlands (močály), prostředí písčových dun, mořská pobřeží a určité typy svahů. Dynamické části krajiny jsou charakterizovány střídáním podmínek stability, depozice a eroze. Například dlouho stabilní niva se při velké povodni může náhle změnit v aktivní prostředí.

Povrch krajiny byl utvářen především erozně akumulacími procesy, jejichž vznik a průběh spočíval v kombinaci geomorfologie, klimatických vlivů a v holocénu stále více i činnosti člověka. Archeologické prameny jsou vystaveny stejným vlivům jako okolní krajina. Po zániku areálů aktivit je zachování nebo zničení jejich pozůstatků otázkou geomorfologických procesů; v erozním prostředí budou situace *in situ* zničeny, v akumulacím prostředí pohřbeny sedimenty. V relativně stabilním prostředí, kde erozní a akumulací dynamika není výrazná, zůstanou stopy minulých činností víceméně zachované v původní poloze.

Eroze znamená odnos materiálu neboli relativní snižování zemského povrchu. Probíhá na všech geomorfologických úrovních (od celých kontinentů nebo pohoří až po odnos půdy z malých částí zemského povrchu) a ovlivňuje utváření Země prakticky od okamžiku vzniku pevné kůry zemské. Mechanismy eroze jsou různé a jejich

vzájemný podíl nebyl ještě zcela vyřešen (Kukal 1983). *Akumulace* je opakem a přímým důsledkem eroze, neboť erodovaný materiál se někde musí uložit; dochází k tomu tam, kde materiál dosáhne lokálně nejnižšího bodu, narazí na překážku nebo klesne unášecí síla vody natolik, že není schopna transportovat částice.

Eroze se dělí podle různých kritérií: (a) *podle prostředí*, ve kterém probíhá (např. svahová, říční), (b) *podle způsobu*, jakým probíhá (např. vodní, větrná, mechanická, chemická) nebo (c) *podle druhu materiálu*, který je erodován (např. eroze půdy). Klíč k rekonstrukci erozně akumulačních procesů je uložen v sedimentech, půdách a erozních kontaktních zónách. Sedimenty poskytují informaci o depozičních procesech a specifickém charakteru minulého prostředí; půdy znamenají fáze stabilního vývoje krajiny, erozní události pak epizody krajinné degradace (Waters 1996).

VĚTRNÁ EROZE

Větrná (eolická) eroze je závislá na síle větru, váze, velikosti a tvaru horninových částic, které vítr přemísťuje, dále na expozici horninových částic na povrchu, na vlivu rostlinného krytu a vlivu živočichů a člověka. Uplatňuje se zejména v aridních (pouštních) a semiaridních podmínkách. V našem podnebném pásu má větrná eroze ve srovnání s erozí vodní celkem nepatrný význam. Přesto je nutno s jejími účinky počítat jak při vyhledávání archeologických lokalit, tak při kritickém hodnocení jejich nedostatku.

Nejviditelnějším výsledkem větrné eroze jsou usazeniny eolických písků nebo-li písečné přesypy či duny. Usazovaly se zejména v pleistocénu (geologové zpravidla pro toto období používají termín *naváté písky*), ale i v holocénu (*váté písky*). Zejména v aridních oblastech a pobřežních oblastech je tvorba dun velmi rozsáhlá. V Čechách vyskytují především v Polabí (obr. 2.1.), a na jižní Moravě. Písečné přesypy byly vyhledávanou sídelní polohou v mezolitu (např. lokality Kozly nebo Hořín na Mělnicku, Sklenář 2000), ale i v pozdějších obdobích. V údolních nivách soutokové oblasti Moravy a Dyje nesou přesypy navátých písků stopy osídlení od mezolitu až po období raného středověku (Havlíček - Peška 1992). Rovněž velkomoravské hradiště Mikulčice dokonale využilo terén říční nivy a obsadilo polohy na písečných dunách mezi rameny řeky Moravy, které byly také osídleny již v mezolitu, neolitu, eneolitu a době bronzové. Stejná situace platí i pro hradiště Pohansko u Břeclavě (Havlíček - Procházka 1991).

Existují doklady, že eolické pochody pokračovaly i v holocénu. Na lokalitě Kozly (okr. Mělník) překryla celkem nevelká (cca 10 cm) vrstva vátého písku jedno z mála zachovalých sídlišť kultury se zvoncovitými poháry na našem území a uchránila ho od zničení orbou (Zápotocký 1960). Stáří převátí není přímo známo, z kontextu nálezu však vyplývá, že je mladší než eneolitické. V této oblasti, která má nejvyšší potenciální větrnou erozi v Čechách dochází i v současnosti k prachovým a pískovým bouřím, kdy se povrch zanáší slabými písčitohlinitými závějemi.

Na ztenčování půdního pokryvu větrná eroze zřejmě po celý pravěk ani raný středověk většího podílu neměla, a to pro malý rozsah jednotlivých polí a zapojený vegetační kryt. Naopak, v posledních padesáti letech se větrná eroze půdy stala problémem, neboť byla kolektivizací scelena pole, byly odstraněny meze a porost na nich, působící jako přirozená protierozní ochrana. K větrné erozi půdy dochází, když jsou půdy vyschlé; hlinité a jílovité půdy jsou k vysychání náchylné méně než lehčí půdy písčité. Větrná eroze pravděpodobně nezpůsobuje přemístění artefaktů do druhotné polohy, ale může kromě převátí způsobit jejich vystavení na povrch, kde jsou vystaveny povětrnostním vlivům a následně se rozpadají.

EROZE A AKUMULACE ŘÍČNÍCH ÚDOLÍ

Vznik a utváření říčních údolí nastává účinkem proudící vody. Vodní erozi dělíme na erozi *plošnou, vertikální, laterální a zpětnou*. Plošná eroze znamená odnos materiálu z celé plochy údolí, nebo svahu. Vertikálně se zařezávají aktivní koryta vodního toku, laterální eroze znamená boční posun říčního koryta a zpětná eroze ústup říčního koryta (např. pod vodopádem) nebo strmého svahu vlivem eroze.

Účinky eroze vlivem katastrofických a extrémních událostí zpravidla převyšují účinky eroze pravidelné. V praxi to znamená, že např. nánosy sedimentů v nivě mohou být jak výsledkem staletého pravidelného nanášení za určitého klimatického režimu, tak výsledkem jediné prudké letní povodně způsobené několikadenními přivalovými lijáky.

Říční údolí jsou v holocénu nejdynamičtějším sedimentačním prostředím, které se stále mění. Z toho důvodu je archeologický záznam v tomto prostředí velmi fragmentární. Přesto může být velmi cenný, neboť nivy mohou pod naakumulovaným materiálem skrývat artefakty z organických materiálů, které se dobře zachovávají ve vlhkém prostředí (dřevěné konstrukce, můstky, hatě, rybářské vrše, lodě, ale i třeba nádoby), a přírodní fakty, obsahující informace o vývoji vegetace, klimatických změnách, antropogenním ovlivnění povodí apod.

Pro tvorbu údolí je nejdůležitější poměr mezi sedimentací (akumulací) a odnosem (erozí) materiálu vyvolaných činnostmi toku. Pokud převažuje akumulace, narůstají sedimenty a údolí se zarovnáává. Při převaze eroze se údolí zahlubuje. Pokud jsou oba procesy v rovnováze, niva se rozšiřuje boční erozí která bývá mnohem rychlejší než eroze vertikální. Historicky je dokumentován laterální přesun řečiště Rýna u Karlsruhe, které se v letech 1770-1790 posunulo o 500 m (Kukal 1983). Podobná rychlost byla pozorována i na Labi u obce Ostrá (okr. Nymburk).

Výsledkem střídajících se erozních a akumulacních procesů jsou říční terasy (obr. 2.2.). Jsou tvořeny obvykle šterkopísky různé zrnitosti a jsou stupňovitě vyvinuty v různých výškách nad řekou (Waters 1996). Podle způsobu vzniku se dělí se na akumulacní a erozní, přičemž oba typy teras se mohou vyskytovat najednou ve stejném údolí.

Tvorba akumulacní terasy probíhá ve dvou krocích. Nejprve vznikne v údolí laterální a vertikální akrecí (přirůstáním) silná vrstva sedimentů. Potom se řeka zařizne do sedimentů, údolí se prohloubí a zanechá původní povrch nivy jako povrch nově vzniklé terasy. V okamžiku, kdy řeka zastaví zařezávání, stabilizuje svůj tok na nižší úrovni. Laterálními pohyby meandrů eroduje starší sedimenty a vytváří novou úroveň nivy, která je oddělena od terasy strmým erozním svahem. Jak řeka meandruje, eroduje starší údolní výplně a vytváří novou úroveň nivy. Aby mohla řeka stejným způsobem vytvořit další terasu, musí opět agradovat dostatečné množství sedimentů (obr. 2.2.a).

Povrch erozní terasy vznikne laterální erozí předcházejících starších sedimentů. Terasa se znovu tvoří ve dvou fázích. Nejdříve se říční koryto bočně pohybuje z jedné strany údolí na druhou a vymílá a zarovnáává povrch. Migrující koryto zpravidla zanechává pouze tenkou vrstvu hrubozrnných sedimentů. Potom se řeka zařizne a vytvoří se terasový stupeň. V tomto případě řeka nedeponuje aluviální uložení v nivě a povrch terasy netvoří nanesené sedimenty, ale je utvářen erozí (obr. 2.2.b).

Sídliště všech kultur se zpravidla vyskytovala v bezprostřední blízkosti toku ať už v nivě či na přilehlých terasách. Proto se archeologické nálezy mohou vyskytovat jak na terasovém povrchu, tak v terasových výplních (akumulacích), pokud jsou terasové stupně mladší než osídlení. Waters (1996) uvádí příklad paleoindiánských sídlišť ve střední Iowě, jejichž pozůstatky se nacházejí jak na povrchu teras, tak v prostoru tehdejší nivy, ale nikdy nejsou na povrchu nejnižších terasových stupňů, které se zformovaly až po paleoindiánském osídlení. Analogická je situace v údolí středního

Labe, kde se stopy mezolitického osídlení objevují na povrchu pleistocenních teras a snad i na povrchu vyššího nivního stupně, ale nikoli na povrchu nižšího stupně a dnešní nivě. Tuto situaci si nyní vysvětlíme podrobněji.

Výsledkem složitého holocenního geomorfologického vývoje je tedy podstatná ztráta informací o minulých sídelních aktivitách, ale i nebezpečí chybné interpretace jejich environmentálního kontextu. V tomto ohledu je skutečně nutné každou terénní situaci individuálně zkoumat. Jako příklad lze uvést časně eneolitický ohrazený areál v Klech, okr. Mělník, kde správné určení polohy areálu vzhledem k tehdejšímu korytu řeky může hrát podstatnou roli v jeho interpretaci. Tento areál (objeven leteckou prospekci, datován nálezem michelsberského poháru do období cca 4000-3800 BC) leží v téměř ploché krajině poblíž soutoku Labe s Vltavou na středněpleistocenní, tzv. risské terase (obr. IV). V dnešní době není na umístění příkopů nic nápadného; terasa tvoří v místě areálu nevýraznou ostrožnu polokruhového tvaru, která je asi ze tří čtvrtin zachována v původní podobě. Ze tří stran je terasa lemována zbytky tzv. vyššího nivního stupně s povrchem kolem 4 m nad hladinou současného toku, ze zbývajících strany je šíje ostrožny přeřata trojitým příkopem. V době existence areálu bylo koryto Labe hluboce zaříznuté do údolního dna, a to až 12 m pod úroveň povrchu risské terasy. Vzdálenost tehdejšího toku od opevněného areálu není bohužel známa, teoreticky se koryto mohlo nacházet kdekoliv v prostoru západně od lokality a to až do vzdálenosti 1 km. Dnešní regulovaný tok je asi 600 m daleko, na 1. vojenském mapování z konce 18. století je zachycen pouhých 150 m od lokality. Pokud by se tok pohyboval někde v blízkosti lokality, pak by se ostrožna nacházela ve výrazně dominantním postavení nad řekou. V tom případě by se dalo uvažovat o jejím strategickém významu například ve vztahu ke kontrole vodní cesty po Labi. Jestliže Labe teklo ve velké vzdálenosti, pak ohrazení přetínalo celkem nevýrazný ostroh v jinak plochem terénu, protkaném zaniklými meandry časně holocenního Labe, z nichž jeden, patrně ještě zavodněný, ležel v těsné blízkosti ostrožny. Strategický význam ostrožny by byl patrně zanedbatelný a její funkci by bylo třeba interpretovat jiným způsobem.

NÁRŮST A ÚBYTEK PŮDNÍHO POKRYVU

Vznik půdy

Půda je přírodní útvar, který se vyvíjí z povrchových zvětralin a organických zbytků působením půdotvorných faktorů (klima, vegetace, mikroorganismy, podzemní voda aj.). Od okamžiku vzniku půdy musíme ale paralelně s jejím vývojem počítat i s jejím rozrušováním a přemísťováním, tedy s erozí a následnou akumulací půdního sedimentu. Ve starších geologických obdobích byly tyto procesy patrně vázány na významné orogenetické a klimatické změny, provázené radikální změnou rostlinného krytu. Během pleistocénu došlo v důsledku působení periglaciálních a glaciálních geomorfologických procesů buď k fosilizaci starších půd (jejich překrytí sedimenty) nebo k jejich erozi (obecně k půdám: Němeček - Smolíková - Kutílek 1990; Tomášek 2000).

Nová půda se začala vyvíjet snad v závěru pleistocénu, ale spíše až na počátku holocénu. Rychlost půdního procesu není přesně objasněna, stejně tak jako stav půdního pokryvu na začátku neolitu. Rychlost tvorby půdy je závislá na půdotvorných faktorech a půdotvorném substrátu. Na některých substrátech se půda tvoří poměrně rychle; má-li dobré podmínky dokonce velmi rychle, zejména na spraši. Průměrná rychlost tvorby půd v evropském mírném pásu se odhaduje asi na 1-2 cm za 100 let. Na písčitém nezpevněném materiálu vznikne půdní profil za 100-200 let, na spraši v dobrých podmínkách snad dokonce za několik let, jak naznačují nálezy z Číny

(Kukal 1983). Na pevných horninách se naopak tvoří půda i za výhodných podmínek velmi pomalu, řádově v tisíci letech.

Zvláštním případem je vznik *antropogenních půdních horizontů*, tzv. Plaggenesch nebo Plaggen soils (Behre 1980). Jsou známy z pobřežních oblastí severního Německa a Holandska. Vznikají tak, že se chudé písčité nebo slatinné půdy intenzivně vylepšují přineseným materiálem, kterým je vrchní vrstva půdy rašelinišť (i s rostlinami), obohacená o hnůj. Mocnost takto „vyráběné“ kvalitní půdy se rychle zvětšuje. Vylepšování půdy naneseným půdním materiálem je v Německu známo již v předřímské době železné („Celtic fields“ v Dolním Sasku), v době římské i v době stěhování národů. Plně se pak tzv. Plaggenwirtschaft rozvinulo ve středověku, kdy se uplatňovala specializovaná produkce žita. U nás zatím doklady podobného postupu nemáme, ale není vyloučeno, že tato praxe mohla být v oblastech chudých půd také provozována.

Svahová eroze

Z archeologického hlediska je závažný i proces úbytku půdy, tzv. *eroze půdy*. K té dochází nejčastěji v rámci *eroze svahové*. Svahová eroze patří k významným činitelům zániku archeologických lokalit, které bývají často umístěny na mírných svazích nebo poblíž terénních zlomů a hran.

Svahy zaujímají 90% povrchu souše. Hranice mezi rovinou a svahem se zpravidla klade na rozhraní sklonu 2 stupňů. Zvětrávání uvolňuje na svahu materiál, který je působením erozních činitelů transportován k dolní hranici svahu, kde se buď uloží nebo je odnesen působením fluviálních, glaciálních nebo marinních činitelů. Akumulované produkty eroze na úpatích svahů, dnech údolí nebo v jiných typech „prohlubní“ se nazývají *koluviální (deluviální) sedimenty*. Koluvia tvoří veškerý netříděný erodovaný materiál. Pokud se erodovaný materiál akumuluje pomocí proudící vody, nazývá se *fluviální sediment* (v anglickém prostředí *aluviální*), částice tohoto sedimentu jsou tříděné podle unášecí schopnosti toku. V občasně nebo sezónně protékanych údolích, kde se střetávají účinky svahové eroze s vodní, se nacházejí smíšené *deluviofluviální sedimenty*.

K erozi půdy na svahu dochází kombinovaným působením gravitační síly a vody. Hlavní typy eroze půdy na svazích jsou (a) *eroze tekoucí vodou*, (b) *sesuvy půdy* a (c) *bahnotoky*. Intenzitu eroze půdy ovlivňuje morfologie zemského povrchu, množství srážek, složení půd, vegetační kryt a geologický podklad. Tam, kde není povrch chráněn vegetací, uplatňuje se zejména přemístování půd tekoucí vodou, tj. tzv. *splach (ron)*, který se může dít v plošné formě nebo ve stružkách.

V holocénu se k příčinám eroze přidal i vliv člověka a postupně se rozhodujícím faktorem stala zemědělská výroba. Proměna vegetačního krytu jako následek odlesňování a přechod na zemědělské využívání (pěstování polních plodin a pastva) mělo za následek výraznou změnu hydrologických poměrů. Ta se výrazně projevila zintenzivněním (několikanásobným zvětšením) povrchového odtoku. S odstraněním vegetace vzrůstá rychlost eroze až tisíckrát. Nejméně náchylné k erozi jsou zapojené lesy a zavodněné pastviny v humidní zóně, nejvíce náchylná jsou pole a zahrady. V zeměpisných šířkách mírného pásu existuje velký rozdíl mezi erozním účinkem pěstování jařin a ozimů, u kterých je míra eroze několikanásobně vyšší. K erozně nejnebezpečnějším novodobým plodinám patří brambory a kukuřice.

Eroze půdy v pravěku a době dějinné

Přírozené příčiny eroze půdy v holocénu v mírném klimatickém pásmu byly pravděpodobně nepatrné a nejvýznamnějším erozním faktorem se postupně stala zemědělská činnost. Intenzita eroze závisí na způsobu obdělávání polí i pastvy.

Samotné odlesnění ke zvýšení eroze přispěje jen epizodicky. Odlesněná půda zarůstá v našich klimatických podmínkách velmi rychle náhradní vegetací, zpočátku travinnou a velmi rychle keřovitou, která vytváří značně účinný náhradní pokryv.

Po iniciálním vypálení porostu při zakládání polí se zemědělská výroba ve starší části pravěku odehrávala pouze na malých roztroušených plochách, které nadto díky primitivním způsobům obdělávání nebyly nikdy zcela zbaveny drnu. Odhady rozsahu odlesněných a orbou obdělávaných ploch se pohybují v malých hodnotách, řádově desítek hektarů na jednu komunitu, celkový rozsah odlesněné plochy v nížinných oblastech se mohl pohybovat kolem 20% (Dreslerová 1995b). Nebezpečí eroze půdy stoupá, je-li odlesněná plocha trvale udržována bez porostu nebo intenzivně spásána. V neolitu se pole obdělávala pomocí motyk nebo kopáčů. To bylo možno provádět jen na určitém typu půd; těžší hlinité či jílovité půdy obdělávány nebyly. Půda se rozrušovala jen v horních 5-10 cm a hloubka orby se příliš nezvětšila ani po zavedení oradla v eneolitu. Pole zůstávala rozsahem malá, pravděpodobně čtvercového tvaru. Na základě nálezů ze západní Evropy jsou již od doby bronzové doloženy hranice mezi poli v podobě kamenných či jiných zídek. Při předpokladu přílohového hospodářství musíme počítat s tím, že všechna pole měla jakási ohrazení na ochranu úrody či naopak na ochranu domácích zvířat spásajících úhory. Orba se prováděla křížovým způsobem se zachovanými úvratěmi na všech čtyřech stranách. Všechny zmíněné faktory působily jako účinná protierozní ochrana (obr. 2.6.). V době železné k nim přistupuje také dokonalejší zpracování půdy plazovým rádlím a železnou radlicí a velká pestrost pěstovaných plodin.

Často se jako jedna z příčin eroze uvádí vyčerpání půdy pěstováním kulturních plodin, vedoucí ke zhoršení jejích chemických vlastností a retenční schopnosti. Tento názor je ale zvolna opouštěn, neboť existují doklady, že pole byla už v pravěku různými způsoby hnojena nebo přihnojována, a to zejména přirozenou cestou domácími zvířaty, spásajícími úhory. Dalším vylepšením skladby půdy mohlo být pěstování luštěnin, které dodávají do půdy dusík odebraný obilovinami. Od doby římské je doloženo, že se některé luštěniny zaorávaly zelené jako zelené hnojivo (Barker 1985, 46). C. Bakkels (1996) přinesla důkazy o hnojení polí v době bronzové. V pobřežních oblastech západní Evropy se hnojilo chaluhami (Bell 1981), pravděpodobně také přinejmenším od doby bronzové. *Půda se tedy v pravěku zřejmě nevyčerpávala tak silně, jak se někdy předpokládalo, a tím také zřejmě nevyvstaly příčiny pro extenzivní rozšiřování orné plochy.*

Ve středověku dochází k podstatné změně obdělávání polí. Přílohový systém se změnil na trojpolní s poli uspořádanými do honů, které byly stejným způsobem obdělávány s rotací ozim-jař-úhor. Mělká křížová orba rádlím ustoupila hlubší jednosměrné orbě pluhem, tvar pozemku se změnil na dlouhý pruh s úvratěmi pouze na kratší straně a s prodloužením erozně nebezpečné nepřerušené délky svahů. Hlubší orba a pěstování monokultur s převážným obilnářstvím rychle vyčerpávaly půdu a narušovaly její přirozené protierozní účinky. Středověká kolonizace 13.-14. století rozšířila plochu orné půdy na úkor lesního krytu i v oblastech vysoko položených pahorkatin. V průběhu 14. století se v řadě erozně exponovaných oblastí vyvinul nepříznivý poměr mezi rozsahem lesní a zemědělské půdy. Např. Dražanská vrchovina byla téměř z 80% odlesněna, tedy asi o 14% více než dnes (Černý 1973b).

Všechny jmenované změny zemědělského systému měly za následek nadměrné zvýšení eroze půdy. O jejím rozsahu si můžeme udělat představu na základě zachovaných sedimentů především v údolích velkých řek.

Trojpolní systém byl později nahrazen systémem střídavého pěstování rostlin a z hlediska protierozní ochrany výhodnějším systémem záhumenicových plužin, kdy bylo možno vhodněji rozložit výrobní plochy v členitém reliéfu. V důsledku třicetileté války klesl prudce počet obyvatelstva i intenzita zemědělské výroby, včetně

opětovného zalesnění některých lokalit, obvykle území s méně úrodnými půdami (např. Klánovický les u Prahy). To se přirozeně projevilo i poklesem erozních procesů. K prudkému nárůstu eroze dochází opět v období 1750-1850 a od počátku 20. století, s vrcholem v období po 2. sv. válce, kdy byla pole sloučena do obrovských celků, zničeny meze, remízky a jiné přirozené protierozní zábrany a zvýšil se podíl pěstování vysoce erozně nebezpečných plodin (kukuřice). Ke svahové erozi se za těchto podmínek opět přidružuje i eroze větrná. Podle Van Vliet-Lanoe et.al. (1992) se eroze 20. století intenzitou blíží velkým erozním procesům z časného glaciálu (obr. 2.7.).

Archeologické doklady erozních a akumulčních procesů

První specializovaný sborník věnovaný erozi půdy vyšel v Británii počátkem 90. let (Bell - Boardman eds. 1992), takřka zároveň byla pojednána i dynamika aluviálního prostředí (Needham - Macklin 1992). Všeobecně se konstatuje, že minulá eroze je těžko poznatelná a dosud ne dobře prozkoumaný proces. M. Bell (1992) popisuje zajímavé příklady eroze na lokalitě Brean Down v Somersetu. Na spodku holocenního profilu je pohřbená půda s artefakty z období kultury zvoncovitých pohárů. Tato vrstva byla překryta vátým pískem (podobně jako v Kozlech), následovala erodovaná půda ze střední doby bronzové. Eroze byla tak silná, že spláchla půdu na svahu až na podloží. Půda se uložila v patě svahu mezi domy sídliště a za nimi. Podle mikromorfologické analýzy pocházela tato půda z oraného pole. Přesto, že orná půda zcela zerodovala, sídliště, ležící bezprostředně vedle pole existovalo bez přerušení ještě dalších 700 let. Není důkazu, že by tato drastická eroze donutila obyvatele sídliště se odstěhovat nebo nějak změnit svůj život, zřejmě proto, že jiné zdroje obživy či nějaké sociální důvody byly důležitější než ztráta orné půdy (Bell 1992, 30).

Také u nás zaznamenáváme zvýšený zájem o erozní a akumulční procesy. První věnoval pozornost erozi půdy ve vztahu k zachování archeologických kultur E. Neustupný (1965, 1987). L. Smejtek (1994) popsal svahovou erozi v mikroregionu malého potoka, Dreslerová (1995a, 1998) se věnovala erozním a akumulčním procesům v nivách velkých řek, na Moravě sleduje dlouhodobě nivní procesy Moravy a Dyje P. Havlíček (1994; Havlíček - Procházka 1991; Havlíček - Peška 1992). J. Beneš (1995a) shrnul dosavadní doklady eroze z Čech. Popisuje celkem 18 případů svahové či aluviální eroze/akumulace. Dochází k závěru, že zatímco v případě říčních údolí není možno zachytit pravidelné sekvence erozně akumulčních procesů, u svahové eroze je snad možno vyčlenit čtyři období "erozních vln". Je to pozdní eneolit, pozdní doba bronzová, konec doby římské a vrcholný středověk.

PEDOTURBACE

V souvislosti se změnami půdních povrchů je třeba se zmínit ještě o jevech, které se označují souborným názvem *pedoturbace*. Pod tímto názvem se skrývají procesy homogenizace půdního profilu, tedy jeho narušování či smíchávání jednotlivých horizontů. z hlediska archeologie je to důležitý proces, protože při něm může docházet k druhotnému přemístování artefaktů v půdě. Příčiny pedoturbačních procesů jsou shrnuty v následující tabulce 2.1. (podle Wood-Johnson 1978, 318).

Vlivy všech pedoturbačních procesů jsou důležité zejména při zkoumání starších - předholocenních období pravěku. Pro účely této publikace, zaměřené především na problematiku holocénu, postačí, zmíníme-li se o prvních dvou faktorech, a to faunaturbaci a floraturbaci (někdy se vyskytuje termín *bioturbace* tj. promísení půdního profilu půdním edafonem - Němeček a kol. 1990).

Faunaturbace znamená smíchávání nebo přemístování zeminy organismy a živočichy, mravenci počínaje a hlodavci či savci vytvářejícími nory konče. Již Ch. Darwin popsal, že na jeho zahradě v Anglii proženou dešťovky svým trávicím ústrojím

na 1 hektaru 3600 kg hlíny za rok (cit. Kukul 1983). Jeho pozorování bylo později mnohokrát ověřeno. Dešťovky půdu nejen převracejí, ale přemísťují i poměrně velké předměty uvnitř profilu, takže se artefakty původně ležící na povrchu mohou dostat i do poměrně velkých hloubek (až asi do 1 m) a tam v určité hloubce vytvořit i umělou „sídlitní“ vrstvu, obsahující množství zcela nesouvisejících artefaktů (Wood- Johnson 1978). Dopad činnosti větších zvířat, které si vytvářejí nory, na porušení vrstev či výplní objektů je dostatečně známa. Zajímavé příklady destrukce *nadzemních* objektů bioturbací byly pozorovány Vnějších Hebridách.

Při povrchovém průzkumu ohrožených lokalit na ostrovech Vnějších Hebrid západně od Skotska (projekt University v Sheffieldu ve spolupráci s Archeologickým ústavem v Praze) byly registrovány nadzemní objekty nejrůznějšího stáří, které se navzdory agresivnímu prostředí stálých větrů a dešťů dodnes dochovaly díky skutečnosti, že byly po svém zániku překryty a konzervovány narůstající vrstvou rašeliny. Do kypré hlíny vyplňující volné prostory kamenných struktur se ovšem nastěhovaly celé kolonie divokých králíků, kteří roztrhali rašelinný kryt a vystavili objekty ničivé erozi (obr. VI)

Floraturbace znamená rozrušování půdy kořeny rostlin a vývraty, přičemž zejména vývraty mohou v prostředí málo mocných lesních půd způsobit značnou transformaci archeologických pramenů. Kořeny vyvrácených stromů často vynesou na povrch spolu s hlínou artefakty z kulturních vrstev a zanechají po sobě mělké prohlubně - pseudoobjekty, které mohou činit značné obtíže při interpretaci půdních profilů (Wood- Johnson 1978).

REKULTIVACE

V souvislosti s otázkami zachovalosti původního (pravěkého, středověkého) povrchu terénu je třeba se krátce zmínit o rekultivacích. Rekultivace různého rozsahu probíhaly v oblastech zvýšené eroze nebo chudých půd po staletí. Po každé větší povodni zůstaly na pozemcích kolem řeky vymleté strouhy/koryta a prohlubně, které jejich vlastníci zaváželi materiálem z okolních polí. Rovněž staré meandry řeky byly zaváženy a zarovnávány, přičemž použitý materiál mohl pocházet například ze zaniklé středověké vesnice (Dreslerová 1998). Bylo také zvykem vybírat splavenou hlínu z příkopů a vracet ji zpátky na pole či vylepšovat jiná pole horší kvality.

Výsledky rozsáhlých novodobých rekultivací popsal Kuna (1998ad; zde obr. 11.4.), přičemž nejzajímavějším příkladem je převrstvení sídlitě z doby římské materiálem z kulturní vrstvy z jiného sídlitě téhož období. Práce v dynamických částech krajiny, a dále v místech chudých a zamokřených půd, kde je vysoká pravděpodobnost, že půda byla „vylepšena“ rekultivací, proto vyžaduje zvýšenou pozornost a opatrnost při plánování povrchového průzkumu a při interpretaci nálezové situace.

ZÁVĚR

Eroze a akumulace půdy a sedimentů (a také eroze vlastních archeologických nadzemních objektů) probíhala po celý pravěk až do současnosti. V některých případech mohly jejich následky ovlivnit další vývoj ekonomiky nebo sídlení, v jiných nikoli. Zcela určitě však ovlivnily zachování a poznatelnost archeologického pramene. To musíme mít na zřeteli, pokud přistupujeme k jeho vyhodnocení. *Smysluplná interpretace prehistorie záleží na naší schopnosti porozumět geologickým procesům transformujícím archeologický záznam. Rozpoznání role těchto faktorů při formování archeologické památky pomáhá vytvořit strategii efektivního výzkumu lokalit i kritické zhodnocení staršího nálezového fondu.*

Mnoho archeologických lokalit v dynamickém sedimentačním prostředí zůstává skryto pod sedimenty, protože běžné prospekční metody, tj. povrchový sběr, mikrosondy, letecká fotografie a běžné geofyzikální nejsou schopny zachytit nálezy ve větších hloubkách. Pouze výjimečně se podaří výseky krajiny v dynamickém prostředí zkoumat klasickými archeologickými metodami plošné sondáže nebo řezů (např. při stavbě dálnic nebo produktovodů) v dostatečně velkém rozsahu. *Správný postup při každém terénním výzkumu by měl zahrnout ověření podpovrchové situace na lokalitě i v jejím bezprostředním okolí nějakým typem vertikální sondáže, nejčastěji vrtem (např. pedologickou sondou).* Rozhodně by měla být takto prověřována každá plocha zkoumaná povrchovým sběrem, pokud leží v sedimentačně dynamickém prostředí. V praxi se tento postup osvědčil při povrchovém průzkumu labského údolí, kdy byl vrtem ověřován každý jednotlivý nález pravěké a raně středověké keramiky ležící na povrchu povodňových hlín v prostoru dnešní nivy. Podařilo se tak rozpoznat, zda keramika pocházela z komponent ležících na zbytku staršího terasového stupně již částečně překrytého povodňovými hlínami (tedy *in situ*), nebo zda se dostala na místo při rekultivaci či rozplavení objektů boční erozí nejbližšího terasovitého stupně.

Jak bylo řečeno, mapa archeologických lokalit bude vždy neúplná. Abychom se vyrovnali s problémem rozdílného zachování archeologických památek, měli bychom vytvořit speciální mapy, které by, kromě tradičního zachycení polohy nálezů či lokalit, zobrazovaly také místa nadměrně mocných sedimentů či místa prokazatelně zničená holocenní erozivní činností. Zcela logicky by takové prvky měly být součástí *archeologických predikčních map*, které by měly ukazovat nejen místa potenciálních areálů, ale i místa, kde potenciální areály s největší pravděpodobností jsou překryté sedimenty nebo oderodovány. Zde přichází na řadu i aplikace geografických informačních systémů, které by mohly taková místa nejen evidovat, ale i predikovat, a to analýzou podrobné výškopisné mapy (tedy mapy sklonu svahu, konvexního či konkávního reliéfu, záplavových území atd.) v kombinaci s mapou geologickou a faktory klimatickými (teploty, srážky apod.). Údaje, zmíněné v této kapitole, ovšem dokládají, že predikce tohoto typu může ukázat jen předpoklady erozně akumulčních procesů, nikoliv jejich skutečný průběh, neboť ten má často událostní (tj. konkrétními okolnostmi způsobený) charakter.

LETECKÁ ARCHEOLOGIE A DÁLKOVÝ PRŮZKUM

(M. Gojda)

ÚVOD

Letecká archeologie patří k nejdůležitějším způsobům získávání nových archeologických dat. Žádné další metody nepracují v prostoru tak velkém jako ona a neobjevují tolik nových archeologických lokalit a nových typů objektů. Letecká archeologie a dálkový průzkum budou v blízké budoucnosti stále více integrovány do poznávání lidské minulosti a péče o kulturní dědictví. Je to patrné i z toho, jakému zájmu se těší tento obor v současné době, kdy s odstraněním „železné opony“ padly bariéry zabraňující jeho provozování v zemích bývalého sovětského bloku. Snad v žádné jiné oblasti soudobé archeologie nejsme svědky tak intenzivní mezinárodní spolupráce (Gojda 1998). Tato spolupráce vytváří podmínky pro zavádění letecké prospekce v zemích, kde k tomu zatím nedošlo (což se týká i některých států západní Evropy: Braasch 2002), k výměně informací a teoretickému a metodologickému rozvoji oboru.

Obrovský potenciál letecké archeologie se skrývá i v rozsáhlých archivech leteckých (převážně tzv. vertikálních) fotografií rozmístěných prakticky po celém světě (blíže kap. 3.6.1.). Podle věrohodných údajů (Doneus - Mayer 2001, 91) je v těchto archivech uloženo na sto milionů leteckých snímků. K jejich využití pro výzkum historické krajiny došlo zatím jen v zanedbatelné míře, ačkoliv dosavadní analýzy opakovaně prokázaly jejich hodnotu. Je nanejvýš důležité zasazovat se o postupné zpřístupnění těchto fondů, a stejně tak usilovat o odstranění legislativních a byrokratických překážek v oblasti letecké prospekce, fotografování z malých výšek a publikování leteckých snímků.

VYMEZENÍ METODY

Základní pojmy a definice

Činnosti spojené s interpretací obrazových pramenů, s vizuálním průzkumem krajiny a pořizováním dokumentačních snímků z výšky (v řádech stovek metrů - stovek kilometrů) lze označit souhrnným pojmem *letecká archeologie*. Zatímco v minulosti byl tento pojem víceméně synonymem pro letecký průzkum (prospekci), leteckou fotografii či letecké snímkování, dnes se chápe jako pojem nadřazený, integrující ve svém obsahu výše uvedené (a některé další) aktivity. Leteckou archeologii chápeme jako obor, který ve své náplni integruje dva aspekty: průzkumný a dokumentační. Širší vymezení tohoto oboru předpokládá, že vedle vlastní prospekce archeologických objektů a komponent nás zajímají i ty kategorie kulturní krajiny, které není třeba hledat, protože jsou více či méně dobře zachované a viditelné. Jsou to např. historická jádra měst a vesnic, jejich plážiny, opevněná sídla, komunikace aj. V tomto pojetí je letecká archeologie nedílnou součástí krajinné archeologie (historie). Poznatky získané jejími metodami jsou pro analýzu a rekonstrukci zaniklé krajiny v mnoha případech rozhodující, protože díky jejich velkému prostorovému záběru lze s jejich pomocí

hledat a rekonstruovat vazby mezi sídelními jednotkami, jejich hospodářským zázemím a okolním přírodním prostředím.

Letecká archeologie má samozřejmě své meze, které je třeba při její aplikaci brát v úvahu. Je to především problém časového zařazení identifikovaných objektů. Chronologické zařazení podpovrchových reliktnů lze určit nanejvýš s jistou dávkou pravděpodobnosti, a to na základě srovnání jejich morfologie s tvary objektů datovaných jinými terénními metodami. Proto zdůrazňujeme potřebu kombinovat různé metody nedestruktivního výzkumu, protože tímto způsobem se jejich potenciál výrazně zvyšuje.

Od 90. let 20. století se v evropské archeologii stále častěji setkáváme i s aplikací dat dálkového průzkumu Země (DPZ). Využití družicových snímků pro potřeby archeologie jsme ovšem mnohem dříve zaznamenali v projektech amerických archeologů, kteří navíc termín dálkový průzkum - remote sensing (in archaeology) používají jako synonymum k evropskému pojmu letecká archeologie (srov. Gojda 1997a). *Dálkový průzkum Země* je mezioborová disciplína, jejímž úkolem je získávat informace o Zemi pro rozličná odvětví vědy. Spočívá v bezkontaktním sběru informací o terénu a objektech na něm ležících. Na rozdíl od klasické fotogrammetrie, která se zabývá především metrickým zpracováním obrazových záznamů, DPZ sleduje především interpretační, sémantickou stránku dat. Přesnost polohové identifikace pozorovaných jevů je v DPZ na druhém místě, ale v mnoha případech (např. právě při aplikaci v archeologickém výzkumu) je přesné určení polohy objektů stejně důležité jako klasifikace jejich vlastností. Většinou je DPZ spojován s využitím družicových snímků, ale rychlý rozvoj digitálních technologií přenesl některé způsoby pořizování speciálních dat (termovize, radarové a laserové systémy) i na nosiče operující v menších výškách (letadla, podrobněji kap. 3.6.2.).

Cíle letecké archeologie

Informace získané leteckou archeologií slouží primárně potřebám studia historické (míněno pravěké, středověké a novověké) krajiny a pozůstatků aktivit člověka v ní. Za hlavní cíle letecké archeologie považujeme:

- plošný průzkum krajiny z výšky, sledující identifikaci dosud nevidovaných archeologických památek, buď částečně zachovaných, nebo nezachovaných v reliéfní podobě (viz 3.5.);
- dokumentaci kulturní krajiny (nemovitých památek, reliktnů původního přírodního prostředí a projevů tafonomie krajiny; viz 3.5.);
- získávání informací z leteckých a družicových snímků, pořizovaných za jiným účelem než je archeologická prospekce a studium historické krajiny (viz 3.6.);
- evidenci, uložení a odbornou analýzu získaných dat, jejich využití ve vědecké práci a ochraně kulturního dědictví.

V teoretickém výzkumu se data letecké archeologie využívají zejména k řešení otázek sídelní a krajinné archeologie, tj. např. způsobů využití krajiny, struktury sídelních areálů apod. (viz kap. 3.2.3.).

Využití dat letecké archeologie

Letecká archeologie rovnoměrně přispívá do třech základních oblastí, které charakterizují náplň soudobé archeologie. Tyto oblasti jsou:

(1) *Tvorba pramenné základny*. Letecký průzkum významně rozšiřuje heuristické možnosti archeologie. Např. podle údajů organizace English Heritage byla asi jedna pětina všech známých archeologických lokalit v Anglii odhalena leteckým průzkumem (ústní sdělení C. Stoertz), podle jiných zdrojů bylo ve Velké Británii 50% všech nalezišť v nížinách identifikováno leteckou archeologií (Hanson - Oltean 2002, 109).

Velký nárůst nových lokalit při průzkumu Žatecka uvádí i Z. Smrž (1999, 525; zde kap. 3.7.2.). Tyto a další statistiky jednoznačně dokazují efektivitu letecké archeologie v oblasti průzkumných metod.

(2) *Řešení teoretických témat.* Letecká archeologie není jen čistě prospekční metodou, předcházející terénnímu výzkumu, nýbrž autonomní disciplínou sledující svébytné poznání archeologických pramenů (viz kap. 1.1.). Letecký průzkum bývá nedílnou součástí výzkumu zaměřeného na poznání regionálních dějin osídlení, sídelní dynamiky, identifikaci uzlových bodů pravěké sídelní sítě a analýzu vztahů mezi areály. Možnosti letecké archeologie k řešení takových témat jsou často rozhodující v tom smyslu, že jejími metodami shromažďované prameny přinášejí soubor dat (jehož vlastnostmi jsou především početnost a různorodost), který v určitém krajinném prostředí (např. na dobře vyvinutých říčních terasách) nelze jiným způsobem shromáždit.

(3) *Ochrana kulturního dědictví.* Cílem leteckoarcheologických projektů zaměřených na ochranu a dokumentaci 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, případně filmu. Letecké fotografie slouží jednak ke sledování stavu památek, resp. změn, k nimž u nich v průběhu času dochází, jednak k jejich možné identifikaci na zemi (v terénu) a k zaměření jejich polohy. To umožňuje zkvalitnit praktickou a legislativní ochranu nemovitých památek.

Základní literatura a další informace

Letecká archeologie je tématem, které zejména v posledním desetiletí obohatilo odbornou literaturu o velký počet publikací. Východiskem k jejich studiu je *Bibliografie letecké archeologie*, která vyšla roku 1999. V jejím autorsky řazeném soupisu je shromážděno více než 3000 titulů, které byly na téma letecké archeologie publikovány od jejího vzniku prakticky do současnosti. Tato úctyhodná práce byla vydána „Interdisciplinárním centrem pro letecký průzkum“ (CIRA) v Belgii, resp. péčí jeho spoluzakladatele C. Lévy. CIRA je také vydavatelem čtvrtletníku *Bulletin du Centre Interdisciplinaire de Recherches Aeriennes*, kde jsou kromě příspěvků na téma leteckého průzkumu pravidelně publikovány výtahy z nových prací a recenze. Dvakrát do roka vychází v Anglii časopis *AARGnews - The Newsletter of the Aerial Archaeology Research Group*, který vydává původně britská, dnes již mezinárodní „Výzkumná skupina pro leteckou archeologii“ (AARG). V tomto periodiku jsou publikovány zprávy o aktuálních projektech, o rozvoji metod v oboru letecké fotografie včetně aplikace dálkového průzkumu, GIS a GPS, o konferencích a mezinárodních kurzech letecké archeologie, o novinkách odborné literatury. Z renomovaných archeologických časopisů věnuje tradičně největší pozornost letecké archeologii britský čtvrtletník *Antiquity*. Tradice prezentovat zde výsledky letecké archeologie se zrodila ve 20.–50. letech 20. století, tedy v dobách, kdy v tomto časopise působil jako editor jeho zakladatel (a zároveň též zakladatel letecké archeologie) O.G.S. Crawford.

V následující části kapitoly přinášíme přehled nejdůležitější literatury z oboru letecké archeologie podle jednotlivých témat. Další literatura je uváděna přímo v textu jednotlivých kapitol.

Tab. 3.1. Přehled nejvýznamnějších internetových stránek na téma letecké archeologie.

ADRESA STRÁNKY	OBSAH
http://RS6000.univie.ac.at/AARG/	Výzkumná skupina pro leteckou archeologii (Aerial Archaeology Research Group - AARG)
www.arup.cas.cz/airarch	let. archeologie v ARÚ AV ČR Praha
www.univie.ac.at/Luftbildarchiv	let. archeologie, archiv leteckých snímků vídeňské

	univerzity
www.aerial.cam.ac.uk	archív let. snímků a let. archeologie na univerzitě v Cambridge (Unit for Landscape Modelling, býv. Cambridge University Committee for Aerial Photography - CUCAP)
www.wdi.co.uk/air/	let. archeologie v jihozápadní Anglii (Dorset)
www.naplib.org.uk	katalog archívů a evidovaných kolekcí let. fotografií ve Velké Británii a přístup k nim.
www.archaero.com/archeo31.html	první francouzská stránka věnovaná výhradně let. archeologii
www.informatics.org/france/france.html	aplikace dálkového průzkumu a GIS v archeologii (americký projekt v Burgundsku)
www.bawue.de/~wmwerner/english/braasch.html	let. fotografie Bádenska–Württemberska německého pilota O. Braasche
http://archeolog.iaepan.edu.ol/~zbikob	nedestruktivní archeologie včetně let. průzkumu (Akademie věd, Warszawa)
www.muzarp.poznanpl/muzeum/muz_pol/archair/frame.html	let. archeologie (muzeum v Poznani)
http://rs6000.univie.ac.at/AARG/worldwide/poland/poland.html	bibliografie let. archeologie v Polsku
www.nmia.com/~jaybird/AA-Newsletter	let. archeologie v USA (Nové Mexiko)
www.arts.uwa.edu.au/Classics/archeology.html	let. archeologie a dálkový průzkum na Blízkém Východě (zejm. v Jordánsku) a katalog archívu let. snímků
http://ourworld.compuserve.com/homepages/mjff/homepage.htm	dálkový průzkum a jeho využití v archeologii (družicové snímky)
www.gisat.cz	česká společnost pro geoinformační programové produkty, komerční prodej satelitních snímků (Landsat)
www.earth.nasa.gov/history/radarsat/radarsat.html	kanadsko-americká (NASA) společnost Radarsat, nabídka produktů družicového snímkování Země
http://southport.jpl.nasa.gov	oficiální stránka projektu NASA a Jet Propulsion Laboratory pro dálkový průzkum Země prostřednictvím radarových snímků (pokrytí Země, dostupnost snímků, jejich využití a analýzy)

HISTORIE LETECKÉ ARCHEOLOGIE

Periodizace, historické mezníky a osobnosti

Vznik a rozvoj letecké archeologie byl z pochopitelných důvodů podmíněn vývojem technologií v oblasti letectví a fotografie. Zároveň je třeba připomenout, že tento vývoj zásadním způsobem souvisel s vojenskými potřebami, na nichž byl do značné míry závislý. Zatímco k použití letadla za účelem pořízení snímků z výšky došlo poprvé v 50. a 60. letech 19. století, první archeologické památky byly fotografovány až o čtyři desítky let později. Nebývalý rozvoj letectví po vynálezu a uvedení do provozu letadel těžších než vzduch akceleroval v době první světové války. V masovém měřítku začaly být poprvé pořizovány letecké fotografie krajiny, jejichž analýza v poválečném období vedla ke vzniku nového oboru, letecké archeologie.

Vznik a rozvoj metod leteckého průzkumu (1922–1945)

Za zakladatele letecké archeologie bývá právem označována jedna z největších postav evropské archeologie 20. století, britský geograf a archeolog, zakladatel a dlouholetý editor světoznámého časopisu *Antiquity* *Osbert Guy Stanhope Crawford* (1886-1957, obr. 3.3.). Díky svým předválečným zájmům spojeným s mapováním rozsáhlých lineárních útvarů pravěkého stáří (mezí pásy zaniklých polí, různá ohrazení) a

s ohledem na své válečné zkušenosti leteckého pozorovatele a fotografa to byl právě on, kdo stál u samotného zrodu nové archeologické disciplíny. Za otce letecké archeologie můžeme Crawforda považovat především proto, že jako první popsal základní způsoby identifikace pohřbených relikvií kulturní krajiny a vysvětlil příčiny vzniku příznaků - především stínových a porostových - které indikují existenci pod povrchem skrytých archeologických objektů. Dále proto, že objevem pravěkých polí (tzv. Celtic fields) prokázal nezastupitelný význam letecké fotografie pro studium historické krajiny, a v neposlední řadě i proto, že se jako první orientoval na pojetí, v němž je samotný letecký snímek pouze počátečním stupněm práce leteckého archeologa. Musí jej následovat mapování, vyhodnocení a interpretace objevu zachyceného na fotografii.

Crawford byl také první, kdo zorganizoval a uskutečnil koordinovanou leteckoarcheologickou průzkumnou akci. Spolu s pilotem A. Keillerem zkoumali na jaře 1924 krajinu Wessexu v jižní Anglii a fotografie, které v jejím průběhu pořídili, se staly základem jejich proslulé knihy *Wessex ze vzduchu* (Crawford - Keiller 1928). Vznik letecké archeologie datoval Crawford do roku 1922, kdy se mu naskytla příležitost prohlédnout si letecké fotografie na jednom z jihoanglických letišť. Dešifroval na nich mezní pásy pravěkých polí zviditelněných díky stínovým a porostovým příznakům (obr. 3.4.). Tehdy si uvědomil, že mapování těchto mezí, o něž se nepříliš úspěšně pokoušel před válkou přímo na zemi, lze provádět pomocí leteckých fotografií a že pohled z výšky umožňuje identifikovat částečně i zcela pohřbené struktury právě díky uvedeným příznakům. V březnu 1923 proslovil na zasedání Královské geografické společnosti v Londýně legendární přednášku „Air Survey and Archaeology“, která se objevila o rok později v tištěné podobě jako monografická studie vydaná zeměměřičským úřadem Ordnance Survey. V ní představil své objevy a vyložil principy, na nichž je archeologická interpretace leteckých fotografií založena.

Vedle Crawforda se v meziválečné Anglii nejvíce o rozvoj letecké prospekce zasloužil *G.W.G. Allen*, pilot, inženýr a vynálezce. Na rozdíl od Crawforda, jehož zájmovou oblastí byla krajina křídových pahorků Wessexu, pracoval Allen na území šterkopískových teras Temže poblíž Oxfordu. Jeho zásluhou bylo prokázáno, že tento typ krajiny je pro leteckou prospekci přinejmenším stejně vhodný. S jeho jménem je spojen především rozvoj šikmého snímkování a průzkum pomocí porostových příznaků. Opomenout nelze ani *G.S.M. Insalla*, objevitele proslulé svatyně Woodhenge.

Zatímco Britové rozvíjeli metody letecké archeologie doma, Francouzi se zaměřili na průzkumy v daleké cizině. Zájem dvou dominantních postav francouzské letecké fotografie 20.–40. let *P. A. Poidebarda* a *J. Baradeze* byl orientován na průzkum podoby pozemkové držby (tzv. centuriace) a hranic (tzv. limes a fossatum) na území římské říše v Sýrii, Mezopotámii, Íránu a v severní Africe (Maroko, Alžírsko, Tunisko, obr. 3.5.). Poidebard vynikl zejména na poli techniky snímkování. V oblasti mimořádných světelných podmínek v pouštních oblastech (velká intenzita slunečního záření umocněná odrazem paprsků od nezakrytého povrchu) vyvinul techniku protisvětla, díky níž lze získat fotografie špičkové kvality. Stal se také průkopníkem letecké prospekce památek pohřbených pod hladinou moře.

S rozvojem letectví v období mezi dvěma světovými válkami je podobně jako jinde i v *Čechách* iniciován zájem o využívání letadel ke snímkování krajiny za účelem mapování a s ohledem na vojenské potřeby (fotogrammetrické snímkování). Zároveň s tím sílí i snaha dokumentovat zajímavé stavebně historické památky naší země (šikmé snímky z malých výšek). Tyto dnes již historické fotografie mají trvalý význam pro studium podoby české historické krajiny před její rozsáhlou poválečnou restrukturalizací (tzv. kolektivizací). Kromě architektonických památek a

urbanistických celků byly v meziválečném období poprvé pořizovány letecké fotografie archeologických nemovitých památek. Iničiátory byli v tomto ohledu A. Stocký a J. Böhlm (např. 1939), kteří nechali pořídit (poprvé roku 1929) dokumentační snímky několika významných (v té době zkoumaných) lokalit (Stehelčevy-Homolka, Stradonice, Libušín, Davle-Ostrov, obr. 3.7., 3.8.). Možnosti letecké archeologie však začaly být oceňovány teprve ke konci třicátých let, kdy se naši odborné veřejnosti, jazykově zaměřené na německou oblast, dostalo významného poučení v již citované práci „Luftbild und Vorgeschichte“. Vlivem válečných událostí nemohly však být metody letecké archeologie uvedeny do praxe a tento stav bohužel pokračoval i v poválečném období, kdy se k moci dostal komunistický režim.

Pouze okrajově se ještě dotkneme počátků letecké archeologie na americkém kontinentě, který spadá do této doby. Průkopníkem byl v tomto směru slavný pilot C. Lindbergh, který při svých letech objevil na poloostrově Yucatan dosud neznámá města starých Mayů. Jeho snímky těchto a dalších památek (např. proslulá indiánská puebla v jihozápadní části USA) probudily tehdy v Americe velký zájem o možnosti, které archeologii nabízí letadlo. Letecký průzkum nad jihoamerickým kontinentem vedl v roce 1941 k odhalení jedné z nejproslulejších archeologických památek světa - obrovských rytin na náhorní plošině Nazca.

Intenzivní průzkum, budování fotoarchivů (1945–1965)

Po ukončení světového válečného konfliktu nastalo pro leteckou archeologii velice příznivé období. Bylo možné opět svobodně létat a provádět prospekci z malých průzkumných letadel. V tomto směru došlo k tak dynamickému nárůstu počtu průzkumných letů, jaký historie tohoto oboru zaznamenala již pouze jedenkrát - na počátku devadesátých let 20. století. Závažným stimulem byl také pokrok, k němuž za války došlo v rozvoji letadel a fotografie a zejména ovšem obrovské množství leteckých snímků (převážně kolmých) pořízených za války a v prvních poválečných letech.

Byla to především Velká Británie, kde se po skončení druhé světové války naplno rozeběhly projekty leteckoarcheologického průzkumu a fotodokumentace historické krajiny. V letech 1946-48 zde byly britským vojenským letectvem (RAF) pořízeny více než čtyři miliony kolmých snímků velkého formátu, na nichž je zachycena podoba britské krajiny před změnami jejího charakteru, k nimž došlo v mnoha oblastech vlivem intenzifikace v zemědělství. V té době vystupuje na scénu největší osobnost poválečné historie letecké archeologie v Anglii. *Kenneth St Joseph* (1912-1994), univerzitním vzděláním geolog se zájmem o historii a zejména o dobu římskou, začal ihned po skončení války budovat proslulé oddělení letecké fotografie při univerzitě v Cambridge (*Cambridge University Committee for Aerial Photography - CUCAP*, od r. 2000 součást katedry geografie jako *Unit for Landscape Modelling*, viz internetový adresář v tab. 3.1.) a v roce 1948 byl jmenován jeho ředitelem. V rámci tohoto útvaru zahájil St Joseph velkolepý projekt, jehož cílem bylo vybudovat rozsáhlý archiv leteckých fotografií britské krajiny - kulturní i přirozené. Cestou k naplnění tohoto cíle se staly tisíce letových hodin, během nichž St Joseph prováděl průzkumy a fotodokumentaci prakticky celé Británie. Většina ze 400 tisíc snímků uložených v cambridgeském archivu byla pořízena St Josephem v období pětatřiceti let (1945-1980), během nichž stál v čele uvedeného oddělení. Jeho úsilím bylo dosaženo množství závažných objevů, které v mnoha případech znamenaly převrat v pohledu na pravěkou a středověkou minulost Anglie. Nově byly identifikovány tisíce míst dokládajících dávné osídlení: pravěké osady, římské tábory, venkovské vily, silnice, cesty, zaniklé středověké vesnice. Konečně nemůžeme opomenout ani fakt, že St Josephovou zásluhou má cambridgeské pracoviště od roku 1962 trvale ve svém vlastnictví průzkumné letadlo. Díky jeho působení se Anglie dodnes udržela na čele

letecké archeologie a on sám se stal její nezapomenutelnou postavou (k jeho biografii podrobněji Wilson 1995).

V *Čechách* nebyl ve sledovaném období v oblasti letecké archeologie učiněn prakticky žádný pokrok. Teprve počátek šedesátých let přinesl určité uvolnění v mezinárodních vztazích i jisté pozitivní změny společenskopolitického ovzduší. Postupně se v tisku začaly objevovat zajímavé příspěvky informativního rázu o metodách leteckého průzkumu v archeologii a o výsledcích, jichž bylo touto metodou dosaženo v zahraničí (např. Vencel 1964), ale k vážnějšímu pokusu o praktickou aplikaci letecké prospekce u nás nedošlo ani v této době.

Integrace do projektů krajinné archeologie, nástup zemí bývalého sovětského bloku (60.–90. léta 20. století)

Od poloviny šedesátých let dochází v letecké archeologii k výraznému posunu v mnoha oblastech. Charakter tohoto období určovalo několik procesů.

(1) *Institucionalizace letecké archeologie*. Tento proces probíhá především ve Velké Británii a je de facto výrazem společenského uznání oboru, jeho významu a nutnosti plně jej integrovat do studia a ochrany kulturního dědictví. Postupně jsou zakládána specializovaná oddělení leteckého snímkování centrálních památkových institucí. Jako součást *Královských komisí pro historické památky* vznikla centra (units) letecké fotografie a průzkumu (Anglie: 1965, Skotsko: 1976, Wales: 1986). Jejich cílem je analýza vertikálních snímků pro účely archeologického a historického studia krajiny, provádění letecké prospekce a koordinace této činnosti v regionálních muzeích formou dotací. Letecká archeologie se také stává předmětem univerzitního studia, a to nejen ve Velké Británii, ale také ve Francii, Rakousku, Belgii a v posledním desetiletí také na Slovensku, v Polsku, Slovinsku a v České republice (v počtu univerzitních kateder archeologie poskytujících výuku letecké archeologie v poměru k jejich celkovému množství v jednotlivých státech stojí dnes naše země na prvním místě v Evropě: ze čtyř pracovišť mají tři kurz letecké archeologie ve své nabídce). Projekty leteckého průzkumu se stávají integrální součástí mnoha pracovišť pro výzkum a ochranu historické krajiny nejen ve Velké Británii, nýbrž i v dalších evropských zemích. Interpretace leteckých snímků a výsledky leteckých průzkumů jsou v současné době stále častěji používaným pramenem rozsáhlých projektů, zaměřených na rekonstrukci vývoje a podob pravěké a historické krajiny (v Anglii např. Yorkshire Wolds, Yorkshire Dales, Kent aj.: Bewley 2001; u nás projekt Sídlní prostor pravěkých Čech: Gojda 2000b).

(2) *Tvorba deskriptivních a klasifikačních systémů*. Slouží k analýze objektů objevených pomocí vegetačních a půdních příznaků (např. Whimster 1989; Edis - MacLeod - Bewley 1989; Gojda 1997c, obr. 3.10.). Vzhledem k jednotné terminologii umožňují tyto systémy zpracovávat nově získané i starší snímky pomocí počítače (databáze, statistická vyhodnocení, expertní systémy) a začlenit je do jednotné informační sítě evidující nemovitě památky.

(3) *Systematické provádění transkripce leteckých snímků a mapování*. V Anglii jako zatím v jediné zemi byl v rámci centra letecké fotografie při Královské komisi pro historické památky (od r. 1999 součást English Heritage) zahájen tzv. *Národní program mapování (National Mapping Programme)*. Poté, co byla publikována pionýrská práce R. Palmera, prezentující analýzu leteckých fotografií a jejich archeologicky interpretovanou transkripci do mapy zázemí jihoanglického hradiště Danebury (Palmer 1984; obr. IX, viz též kap. 3.7.3.), byla zahájena diskuse o potřebě a způsobech využití potenciálu leteckých snímků. V roce 1992 začal výše jmenovaný ambiciózní projekt, jehož cílem je poskytovat informace o nemovitých archeologických památkách a historické krajině od neolitu do současnosti, zachycené

na leteckých fotografiích. Do konce roku 2000 bylo takto zpracováno 27% plochy celé Anglie (obr. 3.11.). Údaje ze snímků jsou vynášeny do map (v posledních letech již digitálně) v měřítku 1:10.000 (Bewley 2001).

(4) *Zakládání profesních sdružení.* Sdružování profesionálních i amatérských zájemců je dalším významným prvkem současné éry. Největší význam má tzv. *Výzkumná skupina pro leteckou archeologii (AARG - viz internetový adresář, kap. 3.2.4.4.)*, založená r. 1980 podle tradice britských výzkumných skupin. AARG se postupně dostala do pozice nejvýznamnějšího profesního sdružení letecké archeologie v Evropě a jejími členy jsou i mimoevropští badatelé.

Na území *České republiky* věnovala až do počátku devadesátých let největší úsilí o zavádění metod letecké archeologie pracoviště na *Moravě*. V 70. letech bylo zorganizováno snímkování neolitického rondelu v Těšeticích-Kyjovicích pomocí leteckého modelu a tento způsob dokumentace byl následně využit i na několika dalších moravských lokalitách. Od první poloviny 80. let se letecké archeologii prakticky věnují *M. Bálek* a *J. Kovárník*. Do konce tohoto desetiletí se jim podařilo zorganizovat a úspěšně absolvovat několik prospekčních letů a identifikovat první objekty archeologického zájmu. Zároveň shromažďovali a vyhodnocovali fotogrammetrické snímky pořizované pro účely mapování, na nichž rozpoznali velké liniové objekty, jejichž průběh byl následně ověřován geofyzikálním měřením. Po pádu komunistického režimu nabylo letecký průzkum na Moravě na intenzitě. Jeho dosavadní výsledky (např. objevy asi dvaceti krátkodobých táborů římských vojenských sborů: obr. 3.12.) mají zásadní vliv na poznání daného období (Bálek - Podborský 2001, 73).

V *Čechách* svitla letecké archeologii naděje na oživení v souvislosti s výstavou, kterou v srpnu 1967 uspořádalo Národní muzeum ve spolupráci s francouzským Národním pedagogickým institutem (Hásek 1968). Probouzející se zájem odborné veřejnosti o letecký průzkum však v Čechách nemohl vyústit v praktické využití této metody. V období normalizace byla hlavní překážkou příslušná ustanovení zákona o ochraně státního tajemství. S ohledem na ně bylo sice možno letecké snímkování provádět, ale realizace takového záměru byla ztížena celou řadou opatření. Limitující faktory vyplývající z těchto legislativních norem a administrativních nařízení nabyly takových rozměrů, že i ojedinělé pokusy létat a fotografovat vyžadovaly vynaložení nezměrného úsilí, jehož efekt mohl být nakonec zmařen kvůli „objektivním“ okolnostem. Dokladem toho je akce, uskutečněná spoluprací pražského Archeologického ústavu a muzea v Kolíně v dubnu 1974. Několikeré odložení letu znamenalo, že se podařilo realizovat pouze fotografickou dokumentaci několika archeologických lokalit a stavebně historických památek, k vlastnímu průzkumu kolínského regionu však nedošlo. I samotní autoři této akce museli konstatovat, že za tehdejších okolností by provádění letecké prospekce bylo pro kteroukoli archeologickou instituci neúnosnou finanční a časovou zátěží (Sedláček - Vencl 1975).

S pádem komunistického režimu dochází k významným změnám v legislativě ČR. Rozsáhlá liberalizace zákona č.102/71 Sb. o ochraně státního tajemství umožnila zveřejňovat fotogrammetrické (vertikální) snímky pořizované armádou pro potřeby kartografie (uložené ve Vojenském topografickém ústavu v Dobrušce) a volně provádět průzkum krajiny z malých letounů bez zvláštního povolení. Uvolnění vzdušného prostoru aktivitám leteckých fotografů je dnes v porovnání s mnoha evropskými státy příkladně progresivní (Braasch 2002). Liberalizace zmíněných restriktivních opatření se stala bezprostředním podnětem k zahájení úvah o možnosti zapojit konečně letecký průzkum a fotografování do praxe české archeologie. Po období příprav a navazování kontaktů se zahraničními specialisty byl (za významné podpory tehdejšího ředitele Archeologického ústavu v Praze *E. Neustupného*) v roce 1992 program letecké archeologie zahájen, a to v Archeologickém ústavu AV ČR

(tehdy ještě ARÚ ČSAV) v Praze a v Ústavu archeologické památkové péče (tehdy expozituře ARÚ) v Mostě. Pražský program je od roku 1994 kontinuálně podporován prostředky Grantové agentury ČR (projekty *Nedestruktivní metoda letecké archeologie a její využití pro výzkum, dokumentaci a ochranu historické krajiny Čech* v letech 1994-1996 a *Sídelní prostor pravěkých Čech* v letech 1997-2002). Postupně se letecká archeologie začala uplatňovat i na jiných pracovištích (k tomu podrobněji v kap. 3.4.3.).

Centrálním pracovištěm letecké archeologie u nás je od roku 1992 oddělení prostorové archeologie *Archeologického ústavu AV ČR* v Praze (M. Gojda). Dnes je to jediné archeologické pracoviště v kontinentální Evropě, které má k dispozici svůj vlastní průzkumný letoun (Cessna 172). Dále je součástí jeho vybavení řada fotoaparátů / kamer (klasických a digitálních) a dalších přístrojů (GPS, cesiové magnetometry, detektory kovů), které slouží k aplikaci dalších nedestruktivních metod doplňujících či zefektivňujících výsledky letecké archeologie. Pracoviště se podílelo prakticky na všech mezinárodních projektech a akcích uvedených v minulé kapitole a od roku 1996 kontinuálně pomáhá zavádět leteckoarcheologickou prospekci v Polsku. Spravuje archiv leteckých snímků obsahující negativy, diapozitivy, digitalizované snímky na CD, digitální videonahrávky a pozitivní zvětšeniny snímků. V prostředí GIS ArcView je nyní renovována digitální obrazová databáze.

Letecká archeologie se dále nejintenzivněji využívá v *Ústavu archeologické památkové péče severozápadních Čech* v Mostě (Z. Smrž). Jeho kartotéka leteckých snímků a evidenční databáze lokalit objevených z letadla je vedle pražské kolekce nejobsáhlejší.

Z dalších českých pracovišť, která významnou mírou přispívají k obohacování pramenné základny české archeologie prostřednictvím letecké prospekce a snímkování, jmenujme *Ústav archeologické památkové péče středních Čech* (V. Čtverák), *Okresní muzeum a galerie v Jičíně* (E. Ulrychová), *Okresní muzeum Českého ráje v Turnově* (J. Prostředník), *Západočeské muzeum v Plzni* (P. Braun), *Okresní muzeum Klatovy* (J. Hůrková), *Východočeské muzeum v Hradci Králové* (J. Kalferst), *Archeos* (J. Beneš), *Okresní vlastivědné muzeum v Mladé Boleslavi* (J. Waldhauser), *Muzeum středního Pootaví* (J. Michálek). Začíná se rozvíjet spolupráce amatérských zájemců o leteckou archeologii s archeologickými institucemi při dokumentaci historické krajiny některých regionů a částečně při vlastním průzkumu (např. Čáslavsko - J. Moravec).

Na Moravě se letecká archeologie zrodila o téměř deset let dříve než v Čechách. Donedávna (jaro 2003) byla zastoupena na dvou místech: v *Ústavu archeologické památkové péče v Brně* (M. Bálek) a na *Masarykově univerzitě* (J. Kovárník). Po smrti M. Báalka a odchodu J. Kovárníka z MU není v současnosti na Moravě žádné pracoviště, které by se kontinuálně věnovalo letecké archeologii. Nejvýznamnější objevy učiněné na Moravě byly zmíněny již dříve a je třeba konstatovat, že jsou urychleně zpracovávány a předkládány odborné veřejnosti formou publikací (např. Bálek 1999, 2000, Bálek - Šedo 1998; Kovárník 1999).

Za současné situace můžeme doufat, že se letecká archeologie v ČR bude rozvíjet i v dalších letech. Odhalování minulosti tímto způsobem má v sobě značný potenciál z hlediska ochrany památek a kulturní krajiny vůbec a v kombinaci s dalšími metodami zásadně přispívá k historickému poznání. Domníváme se, že bude třeba pokusit se v blízké budoucnosti využít možnosti, který nabízejí informace získané dálkovým průzkumem Země, tedy vertikální (fotogrammetrické) letecké fotografie a družicové snímky uložené v četných tuzemských a zahraničních archivech a databázích. V kombinaci s poznatky dosaženými leteckou prospekci z malých výšek a při využití dalších terénních metod archeologického výzkumu by mohlo naše poznání historické krajiny výrazně postoupit.

VIZUÁLNÍ PRŮZKUM Z NÍZKO LETÍČÍHO LETADLA A DOKUMENTACE PAMÁTEK

Letecký archeologický průzkum (prospekce) z malých výšek je jednou ze dvou heuristických metod letecké archeologie (druhou metodou je interpretace kolmých snímků a výstupů DPZ). Je to činnost zaměřená na vyhledávání, identifikaci, evidenci a dokumentaci pohřbených (skrytých pod povrchem země) a viditelných (patrných v terénním reliéfu) pozůstatků historické krajiny antropogenního i přirozeného původu. Za určitých okolností je velmi efektivním (relativně rychlým, kvalitním a nedestruktivním) způsobem získávání informací o charakteru a rozšíření lidských aktivit od pravěku do současnosti. Naprostá většina stop těchto aktivit nebude nikdy prozkoumána klasickým způsobem (terénním výkopem), a proto i práce s nimi má svůj zvláštní charakter. Aby se informace získané leteckým průzkumem, které jsou uloženy na šikmých leteckých fotografiích, vědecky zhodnotily, musejí být náležitě zpracovány a transformovány ze své původní (tj. šikmým pohledem zkeslené) podoby (kap. 3.5.6.).

Kromě vlastního průzkumu řadíme do “terénní” složky letecké archeologie také *dokumentační snímkování historické krajiny a památek*. Přitom vycházíme z přístupu, který zahrnuje poznávání kulturní krajiny v celistvosti jejího historického vývoje a z předpokladu, že tzv. paměť krajiny je utvářena v kontinuálním procesu bez ohledu na současnou periodizaci minulosti. Dále je třeba si uvědomit, že letecká archeologie je také nástrojem regionálního výzkumu a její výsledky ve formě dokumentačních fotografií by měly sloužit vedle archeologie také dějinám umění, historické urbanistice, historické ekologii apod. Proto je leteckofotografická dokumentace památek a krajiny součástí této kapitoly.

Principy zviditelnění objektů, přímé a nepřímé indikátory

S jistou nadsázkou lze říci, že prakticky každý umělý zásah do povrchu země zanechává stopy, které jsou buď trvale (dlouhodobě) nebo příležitostně detekovatelné. Skutečnost, že tyto stopy jsou mnohem lépe než z pohledu ze země zjistitelné při pozorování z výšky a že velký odstup od povrchu terénu zároveň umožňuje vyčlenit z nestrukturované změti různorodých interferencí na zemském povrchu jednotlivé složky (objekty, komponenty) vedla k ocenění významu leteckého průzkumu v archeologii.

Příznaky, které indikují nemovitě objekty (na povrchu země v destruované podobě, resp. zahloubené pod povrch), dělíme na *přímé* a *nepřímé (zástupné)*. První skupinu tvoří příznaky, které indikují existenci objektu prostřednictvím jeho destruovaných částí a/nebo výplně. K efektu zviditelnění objektů tímto způsobem dochází zpravidla z důvodu opakované orby a eroze. Přímé indikátory se projevují jednak odlišným zbarvením půdy nad objekty (tzv. *půdní příznaky*), jednak světelnými efekty kopírujícími reliéf terénu (tvarů objektů, tzv. *stínové příznaky*).

Do druhé skupiny řadíme příznaky, které jsou výsledkem zviditelnění antropogenních objektů díky jejich ekofaktním vlastnostem (zejména obsahu živin a rozdílné teplotě výplně). Sem řadíme především *příznaky porostové* (vegetační) a dále např. *vyprahlostní, sněžné a vlhkostní*.

Porostové (vegetační) příznaky

Dosavadní praxe jednoznačně prokázala, že *ze všech indikátorů podpovrchových objektů antropogenního i přirozeného původu mají největší význam porostové příznaky. Jejich vznik souvisí s tím, že podpovrchové objekty lokálně mění chemickou skladbu a strukturu podorniční vrstvy a/nebo podloží, a tím dochází ke změnám na vegetaci, která z této půdy vyrůstá. Tento efekt byl zaregistrován již dávno v minulosti:*

zatím nejstarší známé doklady o tom pocházejí z díla *De Re Metallica* Georga Agricoly z roku 1556. Explicitně byl tento jev popsán a do souvislosti s výtvořmi pravěkého člověka zařazen anglickým starožitníkem W. Stukeleym v první polovině 18. století (Wilson 1996). Zásadní význam pro archeologickou prospekci založenou na vyhledávání těchto příznaků mělo ale až studium rozsáhlých oblastí jižní Anglie O.G.S. Crawfordem a G.W.G. Allenem ve 20. a 30. letech minulého století (kap. 3.3.4.).

Výskyt porostových příznaků je podmíněn několika faktory a jejich interakcí. Tyto faktory dělíme na: (1) *přirozené* (klimatické podmínky, půdní a geologické složení) a (2) *ovlivněné člověkem* (druh oseté plodiny, schopnosti a zkušenosti pozorovatele). Někde na pomezí první a druhé skupiny se nachází další důležitý faktor: světelné podmínky v době provádění průzkumu. Nemůžeme je nikterak ovlivnit, ale měli bychom být schopni předem rozpoznat, zda jsou dostatečné pro náš účel, a pokud ne, odložit akci na dobu, kdy budou lepší.

Podle toho, zda výška plodin rostoucích nad zahloubenými objekty je větší nebo menší než výška rostlin v jejich okolí, hovoříme o příznacích *pozitivních*, resp. *negativních* (obr. X.A) Pozitivní příznaky přitom indikují takové objekty, které vznikly zahloubením (vykopáním zeminy a jejím odstraněním - např. příkopy, zahloubená obydlí, základové žlaby domů, jámy různého účelu, hroby), zatímco negativní příznaky objekty, které byly vztyčeny (konstruovány - např. zdivo). Přitom je ale třeba mít na paměti, že pozitivní porostové příznaky se vytvářejí také nad zahloubeninami přirozeného původu jako jsou zaniklá říční koryta, erozní rýhy, mrazové klíny apod.

Princip pozitivních vegetačních příznaků spočívá v tom, že humusovité složky (zejm. dusík a vápník) nahromaděné ve výplni zahloubeného objektu vytvářejí plodinám rostoucím nad nimi optimální podmínky k růstu. Význam má také menší propustnost výplně (v objektech se déle udrží voda), což se projevuje zejména na lehčích písčitéch půdách říčních teras. Výsledkem jsou rozdíly ve zbarvení a výšce vegetace rostoucí nad zaniklým objektem a mimo něj (obr. 3.14., X.B). Nad objekty se také projevuje vyšší hustota plodin, protože po zasetí zrna jich nad nimi vyklíčí více. V závěrečném stádiu navíc dochází k rychlejšímu odpařování vody z povrchu vyzrálejších plodin, který má větší plochu než povrch rostlin v okolí a k ohnutí horních partií klasů, což se projevuje změnou odstínu vegetace nad zahloubeninami (tmavý odstín se změní na světlý) v závěrečném stádiu zrání (Stanjek - Fassbinder 1995, 99-100).

Negativní příznaky se projevují naopak nižším vzrůstem plodin rostoucích nad objekty a také jinou barvou. Vytvářejí se nad konstrukcemi z pevných materiálů, resp. nad jejich spodními partiemi, které jsou mimo dosah (většinou pouze dočasně) orby a eroze. Tyto objekty zasahují nad spodní úroveň dosahu kořínků rostlin a ty nejsou řádně vyživovány. Proto je zbarvení i výška vegetace nad objekty a mimo ně vzhledem k situaci u pozitivních příznaků inverzní (obr. 3.15.).

Vegetační příznaky se nejlépe projevují na *kulturních plodinách*. Z nich největší význam mají obiloviny. Dosavadní zkušenosti dokládají, že nejlepším indikátorem je ječmen (žito), dále pšenice a oves. Z dalších rostlin mají význam cukrová řepa (obr. 3.16.), řepka olejná (obr. XI.A), jetel/vojtěška, hrách a v ojedinělých případech i kukuřice. Zejména vojtěška dokáže v příznivém roce vykreslit půdorys zahloubených objektů mimořádně výrazně.

Zvláštním případem této skupiny indikátorů jsou tzv. *vyprahlostní příznaky*. Nazývá se tak efekt zviditelnění podpovrchových objektů na zatravněném povrchu (louky, paseky, trávníky), k němuž na rozdíl od kulturních plodin (a zvláště obilovin) dochází jen v mimořádně suchých letech. Tmavě zelené pozitivní příznaky mají navíc jen zřídka tak dobře patrný kontrast jako je tomu u obilovin, zatímco negativní bývají dobře patrné.

Jak již bylo uvedeno dříve, jedním z rozhodujících faktorů ovlivňujících zviditelnění podpovrchových jevů jsou geologické vlastnosti zkoumaného území, tedy *charakter půdního substrátu (podloží)*. Obecně platí, že porostové příznaky se utvářejí tím zřetelněji, čím větší je rozdíl v propustnosti obou prostředí (tj. podloží a výplně objektů). Proto se tyto příznaky nejlépe projevují na lehkých písčitéch půdách a na štěrkopískových terasách středních a dolních toků větších řek (obr. XI.B a XVI.A). Zatímco písčité podloží dlouho neudrží srážkovou vodu, v případě hlinité humózní výplně zahloubených objektů je tomu naopak. Čím kompaktnější (méně propustný) je půdní substrát (podloží), tím se zmenšuje rozdíl ve schopnosti prostředí udržet vodu a snižuje se rozdíl ve vzrůstu a barvě mezi plodinami rostoucími nad objekty a mimo ně. Proto výsledky leteckého průzkumu na sprašových půdách bývají méně úspěšné než prospekce v nížinách s lehkými půdami. Ještě horší jsou možnosti leteckého průzkumu na těžkých (jilovitých) nepropustných půdách a minimální naději na úspěch má také průzkum nivy s mocnými sedimenty naplavené hlíny. O mělkých půdách na křídě jsme se již zmínili. V jižní Anglii a severozápadní Francii bylo v tomto prostředí dosaženo prakticky stejné úspěšnosti jako v oblastech s písčitém substrátem.

Významným faktorem ovlivňujícím tvorbu porostových příznaků jsou *klimatické podmínky*. Osmdesátiletá historie leteckoarcheologického průzkumu jednoznačně prokázala závislost tvorby vegetačních příznaků na klimatických podmínkách v době vegetačního růstu. V zásadě platí, že ke zvýšení kontrastu mezi vegetací rostoucí nad zahloubeninami a mimo ně dochází v závislosti na množství srážek. Čím méně srážek spadne v jarních a prvních dvou letních měsících, tím lépe se porostové příznaky vyvinou. Srážkový deficit v období jarních měsíců pozitivně ovlivňuje utváření porostových příznaků u ozimů (přítom nejsou příliš důležité letní srážkové poměry). Opačné pravidlo platí pro jarní obiloviny, kdy význam mají především sucha na přelomu jara a léta. Největšího počtu objevů prakticky ve všech zemích mírného klimatického pásma bylo opakovaně dosaženo v extrémně suchých letech, které se v evropském prostředí opakují v intervalu 10-20 let. Např. v Čechách byl naposledy takto výrazně suchý rok 2000.

Konečně je třeba zmínit význam dobrých *světelných podmínek* při leteckoarcheologickém průzkumu. Nevýhodný je zejména mlžný opar, který snižuje dohlednost. Kvalita pozorování se za těchto nepříznivých podmínek dále snižuje v protisvětle. Špatné osvětlení má nepochybně nepříznivý vliv jak při vlastní prospekci, tak při pořizování fotografické dokumentace. O účincích světla a jeho využití při leteckém snímkování podrobněji v kap. 3.5.4.

Půdní příznaky

V podmínkách středoevropské krajiny, jejíž povrch byl nejen v klasických sídelních zónách nížin, nýbrž i ve vyšších polohách (zejména v pásmu pahorkatin) výraznou měrou formován orbou, jsou tzv. *půdní příznaky* druhým nejčastějším projevem objektů pohřbených pod povrchem země. Jejich princip spočívá v tom, že *dlouhodobě prováděnou orbou (doprovázenou na svazích erozí ornice) dochází po určité době k zásahu do horních vrstev výplně zahloubených objektů. Tato výplň má obvykle nehomogenní složení, které je barevně odlišné od rostlého podloží, v němž jsou objekty uloženy*. Tyto rozdíly je možné vizuálně identifikovat (obr. 3.17. a 3.18.). Výskyt půdního příznaku signalizuje zahájení nezvratného procesu obnažování a porušování obsahu výplní jam, obydlí, hrobů, příkopů apod., resp. pod zemí zachovaných spodních partií kdysi nadzemních konstrukcí (např. čelní kamenná plenta fortifikačního systému hradiště).

Pro úspěšné vyhledávání památek pomocí půdního efektu je důležité správně načasovat provádění průzkumu do mimovegetačního období. Nejlépe se k tomu hodí období zimních měsíců (v době, kdy krajina není pokryta sněhem) a počátek jara. Pro

lepší rozlišení průběhu linií a bodových objektů má význam povrchová vlhkost, která je obvykle vyšší v této době než na podzim. K dobrému rozlišení objektů napomáhá samozřejmě také čerstvě prováděná orba, jejíž účinky zvyšují barevný kontrast mezi místy s výskytem objektů a okolím (obr. XIII.A).

Nejlépe se půdní příznaky projevují na půdách, kde se podorniční vrstva nápadně odlišuje svojí barevností od půdního pokryvu. Proto bylo nejlepších výsledků při průzkumech dosaženo na mělkých křídových půdách.

Stínové příznaky

Efekt *stínového příznaku* je založen na zvýraznění i nepatrných reliéfních pozůstatků archeologických bodových a zejména liniových objektů, které jsou *účinkem nízkého světla v ranních či podvečerních hodinách zvýrazněny pomocí stínů, které vrhají*. Ve většině zemědělsky vyspělých zemí střední Evropy nezůstalo v důsledku dlouhodobé orby zachováno v otevřené krajině mnoho pravěkých památek. Jinak je tomu například v Anglii, kde právě odhalení tohoto způsobu zviditelnění památek vedlo před osmdesáti lety ke vzniku letecké archeologie. V této zemi zůstala dodnes zachována v terénním reliéfu nezanedbatelná část pravěké kulturní krajiny v podobě rozsáhlých systémů naspů a příkopů (pole, hranice, cesty, ohrazení apod.). Především jsou to pravěké a středověké polní systémy, identifikovatelné prakticky výhradně z nadhledu několika set metrů, jejichž objevy byly učiněny pomocí stínových příznaků a vedly k rozvoji krajinné archeologie. U nás se zatím památky pomocí tohoto příznaku nenašly, ale dlouhých stínů bývá často využíváno např. při dokumentaci pravěkých hradišť a středověkých tvrzišť, resp. jejich opevnění (obr. 3.19). Předpokládáme, že zintenzivnění leteckého průzkumu ve středoevropském prostoru, které umožní pronikat častěji i do podhorských poloh, pomůže v těchto relativně méně zasažených oblastech odhalit zaniklé relikty staré krajiny právě pomocí stínových příznaků.

Srážkové (déšť, povodně, sníh) a teplotní indikátory

Ačkoli porostové, půdní a stínové příznaky vedou k odhalení naprosté většiny památek, existují i další možnosti, jimiž se existence pohřbených či destruovaných objektů archeologického zájmu rovněž projevuje. Někdy se mohou půdorysy zahluobených objektů překvapivě dobře objevit působením *vlhkostních příznaků*, které vznikají díky *rozdílnému (vůči okolnímu prostředí) obsahu vody v podpovrchových objektech v období častých či dlouhotrvajících dešťů na přelomu zimy a jara* (obr. 3.20.). Můžeme je zachytit v těch ročních obdobích, v nichž se ostatní typy příznaků projevují jen málo. Někdy se zřetelně objeví linie starých mezí, středověkých polních záhonů či půdorysy tvrzišť v období jarních či letních záplav, zejména na počátku ústupu vodního žilvu. Efektu pomalu ustupující velké vody, který zřetelně zvýrazňuje topografii sídel (historických jader měst, vesnic, tvrzišť apod.) ve vztahu k morfologii terénu si lze ostatně opakovaně všimnout v televizním zpravodajství o povodních. Popsaný efekt poprvé ve větším měřítku zachytil v 60. letech minulého století R. Agache v údolí řeky Sommy (Deuel 1979, 55-56).

V neposlední řadě pomáhá odhalit pohřbenou pravěkou krajinu sníh. V jistém smyslu jsou *sněžné příznaky* založeny na podobném principu, který způsobuje zviditelnění objektů archeologického zájmu pomocí rostlinného pokryvu: organické složky ve výplních zahluobených objektů a poréznost těchto výplní jsou příčinou odlišné teploty, než jaká je v okolní neporušené půdě. Výsledkem této skutečnosti je, že *tenká vrstva sněhu nad objekty skrytými pod povrchem taje rychleji než nad neporušeným terénem*. Podobný efekt se vytváří na podzim či počátkem zimy, kdy ranní jinovatka působením slunečních paprsků mizí rychleji tam, kde se pod zemí nalézají pravěké jámy, obydlí, příkopy či hroby. Pozorován byl ale i opačný jev, kdy se sníh déle udržel nad objekty než mimo ně (této problematice se podrobněji věnovali Stanjek - Fassbinder 1995, 96-99). Sněžný efekt je obtížně zachytitelný proto, že je

k jeho vytvoření nutná interakce různorodých příznivých okolností a že je omezen na relativně krátkou roční i denní dobu (obr. 3.21.). Kromě toho se sníh může stát výtečným zdrojem zvýraznění reliéfně zachovaných objektů. V kombinaci s vhodnými světelnými podmínkami může sníh velmi dobře zvýraznit například umístění pravěkých hradišť s jejich fortifikačními systémy, členění zaniklých polí apod. (obr. 3.22., XVI.B).

V posledních letech byly učiněny pokusy využít při letecké prospekci zařízení, schopné registrovat i nepatrné *změny v teplotě* vyzařované zemským povrchem. Použití termovizních kamer má však řadu omezení, která alespoň prozatím brání jejich obecnému rozšíření. K tomuto a dalším moderním způsobům identifikace zahloubených památek se stručně vrátíme v kap. 3.6.2.

Charakter a morfologie památek identifikovaných při letecké prospekci

Základním parametrem, jehož prostřednictvím jsou při leteckoarcheologickém průzkumu identifikována archeologicky pozitivní 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.

Pro potřeby klasifikace útvarů evidovaných při leteckém průzkumu rozlišujeme dvě základní skupiny: (1) *bodové objekty (maculae)*, tj. malé skvrny či útvary rozmanitých, většinou však geometricky pravidelných tvarů (obr. XIII.B) a (2) *liniové objekty*, tj. buď samotné linie, nebo liniemi vymezený prostor (obr. XIV.A). V rámci této skupiny rozlišujeme: *linie* (cesty, příkopy/valy vedené napříč terénními tvary, *lineární útvary uzavřené* (ohrazení), *lineární systémy* (složitější uskupení linií, např. polní systémy). Z výsledků dosažených v rámci projektů letecké archeologie u nás lze konstatovat, že zhruba 80% všech objevených komponent je tvořeno bodovými objekty. Nejvíce z nich tvoří nepravidelné sídlištní jámy, pravidelné čtverhranné půdorysy patří většinou zahloubeným obytným objektům, případně hrobům (zejména tehdy, jsou-li uspořádány v řadách). Nejlépe propracované systémy morfologické klasifikace archeologických objektů zachycených na leteckých snímcích byly vypracovány v Anglii (např. Palmer 1984; Whimster 1989; Edis et al. 1989). Zavádění těchto systémů si vyžádala nutnost zahájit systematické zpracování desítek tisíc objektů, objevených v této zemi od Crawfordových dob. Teprve ukládání jednotně popsanych a do utříděných informací do databází zhodnocuje rozsáhlé archivní fondy leteckých fotografií. U nás bylo morfologické třídění objektů objevených leteckou prospekci vypracováno v rámci programu letecké archeologie v Archeologickém ústavu AV ČR (Gojda 1997c; obr. 3.23.).

Analýza snímků, spojená s *klasifikací a interpretací* zjištěných útvarů, je jednou z nejdůležitějších součástí letecké archeologie. Vyžaduje od průzkumníka znalost tvarové škály nemovitých objektů pravěkého/středověkého stáří v zájmovém území tak, jak byla postupně zjištěna generacemi badatelů při terénních výkopech. Kromě tvarosloví je třeba také rozumět kontextu, tj. vztahům jednotlivých objektů ke krajině a vůči sobě navzájem.

Technické vybavení

Letadla

Ve stoleté historii leteckého snímkování historické krajiny byla využito prakticky všech druhů letadel počínaje balóny a konče vrtulníky. Pro účely leteckého archeologického průzkumu se jako nejvhodnější ukázaly *letouny* (tj. letadla s motorovým pohonem a pevnými křídly). I když se občas setkáme s používáním dolnokřídých sportovních letounů, mnohem rozšířenější jsou letouny hornokřídle. Z dolnokřídých letounů má nejlepší parametry francouzský stroj Robin 300,

používaný dlouhodobě k prospekci např. v Burgundsku. U nás se tyto typy používaly poměrně často (např. Z43), protože hornokřídla letadla zde byla dlouho nedostupná a teprve od druhé poloviny 90. let se na našich letištích začaly objevovat ve větší míře. Hornokřídle letouny jsou z pochopitelných důvodů (dobrý výhled do stran a pod letadlo) výhodnější. V celé Evropě jsou s naprostou převahou k účelům letecké archeologie používána zejména jednomotorová sportovní *letadla typu Cessna* (150/152 - dvoumístná verze, 172 - čtyřmístná verze), která nejlépe splňují nároky na provádění průzkumu a fotografování z ruky (obr. XIV.B). Poměrně dobře využitelné jsou také některé typy ultralehkých letounů (např. TL-232 Condor), problémem ale je, že podle předpisů platných u nás je z "ultralightů" zakázáno fotografovat. Dobře se osvědčilo také provádění průzkumu pomocí motorového kluzáku (typu Vivat).

Použití *vrtulníků* má své nesporné výhody (výborné manévrovací schopnosti umožňující nalétávat nad snímkané lokality v potřebné výšce), ale také nedostatky (zejména vysoká cena za provoz, resp. pronájem). Jako vhodné se ukazují malé typy vrtulníků (např. dvoumístný Robinson R22), jejichž relativně nízké provozní náklady snižují jejich nájemní cenu blízko k cenám některých sportovních letadel.

Pro snímkování z malých výšek se občas - u nás především v době před rokem 1989 (Gojda 1997c, 6; Bálek - Podborský 2001, 73) - využívají *modely dálkově řízených letadel*. Prakticky vždy jsou tato letadla s namontovaným fotoaparátům používána jen při dokumentačním snímkování konkrétního místa (nemovitě památky, archeologického výzkumu). Zdá se však, že se v tomto směru začíná situace zásadnějším způsobem měnit a letecké modely bude možné používat k plošnému průzkumu krajiny. Nedávno zkonstruovaný model letadla má nehluký chod, dostupnost 300 m, minimální nároky na startovací/přistávací plochu, kameru schopnou pořizovat prvotřídní kolmé i šikmé snímky); testován byl úspěšně při průzkumu v okolí slavné halštatské hrobky u Waldalgesheimu (Schönherr 2001).

Velmi dobře se k dokumentaci památek osvědčily - zejména v zemích, kde bylo nebo je použití letadel k fotografování obtížné kvůli utajování, vysokým nákladům či problémům technického rázu - upoutané balóny či draky (např. Żurawski 1995; obr. 3.24.).

Navigační přístroje a pomůcky

Základní pomůckou používanou při leteckém průzkumu k orientaci v prostoru jsou mapy. Od prvopočátků letecké archeologie až do počátku 90. let minulého století sloužily mapy jako jediný zdroj přesné navigace, podle nichž se řídila posádka průzkumného letadla. Za nejvhodnější se většinou považují mapy 1:50.000, ale někteří průzkumníci dávají přednost mapám měřítka o jeden řád většího (1:25.000), případně menšího (1:100.000). Na základě vlastních zkušeností se přikláníme k vojenským „padesátkám“, které pro pozorování krajiny z výšky představují lepší podklad než mapy turistické (zejména dobře zvýrazněné intravilány, silnice, železniční tratě, méně nadbytečných informací, jakými jsou např. barevně vyznačené plochy přírodních rezervací, barevné linie turistických tras apod.).

Teprve zhruba před deseti lety se v malých sportovních letounech začalo šířit používání *stanic GPS* (global positioning system), které pomocí družicových signálů kontinuálně získávají informace o aktuální poloze letadla (srov. kap. 11.2.4.). Pro potřeby letecké navigace jsou vyráběny speciálně upravené přístroje, které je možné trvale zabudovat do přístrojové desky letadla (obr. 3.25.). Použití tohoto přístroje při průzkumném letu spočívá především v tom, že kliknutím na příslušné tlačítko nad místem archeologického zájmu pořídíme záznam o jeho poloze, který se v databázi uloží pod pořadovým číslem, zaznamenaným také archeologem do formuláře s údaji o průběhu letu. Stanice GPS je vhodné používat zejména při provádění průzkumu v neznámé krajině, protože navigace pomocí mapy může (zejména začátečníkům)

pohlit příliš mnoho času, který je lépe využít k vlastní prospekci a snímkování. Naopak při práci v dobře známém území je výhodné zaznamenávat fotografovaná místa (např. nově identifikované objekty) přímo do mapy. Tímto způsobem se ušetří čas, který je nutné vynaložit při dohledávání lokalit po návratu z letu.

Fotografické přístroje a fotomateriál

Pro dokumentaci krajiny a sídel z nízkého letadla se používají fotoaparáty a kamery. Pro letecké snímkování jsou prakticky využitelné všechny formáty fotoaparátů. *Velkoformátové aparáty* (velikost negativu 23x23 cm) se používají pro pořizování vertikálních fotogrammetrických snímků, které slouží jako podklad pro tvorbu map. Většinou se pořizují se 60% překrytím, takže je potom lze vyhodnocovat stereoskopicky. Speciální velkoformátové fotopřístroje jsou zabudovány do podlahy letounu a mají nastavitelné časové údaje a interval spouštění závěrky. Jediným evropským pracovištěm zaměřeným na leteckou fotografii a disponujícím aparátem tohoto typu, je univerzita v Cambridge (obr. 3.26., viz kap. 3.3.2.4.).

V naprosté převaze se při průzkumu a fotodokumentaci krajiny pracuje s *fotoaparáty středního* (velikost neg. 6x6, resp. 6x7 cm) a ještě častěji *malého formátu* (tzv. kinofilm o rozměru políčka 2,4x3,6 cm). Snímkuje se aparátem drženým v ruce (šikmé snímky). Jednoznačně lze doporučit používání alespoň dvou fotoaparátů (např. kombinace dia a čb negativ). Nejenom že je vhodné dokumentovat památky na různý typ fotomateriálu (diapozitivy slouží veřejné prezentaci a potřebám výuky, negativy pro transformaci údajů z fotografií do map a pro výstavní účely), ale zároveň je to pojistka pro případ poruchy jednoho z aparátů. Ideální se jeví sestava tří fotoaparátů (dia a čb negativ malého formátu, barevný negativ středního formátu). Přednost před tzv. kompaktními přístroji dáváme fotoaparátům s kvalitní optikou (jednooké zrcadlovky) a měnitelnými objektivy. Nejvhodnější se jeví používání transfokátorů (tzv. zoomů) v rozsahu 28/35 - 105 mm, protože v uvedených ohniskových vzdálenostech je možné pořizovat jak celkové záběry lokalit s krajinným kontextem, tak i pohledy z větší blízkosti.

Kromě klasických aparátů doporučujeme využívat také možnosti, které nabízejí *digitální fotoaparáty*. Snímky jimi pořízené mohou být ukládány a kopírovány bez sebemenší změny kvality do digitálních obrazových databází (které se pomalu stávají standardní součástí leteckoarcheologických fotoarchivů), jsou vhodné pro publikační účely (nedochází ke ztrátám či poškozením např. originálních diapozitivů v procesu přípravy publikace). Naše zkušenosti ukazují, že pro letecké snímkování se rozhodně vyplatí pořídit si do kolekce fotoaparátů digitální přístroj s vysokým rozlišením obrazu (3-4 megapixelů; k praktickému používání digitálních fotoaparátů viz nejnověji Novák 2001).

Pro získání *pohyblivého obrazového dokumentu* se dnes mnohem častěji než klasické filmové kamery používají videokamery. Zde je třeba jednoznačně upřednostnit digitální přístroje. Kvalita obrazu jimi natočeného je nesrovnatelně lepší než u kamer analogových a záznam lze dobře zpracovávat (editovat) na osobních počítačích. Pohyblivý obraz je velmi vhodnou formou dokumentu jak pro účely prezentace, tak i z hlediska výuky (simulace průzkumného letu v jednotlivých fázích, např. postupné zviditelňování vegetačních příznaků dané změnou polohy letadla vzhledem ke slunci apod.; viz obr. 3.27.).

Jak již bylo zdůrazněno, považujeme za potřebné pořizovat snímky na různý typ filmu. Je důležité, abychom se v použití fotomateriálu vyvarovali jednostrannosti. Doporučujeme používat jak *černobílý* (*panchromatický*, příp. *infračervený*), tak *barevný* materiál. Poměrně často využívaným typem inverzního filmu bývá v leteckém průzkumu *spektrazonální* materiál, který produkuje diapozitivy s nepravými barvami. Aplikuje se především při prospekci pomocí porostových příznaků, protože zvýrazňuje

objekty často lépe než klasické diapozitivy; obr. XV.). S používáním tohoto typu filmu jsou ale spojené určité problémy, což je jeden z hlavních důvodů jeho poměrně malého rozšíření. Navíc dnes existují možnosti editovat snímky pomocí softwaru typu PhotoShop, takže potřebného zvýraznění objektů špatně na snímcích rozpoznatelných lze docílit poměrně snadno i touto cestou.

Z hlediska dlouhodobé archivace leteckých snímků mají trvale velkou hodnotu zejména černobílé negativy. Jak ukazují dlouhodobé zkušenosti, je trvanlivost dobře uskladněných černobílých negativů mnohem větší než snímků pořízených na barevný materiál (k péči o snímky a k jejich archivaci podrobně Wilson 1997).

Výběr zájmového území, předletová příprava

Správná volba zájmového území je velmi důležitou součástí každého projektu zaměřeného na leteckoarcheologický průzkum krajiny. Zejména to platí pro výzkumné záměry směřující k poznání teoretických otázek, poněvadž v takovém případě musíme volit území, která co nejefektivněji zohledňují možnosti aplikované metody. Naproti tomu archeolog pracující v daném regionu je prostorově omezen a sleduje kontinuálně víceméně celé území, které má pod archeologickým dohledem.

Výběr zájmového území vychází především z rozhodnutí, na jaké indikátory zviditelnění pohřbených památek zaměříme náš průzkum. Jak jsme již konstatovali dříve, absolutně nejefektivnější je leteckoarcheologický průzkum vegetačních příznaků. Jeho výsledky jsou podmíněny několika faktory (viz kap. 3.5.1.1.). Nejdůležitější je skladba půdního substrátu (geologické poměry sledovaného území). Volíme především oblasti s lehkými propustnými půdami (písky, štěrky), které se nejčastěji vyskytují v nížinách poblíž vodních toků. Můžeme proto zobecnit, že nejlepších výsledků lze potenciálně dosáhnout v nížinných oblastech klasického pravěkého sídelního území, v širokých mělkých údolích větších řek a jejich přítoků. Práce s *pedologickými* a zejména *kvartérně geologickými mapami* má proto při volbě pracovního území prvořadý význam (obr. XVI.A).

Zároveň ale zdůrazňujeme smysl dlouhodobého monitorování i oblastí středně těžkých (zejména sprašových) půd, protože i v nich jsou opakovaně identifikovány (byť v menším množství) pohřbené struktury. Pro výše položené sídelní zóny s těžšími, resp. méně propustnými půdami obecně platí, že z hlediska letecké archeologie nejsou příliš vhodné. Pravdou ovšem je, že tyto předpoklady zatím nebyly systematicky prověřovány. Domníváme se, že právě na tomto poli může sehrát významnou úlohu letecký průzkum na regionální úrovni. Navíc provádění prospekce pomocí mimovegetačních příznaků v oblastech pahorkatin a vrchovin má přinejmenším stejnou (ne-li větší) naději na úspěch jako v nížině: zde lze například očekávat výskyt reliéfně zachovaných nemovitých památek indikovatelných pomocí stínového příznaku.

Svoji důležitost má i celkové *rozvržení leteckého průzkumu*. Plánovat intenzitu průzkumných letů v různých ročních obdobích znamená koordinovat ji v kontextu s hlavními cíli celého projektu a s jeho finančními možnostmi. Každý let je samozřejmě individuální akcí a nelze jej předem naplánovat do detailu. Plánovanou trasu připravujeme nad mapami, s nimiž pracujeme za letu. Před startem je potřeba mít u sebe soubor potřebných map (případně stanici GPS), fotoaparáty se založenými filmy a s náhradním fotomateriálem (několik krabiček od každého druhu filmu), formulář (zápisník), do něž zaznamenáváme jak průběh letu, tak zejména údaje o snímkaných místech. Pilot musí být předem podrobně obeznámen s cílem každého letu a s trasou, resp. teritoriem, v němž se má s letounem pohybovat a s přibližným časovým harmonogramem průzkumné akce.

Činnost při průzkumném letu

Posádku při průzkumném letu tvoří zpravidla pilot a archeolog, někdy tuto dvojici doplňuje fotograf. Ve výjimečných případech vykonává pilot všechny potřebné činnosti sám. Pro efektivní průběh celé akce je potřebná součinnost posádky. Ta je otázkou vzájemné dohody o úlohách jednotlivých členů na palubě, k níž dochází před letem a zefektivňuje se dlouhodobou spoluprací. Trasu letu určuje archeolog a pilot musí korigovat jeho záměry s ohledem na aktuální situaci leteckého provozu v zájmovém prostoru. Dále pilot sleduje správný chod motoru a fungování všech přístrojů na palubní desce, komunikuje pomocí radiového spojení s řídicími letového provozu, sleduje vývoj počasí za letu.

Archeolog provádí tuto základní činnost: (1) *monitoring*, tj. vizuální zhodnocení aktuálních podmínek umožňujících smysluplné provádění průzkumu v daném teritoriu; (2) *navigaci*, tj. průběžné zjišťování polohy letadla vzhledem k určené trase letu pomocí map; (3) *pozorování (prospekci)*, tj. vizuální průzkum krajiny spojený s identifikací objektů, které jsou předmětem archeologického zájmu; (4) *evidenci*, tj. zanesení identifikované komponenty do mapy a její popis v přírůstkovém seznamu s kresebným náčrtem a předběžnou klasifikací; (5) *dokumentaci*, tj. pořízení fotografického záznamu (snímku, filmu, videosekvence) zájmového objektu, který má splňovat nároky na kvalitu jeho prezentace (morfologie, vztah k okolnímu prostředí, dodatečná/detailní interpretace) a na určení jeho víceméně přesné topografie (rektifikace šikmých snímků); provádí se přinejmenším dvěma fotoaparáty (inverze, negativ); (6) vedení *záznamu o průběhu letu*, zahrnujícím údaje o časových faktorech (start, cíl, celková délka letu), místu startu/přistání, aktuálním počasí, o trase letu, o osobách na palubě (pilot, pozorovatel, navigátor, fotograf), aktuálním charakteru zemského pokryvu (vegetace, sníh apod.), o způsobu snímkování, použitých kamerách a fotomateriálu.

Zpracování a uložení dat

Provádění leteckého průzkumu je pouze prvním stupněm leteckoarcheologického projektu. Aby se informace získané v průběhu letu daly smysluplně využít, musí být náležitě zpracovány, evidovány a uloženy. Primární informace získané při leteckém průzkumu jsou uloženy na fotomateriálu (filmy, videopásky, výměnné paměťové karty), na mapách, v GPS a v záznamech o průběhu letu.

Zpracování dat můžeme rozdělit do 4 kroků: (1) laboratorní zpracování fotografického materiálu; (2) základní lokalizace komponenty či památky (jako bodu nebo polygonu) v krajině, a to za pomoci snímků, záznamů v mapě, údajů GPS a záznamů z letu; (3) analýza, klasifikace a interpretace zjištěných objektů, rektifikace šikmých snímků nebo jejich kresebných ekvivalentů a pořízení plánů objektů a komponent; (4) uložení snímků do archivů, případně v digitální podobě a spolu s dalšími daty do databází různého charakteru.

Laboratorní zpracování fotografického materiálu

Prvním článkem v procesu zpracování dat je laboratorní zpracování klasického fotografického materiálu do podoby obrazového pramene (negativ, diapozitiv). Ve většině případů se barevné záznamy nechávají zpracovat v komerční servisní laboratoři, černobílé snímky lze bez problému vyvolávat a zvětšovat v jakékoli domácí či institucionální fotolaboratoři. V případě digitálního záznamu převedeme obrazové soubory z aparátu na jiné digitální paměťové médium a zálohujeme.

Lokalizace komponent

Nezbytným předpokladem smysluplného zacházení se získanými daty je především základní určení jejich polohy v některém z běžných souřadnicových systémů (srov.

kap. 11.1.2.), resp. v topografické mapě středního měřítka (1:10.000 nebo 1:25.000). Lokalizace zjištěných komponent zpravidla následuje ihned po laboratorním (technickém) zpracování snímku a provádí se zároveň s ukládáním základních evidenčních údajů o lokalitě buď na evidenční karty, do přírůstkového sešitu či do databáze.

Analýza, klasifikace a interpretace dat, rektifikace snímku

Data získaná leteckým průzkumem mohou být plně využitelná pouze za předpokladu dalšího zpracování leteckých snímků. Jeho součástí je analýza, klasifikace a interpretace objektů na leteckých snímcích a polohová rektifikace snímku. V žádné jiné fázi práce s obrazovými prameny nezáleží tolik na znalostech a zkušenostech archeologa jako při klasifikaci a interpretaci objektů na snímcích.

Zpracování leteckého snímku předpokládá jeho (a) analýzu, tj. vyhledání linií a ploch, které svým charakterem odpovídají nemovitým objektům antropogenního původu, (b) klasifikaci (podle druhu, tvaru, velikosti atd.) a (c) interpretaci v pojmech někdejších sídelních či mimosídelních aktivit. Během těchto (nezbytně úzce propojených) kroků věnujeme pozornost veškerým změnám na povrchu terénu, avšak zejména se zaměřujeme na anomálie, které mají geometrický tvar. Schopnost interpretovat letecké fotografie je přímo úměrná znalosti morfologické škály pravěkých až novověkých nemovitých památek, možných 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 linie příkopů mohyl od podobných tvarů způsobených rovnoměrným rozrůstáním podhoubí některých druhů hub (obr. 3.28.), obrazce vyvolané tzv. mrazovými klíny od skupinových ohrazení apod. Je třeba upozornit na to, že je důležité řádně prohlédnout každý snímek pořízený i samotným interpretem, protože zkušenosti ukazují, že občas dochází k objevu méně zřetelných anomálií teprve v této fázi. Takto byly například opakovaně zjištěny půdorysy dlouhých neolitických domů na polohách s jinými výraznými porostovými příznaky, které odvedly pozornost leteckého archeologa od hůře viditelných řad bodů (kulů) a linií (základových žlabů; obr. 3.29.). Letecké snímky lze interpretovat i z hlediska zaniklých přírodních prvků, např. říčních koryt, rozsahu erozních procesů atd.

Šikmé letecké fotografie zobrazují vybranou část reálné krajiny, k jejímuž zachycení se pozorovatel rozhodl (většinou v podmínkách časové tísně). Zobrazují povrch terénu tam, kde je umístěn předmět archeologického zájmu, a to z různých stran a vzdáleností, a jsou zpravidla dobrým zobrazením určité archeologické situace. Nejsou však kartograficky přesné, protože mají různé (obvykle neznámé) měřítko a úhel záběru. Abychom anomálie na snímku přeměnili v archeologická data, musíme snímek tzv. rektifikovat. *Rektifikace* znamená převedení šikmého snímku nebo jeho kresebného ekvivalentu na obraz „kolmý“, resp. obraz, ve kterém poměry různých úhlů a vzdáleností odpovídají realitě a jsou zobrazeny ve známém měřítku. Tím získávají informace uložené na letecké fotografii stejné parametry, jimiž je charakterizována dokumentace nemovitých archeologických objektů při terénních výkopech - známe jejich tvar, rozměry a víceméně přesnou polohu (Haigh 2000; Scollar 1975).

Velká část šikmých snímků však (bohužel) do podoby rektifikovaných plánů převáděna není a být nemůže. Je tomu tak proto, že na nich buď není dostatečné množství referenčních bodů, nebo chybějí pracovní kapacity na systematické provádění rektifikace. Proto se rektifikace obvykle provádí přednostně u objektů, které jsou aktuálním předmětem dalšího výzkumu.

Archivování leteckých snímků a ukládání dat

Existují dva základní způsoby ukládání leteckoarcheologických dat: (a) tradiční archivování analogových dat, tj. negativů, pozitivů, diapozitivů, příp. filmů a (b)

ukládání dat v digitalizované podobě. Rozdíl mezi oběma způsoby se však postupně stírá, a to v souvislosti s tím, jak je technologie analogového zobrazení postupně nahrazována digitálními technologiemi (digitální fotoaparáty a videokamery).

Souhrnným názvem *archivy leteckých snímků* označujeme místa, v nichž jsou ukládány (a) letecké snímky pořízené při průzkumných letech a případně doplněné o kolekce fotogrammetrických snímků; (b) veškerá data týkající se lokalit identifikovaných prostřednictvím letecké prospekce. Hlavní součástí archivu leteckých snímků je archiv negativů, diapositivů, jejich digitálních ekvivalentů na CD (obr. 3.32.), filmových záznamů, videokazet apod. Za významnou součást tohoto archivu považujeme *knihovnu leteckých fotografií*. V ní jsou ve složkách, řazených např. abecedně po jednotlivých katastrofách, uloženy fotografie (zvětšeniny) všech snímkaných míst. 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 apod.). Kromě toho by měla složka obsahovat kopii mapového výřezu (v měřítku alespoň 1:10.000) s vyznačením polohy snímkané lokality (obr. 3.33.).

Každá fotografie by měla být označena popisem s těmito základními údaji: katastr, okres (kraj), poloha (pomocí souřadnic/koordinátů), datum pořízení snímku, číslo negativu / diapositivu, charakter lokality (nově objevené místo s archeologickými objekty / dokumentovaná památka), morfologie (případně interpretace) objektů / kategorie památky.

V průběhu posledního desetiletí se stávají standardním doplňkem tradičních leteckých fotoarchivů i počítačové *databáze* různých forem. Tento způsob ukládání dat může mít několik forem, a to např. (a) databáze alfanumerických dat, (b) obrazové databáze nebo (c) geografického informačního systému s připojenými textovými i obrazovými údaji. V prvně uvedeném typu databáze lze ukládat záznamy např. o jednotlivých průzkumných letech či jiných archeologických akcích (např. sběrech) na nově objevených lokalitách. Časté jsou však i obrazové databáze, ve kterých jsou archivovány (naskenované nebo digitálně pořízené) letecké snímky, a to buď bez textového doprovodu, nebo v kombinaci s ním. Zatím nejdokonalejší digitální archivy leteckých snímků představují aplikace GIS. Jednotlivé lokality jsou zde zobrazeny jako body a polygony, podloženy digitální topografickou mapou a interaktivně propojeny s databází lokalit, obsahující jak fotografie, tak ostatní údaje v textové či tabulkové podobě. I když obrazové databáze a GIS jsou náročné na výkonnost počítače, mají značné výhody především v operativnosti (rychlém vyhledávání požadovaných dat), v ochraně originálních snímků a v možnosti propojení s dalšími archeologickými databázemi.

APLIKACE DAT DÁLKOVÉHO PRŮZKUMU ZEMĚ

I když se v obecném povědomí spojuje dálkový průzkum Země (DPZ) s využitím družicových dat, je významnou součástí tohoto oboru také vertikální (fotogrammetrické) snímkování a interpretace fotografií pořizovaných z velkých výšek ze speciálně vybavených letadel (k vymezení a cílům DPZ viz kap. 3.2.1.). Podle toho, zda je snímací aparatura umístěna na leteckých nosičích či umělých družicích se DPZ dělí na letecký a kosmický DPZ. Zároveň je třeba podotknout, že jak letadla, tak družice dnes mohou pro účely speciálního záznamu obrazových informací používat prakticky stejné technologie (např. vícepásmové skenery, digitální videokamery, laserové a radarové systémy, termovizní kamery).

Interpretace kolmých snímků z velkých výšek

Lze říci, že dnes i u nás běžně dostupné kolmé (fotogrammetrické) snímky mají pro studium pravěké a historické krajiny větší význam než (panchromatické) snímky družicové, protože jsou pořizovány v relativně velkém měřítku (obvykle kolem 1:30.000) a při rozměrech negativu 23x23 cm mají velmi dobré rozlišení, takže většinou mohou být zvětšeny až do měřítka 1:5000 bez ztráty kvality. Při digitalizaci těchto snímků s vysokým optickým rozlišením (alespoň 1000 DPI) dosahují tyto obrazy rozlišení srovnatelné se snímky z nejnovějších typů družic (kolem 1 metru).

Fotogrammetrické letecké snímkování se provádí většinou v rovnoběžných náletových osách orientovaných ve směru východ-západ. Snímkování probíhá tak, aby se jednotlivé záběry terénu překrývaly v potřebné míře, čímž se zajistí jejich vzájemná polohová i obsahová návaznost. V naprosté většině případů se snímky pořizují s podélným překrytem 60%, mezi sousedními řadami snímků činí překryt 30%. Při využití fotogrammetrických postupů analýzy je možno dosáhnout vysoké polohové přesnosti výstupních informací. Největší význam mají tyto fotogrammetrické panchromatické snímky pro tvorbu map (Řeřicha 1998). U nás je tento druh fotografií uložen ve Vojenském topografickém ústavu v Dobrušce. Zde jsou archivovány letecké snímky od roku 1936 do současnosti (kompletní snímkování celého státu se provádí přibližně jedenkrát za sedm let), z nichž převážná většina je černobílá. Snímky je možné získat v několika formách (duplikátní negativ, diapozitiv, kontaktní kopie, zvětšenina do formátu 100x100 cm u černobílých snímků a 120x120 cm u snímků barevných). Velkou nevýhodou tohoto rozsáhlého fondu je, že archiv vlastní pouze negativy, nikoliv fotografie (a to ani kontakty, ani zvětšeniny), takže neexistuje možnost předběžného výběru a studia snímků v pozitivu. Vždy je třeba si objednat zhotovení fotografií zájmového území, což je relativně nákladná záležitost, přičemž se může ukázat, že snímky neobsahují z hlediska archeologického zájmu žádné informace. Archiv však nabízí možnost studia negativů prostřednictvím speciálního prosvětlovače. Naproti tomu v zahraničí jsou většinou výsledky leteckého snímkování přístupny jako pozitivní kontaktní kopie. Pravděpodobně nejdále je v tomto směru Anglie, kde existuje na internetu přístupný (srov. tab. 3.1.) registr archivů a evidovaných kolekcí leteckých fotografií. Spravuje jej *Národní asociace archivů leteckých snímků (NAPLIB)*.

Pro účel krajinné archeologie je tento druh analogového obrazu nejvíce využíván ve Velké Británii a v Rakousku (podrobněji kap. 3.3.6.). Slouží k systematickému mapování velkých územních celků. Zejména v Anglii jsou velmi dobře využitelné v oblastech, které zůstaly dodnes ušetřeny praktik intenzivního orného zemědělství. Mohou se totiž na nich vyhledávat nejenom porostové a půdní, nýbrž také stínové příznaky. Kvůli dosažení co možná nejlepšího obrazu jsou kolmé snímky většinou analyzovány ve dvojicích se 60% překrytem (tzv. stereopárech) pomocí příručního stereoskopu (obr. 3.34.). Tak je možné sledovat obraz v trojrozměrném podání (reliéf krajiny je zvýrazněn oproti skutečnosti). Na průhlednou fólii položenou přes fotografii se perem zaznamenávají všechny povrchové anomálie interpretované z hlediska potřeb archeologického výzkumu. Do map se takto zjištěné objekty přenášejí z fólií prostřednictvím prosvětlovacího zařízení nebo pomocí kružítka a pravítka.

Rozšířenou formou využití leteckých vertikálních snímků je vytváření tzv. *ortofotomap*, do nichž jsou ukládána data získaná interpretací leteckých fotografií, povrchovými průzkumy, geofyzikálními měřeními apod. (obr. 3.35.)

Stále důrazněji se v poslední době poukazuje na využití přibližně 50 milionů leteckých fotografií pořízených v době druhé světové války. Snímky, které se zachovaly do současnosti pokrývají velkou část Evropy a některé oblasti Středního a Dálného východu a jejich potenciál pro studium přirozené a kulturní krajiny zůstává

prozatím téměř nevyužitý. Většina tohoto válečného materiálu (spojeneckého i německého původu) je uložena v USA (*Národní archiv spojených států - USNA*, Maryland) a na univerzitě v Keele (Velká Británie; Going 2002). Některé snímky byly nedávno úspěšně použity k odhalení masových hrobů v Katyni (Godziemba-Maliszewski 1995; obr. 3.36a.).

Na závěr této kapitoly ještě připomeňme, že velmi zajímavé možnosti přináší fotogrammetrické snímkování krajiny z malých výšek kamerou malého/středního formátu speciálně zabudovanou do dveří malého sportovního letadla. Originální snímky v měřítku až 1:4.000 mohou být několikanásobně zvětšeny bez ztráty kvality. Pro archeologii má tato možnost snímkování zřejmě přednosti v tom, že na snímcích tohoto měřítku jsou velmi dobře patrné i menší archeologické objekty a že zároveň známe jejich přesnou velikost a polohu (Warner - Graham - Read 1996).

Využití družicových snímků a dalších metod DPZ

Rozvoj kosmického DPZ šel ruku v ruce s rozvojem počítačů. Zatímco v 60. letech byly družicové nosiče vybaveny kamerami na klasický filmový materiál, v průběhu následujícího desetiletí začaly být aplikovány první skenerové snímače a s nimi digitální způsob záznamu dat, odesílaných na zem přímo z oběžné dráhy.

V současné době obíhají kolem Země dva typy družicových systémů: (a) *geostacionární satelity* jsou vzdáleny kolem 35 tisíc km od Země a jedním záběrem pojmu celou polovinu zemského povrchu. Jsou využívány především v meteorologii; (b) *satelity na nižších oběžných drahách* se pohybují ve vzdálenosti asi 600-1000 km od naší planety a slouží potřebám přírodních věd (ekologie, hydrologie, oceánografie), geografie a kartografie, ekonomie atd. Právě z těchto satelitů se pořizují snímky, jejichž potenciál může sloužit i výzkumu historické krajiny a potřebám archeologie.

Archeologie se z hlediska využití dat kosmického dálkového průzkumu nachází zatím v období dospívání. Satelitní snímky byly zatím nejčastěji využívány v projektech amerických institucí, zejména v oblastech, kde jsou často nedostupné archivy klasických leteckých kolmých fotografií a praktikování letecké prospekce je tam většinou nemožné. Podle údajů z poloviny 90. let se v USA problematikou kosmické DPZ v archeologii zabývá na profesionálně vysoké úrovni asi 5% univerzitních archeologických pracovišť a lze předpokládat, že dnes bude toto číslo vyšší (Gojda 1997a). Dosud americké týmy využívaly data ze satelitních snímků v projektech na americkém kontinentě, na Středním východě i v Evropě (např. hledání starověkého přístavu v Korintu, více než dvacetiletý krajinný projekt v Burgundsku - Madry 1987, viz tab. 3.1.). Také na evropských pracovištích roste informovanost o potenciálu satelitních snímků a stále častěji jsou publikovány záběry nejen známých památek, ale také neznámých objektů zviditelněných pomocí některého ze známých příznaků (např. Fowler 1999, obr. 3).

Z dalších technologií využívaných v posledních třech desetiletích se v archeologii postupně stále více experimentuje s termografií (termovizí) a se zobrazovacími radary. Na rozdíl od skenerů nebo klasických kamer, které pracují v optickém oboru spektra a měří odražené sluneční záření, je *radarová aparatura* vybavena vlastním zdrojem záření. Nízké frekvence použitého záření dovolují získávat data i přes mlhu, oblačnost a drobný déšť. Radarové vlny také více pronikají porostem, do půdy nebo do sněhové pokrývky, takže dovolují získávat informace i o podpovrchové vrstvě (Kolejka - Kučera 2001). Dnes lze radarová data získat od tří provozovatelů (Evropská kosmická agentura vlastní systém ERS-1 a ERS-2, Kanadská agentura systém RADARSAT a Japonská kosmická agentura systém JERS-1). Do roku 1994 byl celkem čtyřikrát vypuštěn americký systém SIR, na jehož snímcích byly identifikovány zaniklé systémy zavlažovacích kanálů v pouštních oblastech USA, severní Afriky a Středního východu,

v tropických oblastech Mexika, Guatemaly (mayská sídelní oblast) a jihovýchodní Asie (Angkor Vat). Většina radarových snímačů má však horší prostorové rozlišení a jejich využití v archeologickém průzkumu je omezené.

Naproti tomu dálková *termografie* je v archeologii využívána častěji. Již několikrát se osvědčila tím, že přinesla doplňující informace o archeologických památkách ukrytých nehluboko pod povrchem. Měření pomocí termovize se provádí buď v noci či za denního světla. Nenověji se rozvíjí aplikace infračerveného termovizního měření (Shell 2002). V oblasti *laserového* snímání povrchu terénu je nejvyspělejším systémem LIDAR (Light Direction and Ranging), který je založen na měření laserových impulsů, respektive na délce času, v jehož průběhu se impuls odražený od země vrací zpět do skeneru. Tímto způsobem se zaznamenávají i velice jemné rozdíly reliéfu na povrchu země, a proto je tento systém využíván především k mapování terénního reliéfu v širokých údolích větších řek (detekce písčitých přesypů pohřbených nivou apod.). LIDAR měří polohu objektů (s relativní přesností 10-15 cm) a jejich výšku, ale nemá schopnost mapovat struktury ukryté pod povrchem. Nosičem snímací aparatury je letadlo. Využití tohoto systému v archeologických aplikacích bude (zejména u nás) v nejbližší době silně omezeno jeho vysokou cenou.

GEOFYZIKÁLNÍ METODY (R. Křivánek)

VYMEZENÍ GEOFYZIKY

Geofyzika náleží do širší skupiny přírodovědných oborů, které se zaměřují na studium Země, svým teoretickým i praktickým využitím však již dávno překročila své původní vymezení i hranice planety. Hlavní náplní geofyziky je studium různých fyzikálních polí v zemském tělese a jeho okolí (Mareš a kol. 1990). Geofyziku můžeme dále dělit podle cílů a předmětu studia. Studium hlubinné stavby zemského tělesa (s možnostmi využití převážně v teoretické oblasti) se zabývá *fyzika Země*. Studium fyzikálních vlastností a polí v zemské kůře a svrchním plášti zemského tělesa (s více možnostmi praktického využití) se zabývá *užitá geofyzika*. Primární oblastí využití užitě geofyziky zůstává geologický průzkum stavby svrchní části Země (strukturní geologie, vulkanologie), vyhledávání ložisek nerostných surovin (ložisková geologie) a další geologické obory (inženýrská nebo stavební geologie, hydrogeologie apod.). K oblastem jejího využití jako aplikované vědy však dnes patří i obory další (hornictví, životní prostředí, ekologie, astronomie, případně také vojenství, stavebnictví apod.), mezi něž patří také archeologie.

Geofyzika v archeologii patří do široké skupiny aplikací užitě geofyziky. Využívá některé metody užitě geofyziky a jejím cílem je nedestruktivní identifikace objektů a situací archeologického významu. Geofyziku v archeologii dnes můžeme považovat za samostatně se rozvíjející odvětví užitě geofyziky, některými autory proto bývá také označovaná termínem *archeogeofyzika*. Specifické podmínky, způsoby a výsledky aplikací užitě geofyziky v archeologii jsou obsahem řady samostatných publikací a dokládají rychlý vývoj a měnící se možnosti oboru (např. Clark 1990; Hašek - Měřínský 1991; Marek 1996; Scollar - Tabagh - Hesse - Herzog 1990). Geofyzika v archeologii bývá rovněž (nepřesně) zahrnována pod pojem archeologický průzkum (archaeological prospecting). I z hlediska geofyziky se pojem „průzkum“ dnes jeví jako příliš úzký (srov. kap. 1). Rozlišení „průzkumu“ a „výzkumu“ nespočívá ovšem v geofyzikálních metodách samotných, nýbrž ve způsobech jejich nasazení, které určuje geofyzik převážně na základě potřeb uživatele, tedy archeologie, a podmínek měření.

HISTORIE GEOFYZIKÁLNÍCH METOD

Výchozí bod historie aplikací geofyzikálních metod v archeologii můžeme situovat do roku 1946, kdy Angličan *Richard Atkinson* uskutečnil první geofyzikální (geoelektrické odporové) měření na archeologické lokalitě Dorchester-on-Thames (Atkinson 1953). V roce 1956 pak Angličan *Anthony Clark* použil na lokalitě Curotio, Wiltshire, první speciálně vyrobenou geoelektrickou aparaturu pro geofyzikální průzkum v archeologii (Martin-Clark resistivity meter; Clark 1957). Teoretické základy magnetometrického průzkumu vypálených materiálů položil v roce 1957 Kanadčan J. Beshé (1957). Průkopníkem ve vývoji aplikace magnetometrie v archeologii byl Angličan M. Aitken z *Research Laboratory for Archaeology and the History of Art* v Oxfordu, který v roce 1958 uskutečnil první magnetometrické měření na lokalitě Water Newton, Peterborough, s pomocí prvních magnetometrů pracujících na principu precese protonů (Aitken - Webster - Rees 1958, Aitken 1962). Od počátku 80. let mezi průkopníky nového způsobu velkoplošného geofyzikálního (především magnetometrického) průzkumu archeologických lokalit i jejich počítačového zpracování patří Němec *Helmut Becker* (později také J. Fassbider) z *Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege* v Mnichově. Od 90. let se svými špičkovými výsledky

profiluje další pracoviště s nejmodernějším vybavením (magnetometrie, geoelektrické přístroje, radar) v *Interdisziplinäres Forschungsinstitut für Archäologie* při Universitě ve Vídni (W. Neubauer a kol.).

V české archeologii dochází k prvním aplikacím geofyziky od 60. let, systematictěji pak od počátku 70. let. Po prvních průkopnických pracích L. Hrdličky byla v Čechách v roce 1973 navázána systematická spolupráce mezi Katedrou užitě geofyziky PřF UK Praha (F. Marek), firmou Geofyzika Brno, závod Praha (V. Bárta) a Archeologickým ústavem ČSAV v Praze (E. Pleslová), na Moravě v roce 1974 mezi Geofyzikou Brno (V. Hašek) a Archeologickým ústavem ČSAV v Brně (K. Ludikovský). V roce 1976 byla pracovníky těchto a dalších institucí (vysokých škol i ústavů) založena *Interdisciplinární racionalizační brigáda pro uplatnění geofyzikálních metod v archeologii* (IRB). Výsledkem činnosti IRB (působící do konce 80. let) byla řada úspěšných a systematictěji ve spolupráci s archeology vedených geofyzikálních měření na archeologických lokalitách. V Čechách až počátek 90. let znamená nové období s možností postupného vytváření geofyzikálního pracoviště v Archeologickém ústavu v Praze. Po oddělení expozitur a detašovaných pracovišť s aktivními geofyziky (Most: R. Křivánek, Závist: A. Majer) vzniká v rámci reorganizace Archeologického ústavu v Praze nové geofyzikální pracoviště v rámci *Oddělení prostorové archeologie* (Křivánek). Díky získání investičních prostředků z grantů GA ČR a GA AV ČR na konci 90. let dnes toto pracoviště může využívat moderní geofyzikální vybavení, které umožňuje systematickou spolupráci geofyzika s archeology ve více oblastech praktického i teoretického výzkumu.

DRUHY GEOFYZIKÁLNÍCH METOD

Podle fyzikálního principu, charakteru sledovaného fyzikálního pole a způsobu měření dělíme užitou geofyziku na několik skupin základních geofyzikálních metod: geoelektrické metody, gravimetrie, magnetometrie, radionuklidové metody, seismiku a termometrii. Do širšího okruhu metod užitě geofyziky pak zahrnujeme i další speciální geofyzikální metody a postupy, z nichž si zde připomeňme alespoň ty, které se alespoň částečně mohou týkat i archeologických situací (např. aerogeofyzikální měření, geofyzikální měření na moři, geofyzikální měření ve vrtech, petrofyzika).

Geoelektrické metody zahrnují více principiálně odlišných metod. Zabývají se sledováním elektrického pole Země a jeho lokálních nehomogenit prostřednictvím přirozených (stejnoseměrné odporové metody a elektrochemická metoda spontánní polarizace) i umělých (elektromagnetické metody včetně radaru a elektrochemická metoda vyzvané polarizace) geoelektrických polí. Hlavními oblastmi uplatnění geoelektrických *stejnoseměrných odporových metod* jsou ložisková, strukturní, regionální, případně i inženýrská geologie, hydrogeologie nebo ochrana životního prostředí. K těmto metodám patří např. symetrické odporové profilování (SOP) nebo vertikální elektrické sondování (VES). SOP představuje postup, při kterém se 2-4 konstantně rozmístěné měřicí elektrody postupně posunují po profilu a měření v celém profilu tedy dosahuje standardní hloubky. VES je měření na jednom bodě v různých hloubkových úrovních, kterých se dosahuje rostoucí vzdáleností elektrod. *Elektrochemické metody* se využívají v geologii ložiskové, *elektromagnetické metody* v ložiskové, strukturní, regionální i inženýrské geologii, hydrogeologii, hornictví a ochraně životního prostředí. K posledně jmenovaným patří např. metoda DEMP (dipólové elektromagnetické profilování, aktivní metoda s vlastním zdrojem elektromagnetických vln), tzv. metoda VDV (pasivní metoda, využívající polí radiostanic na velmi dlouhých vlnách), radar (GPR, ztrátka z angl. ground penetrating radar) a detektory kovů.

V archeologii lze geoelektrické stejnosměrné odporové a elektromagnetické metody využít ve velké míře při vyhledávání objektů s kamennou konstrukcí (zděné základy staveb, kamenné mohyly, části valů a další objekty s kamennou konstrukcí), při průzkumu některých zahloubených objektů (jam, příkopů, apod.) a nezaplňených či vytěžených prostor (dutiny, hrobky, některé objekty exploatačních center apod.). Základní sledovanou fyzikální veličinou stejnosměrných odporových metod je zdánlivý měrný odpor ρ_z („zdánlivý“ se zde používá ve smyslu „relativní“, tj. vztažený k určitému prostředí či pozadí), elektromagnetických metod např. zdánlivá měrná vodivost γ_z , relativní permitivita ϵ , u radaru např. rychlost šíření impulsu v prostředí v (srov. Finzi - Piro 2000). Jejich hodnoty závisí především na vodivosti minerálů, struktuře, textuře, pórovitosti, puklinatosti nebo navětrání hornin či jejich nasycení vodou. Jeden z moderních přístrojů na geoelektrické odporové měření ukazuje obr. 4.1a.; přístroj na elektromagnetické měření je na obr. 4.1b.

Tab. 4.1. Druhy geofyzikálních metod.

ZÁKLADNÍ ČLENĚNÍ	HLAVNÍ METODY	HLAVNÍ OBLASTI VYUŽITÍ
geoelektrické metody	geoelektrické odporové metody	ložisková a strukturní geologie, hydrogeologie, ochrana živ. prostředí, <i>archeologie</i>
	elektrochemické metody	ložisková geologie
	elektromagnetické metody (včetně radaru a detektorů)	inženýrská a strukturní geologie, hydrogeologie, ochrana živ. prostředí, <i>archeologie</i>
gravimetrie	sledování tíhového pole	fyzika Země
	sledování rozložení hmot, resp. hustot	ložisková, inženýrská a regionální geologie, hydrogeologie
	mikrogravimetrie	hornictví, speleologie, <i>archeologie</i>
magnetometrické metody	sledování geomagnetického pole	fyzika Země
	sledování reg./lok. změn magnetického pole	inženýrská, ložisková a regionální geologie, ochrana živ. prostředí, vulkanologie, <i>archeologie</i>
	sledování magn.susceptibility	ložisková geologie, <i>archeologie</i>
	paleomagnetický výzkum	strukturní a regionální geologie
radionuklidové metody	radiometrické met./sledování přirozené radioaktivity	ložisková, regionální a strukturní geologie, ochrana živ. prostředí a ojedinele <i>archeologie</i>
	metody jaderné geofyziky	ložisková geologie
seismické metody	sledování odražených vln/reflexní seismika	ložisková a strukturní geologie, fyzika Země
	sledování lomených vln/refrakční seismika	ložisková a inženýrská geologie, ochrana živ. prostředí, hornictví
	mělká refrakční seismika	inženýrská geologie, hornictví a <i>archeologie</i>
geotermické metody	sledování toku tep. energie	fyzika Země, strukturní geologie
	sledování lok. změn geotermálního pole	ložisková geologie, hydrogeologie, speleologie, vulkanologie, hornictví a <i>archeologie</i>
aerogeofyzikální měření	aeromagnetometrie, aerora- diometrie a dálkový průzkum Země (včetně termometrie)	geofyzikální mapování, ložisková a strukturní geologie, ochrana živ. prostředí
geofyzikální měření na moři	gravimetrie, magnetometrie, seismoakustika, termometrie, seismika a radiometrie	geofyzikální mapování, ložisková a strukturní geologie
petrofyzika	laboratorní sledování fyzikálních vlastností minerálů a hornin	ložisková, regionální a strukturní geologie
karotáž / geofyzikální	sledování fyzikálních vlastností hornin, kapalin, stavu vrtů souborem	ložisková, regionální a strukturní geologie, hydrogeologie, hornictví

měření ve vrtech	geofyzikálních metod	
------------------	----------------------	--

Gravimetrie sleduje tíhové pole Země a rozložení hmot s rozdílnými hustotami, a to jak v zemské kůře, tak v zemském nitru. Ze způsobu sledování zemského tíhového pole pak vyplývají hlavní oblasti využití gravimetrie: sledování tvaru a rozměrů Země (fyzika Země), ložisková, inženýrská a regionální geologie a hornictví.

Při měřeních v archeologii využíváme gravimetrická měření především při vyhledávání nezaplňených, případně vytěžených prostor (dutiny, hrobky, krypty, sklepy, chodby, některé objekty exploatačních center; srov. Di Filippo - Ruspandini - Toro 2000). Základní fyzikální veličinou sledovanou gravimetrií je relativní tíhové zrychlení g resp. hustota hornin ρ , která je mimo rovnoměrné zaplnění sledovaných prostor závislá na mineralogickém složení, struktuře, textuře, stupni diagenese, navětrání či metamorfózy hornin.

Magnetometrie, resp. soubor magnetometrických metod, se zabývá sledováním magnetického pole Země a regionálních i lokálních poruch geomagnetického pole. Hlavní oblasti uplatnění výsledků magnetometrie jsou proto studium vnitřní stavby Země (fyzika Země), ale také ložisková, inženýrská, strukturní a regionální geologie a vulkanologie.

Tab. 4.2. Veličiny měřené v archeogeofyzice a jejich jednotky (označení).

GEOFYZIKÁLNÍ METODY	FYZIKÁLNÍ VELIČINY	JEDNOTKY
geoelektrické odporové profilování / sondování (SOP, VES)	zdánlivý měrný odpor	ρ_z [Ω m]
elektromagnetické profilování (DEMP) metoda VDV	zdánlivý měrná vodivost (resp.) zdánlivý měrný odpor magn. složky EM-pole (nebo) zdánlivý m. odpor + fázový posun	γ_z [mS/m] ρ_z [Ω m] ReHz/ImHz [%] ρ_z [Ω m] + φ [°]
radar (GPR)	průběhový čas rychlost šíření impulsu v prostředí	t [ns] v [m/s]
mikrogravimetrie	relativní tíhové zrychlení (resp.) hustota	g [$\mu\text{m/s}^2$] ρ [kg/m^3]
magnetometrické profilování	velikost totálního magn. pole gradient magnetického pole	T [nT] ΔT [nT/m]
měření magn. susceptibilita	zdánlivá/objemová magnetická susceptibilita	κ [$\text{n} \cdot 10^{-4}$ SI]
radiometrie	expoziční příkon u γ -spektrometrie (nebo) koncentrace K, U, Th	X [pA/kg] Q_K [%], $Q_{U/Th}$ [ppm]
mělká refrakční seismika	rychlost šíření elastických vln (resp.) průběhový čas	v_p/v_L [m/s] t [s]
termometrie	teplota teplotní gradient	t [°C] G [°C/m]

V archeologii patří magnetometrické metody k postupům, které lze ve velké míře využít při vyhledávání a studiu zahloubených objektů (jámy, příkopy, palisády, hroby, a mnohé další zahloubené objekty) a objektů vypálených (pece, odpadní haldy po výrobě, ohniště, vypálené objekty). Základních fyzikálních veličin sledovaných magnetometrickými metodami je několik, mezi hlavní patří absolutní či relativní totální magnetické pole T , jeho (vertikální) gradient ΔT resp. zdánlivá či objemová magnetická susceptibilita κ . Pojem *susceptibilita* znamená magnetismus určitého materiálu, jeho schopnost magnetizovat se. Měří se víceméně kontaktním způsobem, naměřené hodnoty platí jen pro okruh několika centimetrů. Naproti tomu výše *totálního magnetického pole* je zpravidla souhrnem působení širšího okolí přístroje, tedy i hlouběji uložených materiálů a vnějších zdrojů; velmi rušivě proto mohou působit silné magnetické zdroje i z větší vzdálenosti (vedení vysokého napětí apod.).

Pojem *gradient* znamená rozdíl mezi hodnotou naměřenou blíže povrchu a ve větší vzdálenosti od něj. Hodnoty magnetického pole závisí nejvíce na obsahu feromagnetických minerálů, chemickém složení, tvaru i rozměrech krystalů a zrn, obsahu organických složek v hornině nebo půdě. Vedle běžné přirozené remanentní magnetizace hornin a půd pak na výši hodnot sledovaných veličin má největší vliv termoremanentní magnetizace podmíněná výší i délkou zahřátí materiálů. Laboratorní magnetometrická měření nacházejí využití i v jiných obastech (paleomagnetický nebo archeomagnetický výzkum a datování).

Přístroje na měření magnetického pole se nazývají *magnetometry*, přičemž existují různé druhy těchto zařízení (protonový, resp. cesiový magnetometry, gradiometr atd.; srov. např. obr. 4.1c. a XXI.B). Magnetická susceptibilita se měří tzv. *kapametrem*.

Radionuklidové metody představují soubor několika principiálně odlišných metod. Sledují přirozenou radioaktivitu hornin (radiometrické metody) nebo využívají uměle vzbuzená pole jaderného záření (metody jaderné geofyziky). Hlavními oblastmi uplatnění radiometrických metod jsou ložisková (vyhledávání ložisek radioaktivních i neradioaktivních surovin), strukturní a regionální geologie a také ochrana životního prostředí. Jaderná geofyzika nalézá užítí v ložiskové geologii a vrtném geologickém průzkumu, případně hydrogeologii. Při geofyzikálních měřeních v archeologii můžeme radiometrických metod využít velmi omezeně, a to např. při průzkumu některých výrobních objektů nebo exploatačních center. Základními sledovanými veličinami radiometrie jsou buď úhrnná aktivita γ , charakterizovatelná expozičním příkonem χ , nebo koncentrace Q radioaktivních prvků v hornině skládající se z dílčích koncentrací K, U, Th.

Geotermické metody, někdy označované také jako geotermika či termometrie, sledují tepelné pole Země a jeho lokální poruchy. V závislosti na způsobu sledování geotermického pole patří k hlavním oblastem využití průzkum tepelného toku Země (fyzika Země) a dále strukturní geologie, vulkanologie nebo hydrogeologie. Při geofyzikálních měřeních v archeologii využíváme geotermická měření především při vyhledávání podpovrchově nehluboko uložených nezaplňených prostor (dutiny, hrobky, krypty, sklepy atd.). Základní sledovanou fyzikální veličinou je teplota t nebo teplotní gradient G , který je závislý na mineralogickém složení, struktuře, textuře hornin, tektonických poměrech nebo také na míře zaplnění sledovaných prostor.

Seismické metody (seismika) sledují uměle vyvolané odražené (reflexní seismika) nebo lomené (refrakční seismika) elastické vlny v zemském tělese. Podle zdrojů i způsobu sledování elastických vln v zemském tělese jsou hlavními oblastmi využití studium zemské kůry nebo svrchního pláště (fyzika Země) nebo ložisková, inženýrská, regionální geologie, hornictví či ochrana životního prostředí. V archeologii můžeme omezeně využít metody mělké refrakční seismiky, a to např. při průzkumu některých objektů s kamennou konstrukcí (zděné základy staveb) nebo některých objektů exploatačních center (šachty, štoly; srov. Sambuelli - Deidda 2000). Základními sledovanými fyzikálními veličinami jsou rychlosti šíření podélných a příčných vln v_p/v_L nebo průběhový čas t , které jsou závislé na mineralogickém složení, struktuře, textuře, trhlínatosti, zrnitosti hornin a nasycení pórů vodou.

Aerogeofyzikální metody jsou využívány při leteckém geofyzikálním průzkumu (např. aeromagnetometrie, aeroradiometrie, letecké varianty elektromagnetických metod, letecká infratermometrie) s hlavním využitím pro geofyzikální mapování větších pevninských území, strukturní a ložiskovou geologii či v rámci dálkových průzkumů Země.

Geofyzikální metody na moři zahrnují magnetometrii, radiometrii, elektromagnetické metody, seismiku a gravimetrii s hlavním využitím pro geofyzikální mapování mořského dna, strukturní i ložiskovou geologii.

Geofyzikální měření ve vrtech neboli *karotáž* jsou používána pro velmi přesné sledování fyzikálních vlastností hornin i tekutin zastižených vrtem a také ke zjištění technického stavu vrtů. Karotáže je využíváno především při podrobném geologickém průzkumu rudních i nerudných ložisek i ložisek ropy a zemního plynu, v hydrogeologii. Podrobných výsledků karotáže lze také využít při interpretaci výsledků povrchových geofyzikálních měření.

Petrofyzika je poměrně mladý vědní obor zabývající se výzkumem fyzikálních vlastností hornin, které jsou velmi závislé na mineralogickém složení, resp. na fyzikálních vlastnostech v nich obsažených chemických prvků. Hlavními oblastmi uplatnění petrofyziky jsou sledování geologické stavby zemské kůry jednotlivých regionů a průzkum ložisek užitkových nerostů a surovin. Z hlediska archeologie by výsledků petrofyziky mohlo být využíváno např. při studiu regionů provenience některých nerostných surovin nebo při průzkumech příčin charakteristických geofyzikálních výsledků nad archeologickými objekty v určitém regionu.

PŘEDPOKLADY A PODMÍNKY APLIKACE GEOFYZIKY

Princip geofyzikálních metod je obecně založen na sledování změn určitých fyzikálních veličin v prostoru. V případě archeologie se pozornost soustřeďuje většinou jen na sledování několika prvních metrů pod zemským povrchem, a to s cílem vyhledat pozůstatky někdejší antropogenní činnosti. Abychom mohli podrobně sledování lokálních připovrchových změn uskutečnit, je důležité znát a dodržet určité podmínky, za kterých můžeme geofyzikální měření pro potřeby archeologie úspěšně realizovat. Předpoklady efektivní aplikace geofyzikálních metod v archeologii lze rozdělit na ty, které platí všeobecně, a na ty, které jsou úzce specifické pro konkrétní geofyzikální metodu, metodiku a konkrétní prostředí sledované lokality. K základním a obecně platným podmínkám úspěšné aplikace geofyzikálních metod patří:

(1) *Dostatečná odlišnost fyzikálních vlastností archeologických objektů (hodnot sledovaných fyzikálních veličin) od podloží, resp. okolního prostředí a dalších archeologických situací.* K faktorům, které měřitelné fyzikální parametry nad archeologickými objekty ovlivňují, patří především specifické vlastnosti materiálů, z nichž byly objekty vytvořeny nebo které je vyplňují (mineralogické složení hornin i půd, humidita půdy, struktura, chemismus a nasycení materiálů vodou apod.) a specifické způsoby užití či zániku objektů (např. vliv různého namáhání materiálu ohněm). Z podstaty věci tedy také platí, že např. průzkum zahloubených objektů zasypaných původním materiálem nebo průzkum kamenných destrukcí, zbudovaných ze stejných hornin jako je skalní podloží, je zpravidla neperspektivní a může být úspěšný jen výjimečně.

(2) *Dostatečné podpovrchové dochování antropogenních objektů a vrstev in situ, jejich dostatečná mocnost.* O stavu archeologických situací pod povrchem zpravidla rozhoduje další užívání lokalit, množství a intenzita následných zásahů do terénu. Velmi problematické jsou proto z hlediska geofyzikálního měření např. intravilány vesnic, měst a průmyslových aglomerací. Ještě horší a nenávratně změněná je situace v územích zničených povrchovou (i důlní) těžbou surovin. Pro osídlené a průmyslové oblasti je typická plošná i hloubková defragmentace původních terénů, která nedovoluje provést rentabilní geofyzikální průzkum na větších plochách. Aplikace geofyzikálních metod je zde také více omezená co do jednoznačnosti interpretace výsledků. Všeobecný trend proměny přirozené krajiny s průběžným narušováním i ztrátou archeologických situací v nevelké hloubce pozorujeme ale i na rozsáhlých nezastavěných územích vlivem zemědělství a lesního hospodářství.

(3) *Dostatečné rozměry i množství archeologických objektů, jejich vhodný tvar a orientace.* Konkrétní geofyzikální metodou můžeme sledovat jen takové archeologické

objekty, které jsme při dané metodice měření, jeho hloubkovém dosahu a citlivosti dané aparatury schopni spolehlivě rozlišit více body. Efektivnost geofyziky při vyhledávání menších a užších objektů (žlábků, zdí) tedy závisí na hustotě měření, orientaci profilů a citlivosti přístroje, přičemž velmi malé objekty nejsou standardními metodami běžně rozlišitelné.

(4) *Vhodný, nebo alespoň přijatelný reliéf a jeho vegetační pokryv.* Výrazně komplikujícím faktorem plošného průzkumu může být i přílišná členitost současného terénu, např. velká a nerovnoměrná svažítost, náhlé terénní změny atd. Např. pro efektivní užití mikrogravimetrie je volba rovné plochy s co nejmenším počtem terénních změn a nerovností nezbytností; nerovnosti terénu jsou jednou z hlavních příčin chyb v naměřených výsledcích hustotních nehomogenit. Rovný a prostupný terén je nezbytný i u jiných metod, např. tam, kde se měřicí aparatura pohybuje bezprostředně po povrchu, resp. na mobilním podvozku (některé varianty magnetometrů, geoelektrických aparatur, radaru aj.; srov. obr. 4.1a).

(5) *Absence (eventuelně možnost odlišení) mladších objektů a situací než jsou ty geofyzikálním průzkumem sledované.* Velmi rušivě působí novodobé úpravy terénu (terasy, parcelace, úvozové cesty), jámy po stromech na bývalých zahradách nebo vývraty na plochách s lesní těžbou apod. Z pohledu geofyziky je mezi tyto rušivé faktory třeba zahrnout i předchozí (často ne zcela lokalizovatelné) archeologické aktivity (sondáže, vrty, místa hald) a další narušení archeologických situací (např. nelegální zásahy, šachty po vykrádání objektů či těžba materiálu z archeologických situací).

(10) *Stálost klimatických podmínek při vícedenním měření,* a to zejména při použití geoelektrických odporových i elektromagnetických metod. Měření by měla probíhat ve vhodném ročním období při stejném nasycení hornin i půd vodou. Jelikož hodnoty měřených odporů bezprostředně závisí na množství a vydatnosti srážek před měřením, po vydatnějších srážkách se snižuje možnost detekce (kontrast) nízkoodporových zahloubených objektů, v déle trvajícím suchém období naopak možnost rozlišení (kontrast) vysokoodporových kamenných a zděných objektů. U termometrie je nutným předpokladem efektivního měření volba teplotně co nejstabilnějších podmínek pro podrobné měření teploty (zataženo, bezvětří, podzim, noc, mimo nadzemní objekty atd.), tedy takových podmínek, kdy nedochází ke změnám tepelné vodivosti různých materiálů, povrchů a pokryvů terénu (dodatečně jsou chyby v měření odstranitelné pouze částečně, a to pouze při využití referenčního bodu).

(11) *Vhodná kombinace metod a technik (odpovídající cíli průzkumu), jejichž účinnost se při vzájemné spolupráci zvyšuje.* Např. kombinací geoelektrického odporového profilování s výsledky plošného magnetometrického měření můžeme odhalit typ a charakter složitějších systémů valových opevnění mnohem bezpečněji, než při použití geofyzikální metody jediné. Různé projevy úzkých linií zdiva můžeme zase sledovat průzkumem při různých orientacích i hustotách geoelektrických odporových nebo elektromagnetických měření.

Na první pohled by se mohlo zdát, že podmínek pro úspěšnou aplikaci geofyzikálních metod v archeologii je tolik, že jen obtížně najdeme vhodnou lokalitu k jejich aplikaci. Především v hustě osídlených a industriálních oblastech je to pravda. Avšak co lze z hlediska archeologie chápat jako ještě významnou informaci, patří samo o sobě k otázkám, na které se odpovědi mění. Obecně lze konstatovat, že s přibývajícím rozsahem novodobých zásahů do terénu se zužují šance geofyzikálního průzkumu, přičemž velká území dnes již mohou být pro většinu geofyzikálních metod běžně aplikovaných v archeologii (magnetometrie, geoelektrické a elektromagnetické metody, radar) nevhodná.

METODIKA GEOFYZIKÁLNÍHO VÝZKUMU

Formulace cíle průzkumu

Prvním krokem v přípravě geofyzikálního měření je formulace vlastního odborného úkolu. V současnosti existuje několik obecných typů odborných zadání pro geofyzikální průzkum či výzkum:

(1) Geofyzikální průzkum jako *ověřovací metoda*. Tento typ průzkumu uplatňujeme zejména na lokalitách nově objevených jinými metodami. Primárním cílem je prokázání existence předpokládaných objektů a situací (např. prokázání, že skvrna zjištěná na leteckém snímku je skutečně zahloubeným objektem, nikoliv třeba anomálií, vzniklou nerovnoměrným rozptylem hnojiva apod.). Tento případ nastává často zejména u objektů zjištěných leteckou prospekci, ale i jinými druhy průzkumu (povrchovým sběrem, zjištěním nepřírodných reliéfních tvarů terénu apod.).

(2) Geofyzikální průzkum jako *cílený výzkum areálů* aktivit. Takto pojatý průzkum je cíleně zaměřen na poznání určitého typu areálů v rámci otázek tématicky nebo regionálně formulovaného výzkumu, kde geofyzika vystupuje jako jedna z hlavních terénních metod. V této souvislosti může jít např. o systematický průzkum výrobních areálů (železářských dílen, skláren), o zkoumání rozsahu a členění lineárních ohrazení a fortifikací, zkoumání jejich vnitřní prostorové struktury atd.

(3) Geofyzikální průzkum jako *součást předstihového archeologického výzkumu* na ohrožených lokalitách. Včasná realizace geofyzikálního průzkumu s rychlými výstupy se může stát jedním z důležitých podkladů pro efektivní vedení následného archeologického odkryvu. Nezanedbatelným motivem k této spolupráci je i skutečnost, že šance jakéhokoli geofyzikálního výzkumu na lokalitách již narušených či částečně zastavěných jsou zpravidla mnohem menší.

(4) Geofyzikální průzkum jako *doplněk archeologického terénního výzkumu*. Jde o poměrně častou možnost, kdy geofyzika odpovídá na jednoznačný požadavek archeologů na dohledání určitého objektu, jeho pokračování mimo prozkoumanou plochu, stanovení plošného rozsahu konkrétních archeologických situací apod. V těchto případech může geofyzika významně přispět k zodpovězení některých archeologických otázek.

(5) Geofyzikální průzkum jako *součást památkové péče* na již dříve archeologicky zkoumaných i doposud nezkoumaných lokalitách. Do této kategorie spadá užití geofyziky na bezprostředně neohrožených lokalitách, kde geofyzika pomáhá k jejich celkovému poznání, prosotrovému vymezení a dokumentaci (např. jde o plošné geofyzikální průzkumy na vybraných částech hradišť či pohřebišť mimo plochy prozkoumané předchozími plošnými archeologickými výzkumy). Geofyzikální měření na archeologických lokalitách nabízí (při minimálním dochování povrchových pozůstatků) jeden z mála možných způsobů celoplošného preventivního sledování stavu jejich prostředí.

(6) *Metodicky zaměřená měření*. Zvláštní typ geofyzikálního výzkumu vyvolaného primárně nikoliv archeologickým zájmem, nýbrž zájmem geofyzika. Může jít např. o to, jakým způsobem se v geofyzikálních měřeních projevují určité typy archeologických objektů, aktivit nebo prostředí (např. mohyly, složité archeologické situace, částečně odkryté objekty apod.). Do této skupiny geofyzikálního výzkumu náleží rovněž měření s cílem ověřit možnosti, efektivitu, přednosti i omezení různých geofyzikálních metod, metodik a nových aparatur (např. srovnávacím měřením stejných ploch různými přístroji). Patří sem také opakovaná měření lokalit v různých terénních či klimatických podmínkách.

Geofyzikální měření, sledující určitý cíl, lze většinou provést různými způsoby. Zatímco archeolog formuluje obecné cíle měření, geofyzikovi musí náležet právo

volby vhodného způsobu měření, navrhování změn či úprav plánovaného postupu, určení doby a posouzení podmínek průzkumu, případně i bližší výběr plochy. Mezi geofyzikem a archeologem musí existovat účinná spolupráce, mj. i proto, že rozhodnutí, kterou situaci ještě lze a kterou již nelze zkoumat, jakým způsobem a s jakými pravděpodobnými výsledky, může být ovlivněno dostupností a kvalitou předběžných archeologických informací o dané lokalitě. Tyto informace by měly být shromážděny a diskutovány ještě v přípravné fázi průzkumu. Po jasném stanovení cíle geofyzikálního měření, vyhodnocení všech dostupných informací o lokalitě i jejím prostředí může geofyzik, pokud příslušným geofyzikálním vybavením disponuje, zvolit nejvhodnější metodu, případně dle možností navrhnout jiné dostupné a při řešení určité problematiky zastupitelné metody geofyzikálního průzkumu. Na základě daných podmínek a cíle plánovaného geofyzikálního měření může geofyzik také rozhodnout, zda realizace geofyzikálního měření je či není pro daný účel vůbec efektivní a za jakých podmínek ještě může být geofyzikální měření rentabilní.

Metodika terénní práce

Metodou geofyzikálního průzkumu v archeologii rozumíme určitý druh měření, využívající specifické technické prostředky a sledující specifické fyzikální vlastnosti a jejich změny v tenké nejsvrchnější části zemské kůry. Kromě správného výběru metody práce je pro kvalitu geofyzikálního měření důležitá i volba vhodné *metodiky*, tj. konkrétní varianty postupu v rámci určité metody. Volba metodiky se odvíjí od několika okolností. Kromě samotného cíle průzkumu hraje při volbě metodiky podstatnou roli odhad vlastností předpokládaných objektů, tj. jejich množství, rozměrů, orientace a hloubky uložení, jakož i aktuálního stavu prostorové dispozice plochy vybrané pro průzkum.

Geofyzikální měření probíhá zpravidla podél vytyčených přímek, které nazýváme *profily*. Hustota měření na profilech je dána vzdáleností mezi jednotlivými body měření (určitým „krokem“ měření) a lze ji podle potřeb a okolností průzkumu měnit (u přístrojů, které měří spojitě, závisí hustota měřených bodů v podstatě jen na nastavení přístroje a rychlosti pohybu po profilu; u přístrojů s bodovým způsobem měření můžeme zvýšit hustotu měření po profilu zahuštěním měřených bodů). Ve směru příčném je hustota měření dána vzdáleností mezi profilem, případně počtem (někdy i nerovnoměrně vzdálených a různě orientovaných) profilů na jednotku plochy. Hustota plošného měření tedy nemusí být v obou směrech totožná. Proto také není zcela lhostejné, jakým směrem sít' profilů (resp. také sensory aparatury) na konkrétní lokalitě orientujeme.

Hustotu měření mezi profilem můžeme zvýšit tzv. *zahušťovacími profilem* mezi profilem původními, jejich dodatečná realizace však může být obtížnější a má smysl pouze při dodržení stejných podmínek měření. Proto je většinou vhodnější provést na vybraných plochách spíše podrobnější měření nová. Je ovšem třeba vzít v úvahu, že další měření, případně zvýšení hustoty měření, se odrazí v časových a dalších nákladech na terénní práci.

Tab. 4.3. Fáze geofyzikálního výzkumu.

FÁZE VÝZKUMU	HLAVNÍ NÁPLŇ
příprava	<ul style="list-style-type: none"> • formulace cílů geofyzikálního měření • zhodnocení dosavadních archeologických informací o lokalitě (výzkumy, sběry, letecké snímky, výsledky jiných metod průzkumu) • informace o prostředí lokality (geologie oblasti, pedologické poměry, staré mapy, současný reliéf terénu, vegetační pokryv) • informace o současném stavu prostředí na lokalitě a v okolí (aktuální mapy či plány, rušivé vlivy, novodobé aktivity na ploše, stav dochování)

	<ul style="list-style-type: none"> původního terénu) výběr vhodné metody (metod) geofyzikálního měření
terénní práce	<ul style="list-style-type: none"> výběr vhodné metodiky geofyzikálního měření (orientace profilů, síť měření, hustota měřených bodů) vytyčení zájmové plochy (situační či geodetické zaměření, GPS, synchronizace s plány archeologického výzkumu) testovací geofyzikální měření (úprava metodiky, posouzení rentability průzkumu) systematický geofyzikální průzkum (při vícedenních měřeních hodnocení průběžných výsledků) detailní geofyzikální výzkum (opakovaná a podrobná měření vybraných ploch a nejzajímavějších situací) odebírání vzorků pro laboratorní geofyzikální měření
zpracování dat	<ul style="list-style-type: none"> přehrávání dat do PC (zálohování, úpravy i opravy dat před zpracováním) počítačové zpracování (aplikace geofyzikálních a geodetických softwarů, filtrace dat, GIS) výstupy měření (2D - mapy, profily, pseudořezy, 3D - zobrazení, zasazení geofyzikálních výsledků do map a plánů, modelování) interpretace výsledků (srovnání geofyzikálního a archeologického výkladu anomálií)
prezentace a využití výsledků	<ul style="list-style-type: none"> závěrečné zprávy, posudky, zprávy o archeologické akci (ZAA pro archiv ARÚ Praha, resp. zpráva pro Přehledy výzkumů) publikace samostatné prezentace výsledků (v archeologii, ve sféře památkové péče, na veřejnosti) propojení výsledků s dalšími metodami archeologického výzkumu (komplexní hodnocení, ověření výsledků) návrh dalšího postupu průzkumu lokality (doplňková měření, jiné metody a metodiky průzkumu)

Cíl průzkumu i předpokládané vlastnosti hledaných objektů jsou rozhodující pro volbu hustoty měření. Některé úkoly (např. při ověřovacím nebo zkušebním měření) lze realizovat pomocí *jednotlivých profilů*, resp. *v řídké či nepravidelné síti profilů*. Systematičtější postupem, umožňujícím plošné vymezení objektů je *měření v pravidelné síti*, nejčastěji čtvercové nebo obdélníkové. Hustota sítě měření (vyjádřitelná např. počtem měřených bodů na m²) určuje možnosti zpracování dat a rozlišovací schopnost výsledků (obr. 4.1d.).

Očekáváme-li objekty obdélné až lineárně protažené, je třeba linie profilů orientovat přibližně kolmo na předpokládaný průběh objektů. U lineárních objektů pravouhlých a vícenásobně lomených je vhodné orientovat profily tak, aby žádná z očekávaných stran objektů nebyla paralelní s orientací profilů (jsou-li části lineárních objektů orientovány paralelně s profily měření a je-li jejich šířka téměř stejná jako vzdálenost mezi profily, riskujeme jejich minuty). U izometrických a nepravidelných objektů není volba orientace profilů tak významná a přesnost výsledků měření závisí více na hustotě měření.

Před zahájením měření je nezbytné *vytyčit plochu* průzkumu. Plochy menších a časově omezených terénních měření je nutno *zaměřit* již v průběhu průzkumu, a to buď geodeticky, pomocí GPS nebo přesným situačním zaměřením; na plochách větších a dlouhodobých průzkumů je vhodné vytyčit a zaměřit pravidelnou síť bodů, na kterou pak lze nová měření připojovat. V případě archeologicky zkoumaných lokalit je efektivní síť geofyzikálních měření již od počátku sjednotit se sítí či plány výzkumu.

K nasazení geofyzikálních metod nejčastěji dochází v raných fázích archeologického výzkumu, kdy půdní, geologické a archeologické vlastnosti lokality ještě nejsou dostatečně známy. V takových případech nemůžeme způsobnost určité metody zhodnotit zcela přesně, avšak můžeme ji odhadnout podle vlastností

obdobných lokalit stejného typu či území. Efektivním pak může být i *testovací geofyzikální průzkum*.

Základní formu terénního geofyzikálního průzkumu představuje *plošný geofyzikální průzkum*. Při několikadenních měřeních je efektivní průběžně sledovat dílčí (denní) výsledky a jim případně přizpůsobovat další postup. Při dlouhodobém průzkumu je vhodné postupovat po uzavřených časových i prostorových celcích (několikadenním souvislým měřením navazujících ploch), čímž se omezuje riziko rušivého vlivu změn terénních či klimatických podmínek.

Po ukončení základního (plošného) průzkumu můžeme podle zájmu realizovat *detailní průzkum* nejzajímavějších situací, tj. zahustit měření ve vybraných částech lokality, opakovat průzkum na některých místech s cílem verifikace zjištění, nasadit další geofyzikální metody pro srovnání apod. Systematické průzkumy mohou být doplněny i odebráním vzorků pro laboratorní geofyzikální měření.

Zpracování dat

Jedním z prvních kroků zpracování dat u starších typů přístrojů byl ruční přepis terénních dat do počítače. U většiny moderních geofyzikálních aparatur je *přehrávání dat* do počítače dnes již automatické, ale je závislé na specifických, výrobcem přístrojů distribuovaných druzích softwaru (software činí nemalou část nákladů při nákupu příslušné aparatury). Po přehrávání dat do počítače by mělo proběhnout jejich *zálohování*; s kopiemi *terénních dat* pak lze bez rizika provádět úpravy, revize, opravy, dílčí výběry, apod.

Definitivní data (tj. data s opravenými chybami měření) ve vhodném formátu se vyplatí opět zálohovat (ZIP či vypálení na CD). Až tato data se zpravidla stávají výchozími zdrojovými daty pro aktuální, ale i eventuální budoucí zpracování. Při něm můžeme využít více druhů specializovaného softwaru, vesměs komerčního charakteru. V tuzemských podmínkách je úspěšně využíván geografický software *Surfer* (Golden Software) a především speciální geofyzikální software *Oasis-montaj* (Geosoft) a *Geoplot* (Geoscan Research); z těchto softwarů lze data exportovat i do GIS. Naměřená a opravená geofyzikální data můžeme s použitím výše zmíněných typů softwaru zobrazit buď v původní podobě (základní data či jejich výběry), nebo po *provedení* různých dalších *úprav* (data v různém rastru, filtrovaná apod.). Postupnými úpravami zdrojových dat můžeme získat obraz méně rušený a lépe čitelný, přičemž obsažená informace může postupně dospět až do kvalitativně nové podoby ve srovnání se vstupním datovým souborem (obr. 4.2., Becker 1999).

Nejběžnějšími *výstupy* většiny geofyzikálních měření jsou při profilových měřeních diagramy měřených hodnot (1-D rozložení hodnot po profilech), při plošných měřeních pak různé typy map (2-D zobrazení na mapách izanomal, stínové mapy) a další formy zpracování (3-D zobrazení, ortogonální modely). Některé metody geofyzikálních měření (především radar, seismika, částečně geoelektrické metody) pak umožňují i jiné způsoby prostorového zobrazení, např. vertikální pseudořezy, horizontální a časové řezy (obr. 4.3), 3-D tomografii dat (obr. XVII) atd.

Také způsobů *interpretace* výsledků geofyzikálních měření je několik: verbální popis, grafický popis výsledků přímo ve zpracovaných výstupech měření, interpretační schémata, samostatné vrstvy počítačové interpretace výsledků měření a modelová zobrazení. Při všech způsobech prezentace a interpretace výsledků je však třeba mít na paměti, že jednoznačné rozlišení geofyzikálních anomálií ještě neznamená jednoznačnou archeologickou interpretaci (určení jejich druhu, stáří a účelu) či jejich nutnou souvislost s archeologickými situacemi (anomálie mohou být i jiného původu).

Prezentace a využití výsledků

V archeologii je běžné prezentovat výstupy geofyziky jako samostatné části archeologických publikací; žádoucí však je co nejužší integrace geofyzikálních dat s jinými rovinami archeologické práce. Komplexní zpracování výsledků geofyziky ve spolupráci s daty geografickými, geologickými, pedologickými, botanickými a dalšími nabízí nové pohledy na vývoj jednotlivých lokalit i celé krajiny. Při těsnějším propojení s archeologií mohou geofyzikální data nabývat na významu, a to zejména pro svou nezastupitelnost a komplementární povahu vůči ostatním terénním metodám. Forma prezentace výstupů odráží a zpětně ovlivňuje další vývoj v aplikaci geofyzikálního průzkumu v archeologii, výběr i postup průzkumů na dalších lokalitách, odborné i veřejné povědomí o aktuálním stavu aplikovaného oboru atd.

PRŮZKUM ZAHLOUBENÝCH OBJEKTŮ

Zahloubené objekty různé funkce, tvaru i rozměrů patří k běžným projevům pravěkých, raně středověkých a středověkých komponent. Z pohledu archeologa obsahuje tato skupina objektů (souvisejících s různými aktivitami) velmi pestrou škálu typů. Zahloubené objekty vyhledáváme nepřímou, pomocí rozlišení specifických fyzikálně odlišných veličin jejich výplní. Základní podmínkou lokalizace zahloubených objektů je tedy jak odlišnost výplně od okolního prostředí, tak jejich zachování v dostatečné mocnosti in situ.

Protože většina výplně zahloubených objektů se od okolí nejvíce odlišuje svými magnetickými vlastnostmi, k optimálním metodám jejich vyhledání patří metody magnetometrické. Výplně zahloubených objektů mohou být ovšem magneticky variabilní a nehomogenní, a to v závislosti na obsahu a rozptýlení popelovitých komponent, množství mazanice, keramiky nebo kamenů s magnetickými minerály, ale i na pedologickém charakteru výplně a její humiditě. Magnetometrický průzkum v současné době umožňuje velmi rychlý postup měření; přináší tedy možnost zkoumat rozsáhlé plochy, ale i velmi podrobně sledovat jejich detaily. Na terénní průzkumy lze navázat laboratorním měřením magnetických vlastností vzorků odebraných z terénních situací.

K dalším geofyzikálním metodám, vhodným spíše pro menší plochy a sledování výraznějších objektů jsou geoelektrická odporová nebo elektromagnetická měření. Metodami založenými na odlišnosti měrného odporu resp. vodivosti (případně magnetické susceptibility) výplně máme možnost sledovat podpovrchové situace i ve více hloubkových úrovních. Je jich vhodné použít především při podrobnějším a systematictější průzkumu vybraných částí lokalit, a to nejlépe v kombinaci s magnetometrickým měřením; při samostatném nasazení pak především v takových podmínkách, kdy jsou na lokalitě očekávány i objekty s pozůstatky kamenného zdiva či na lokalitách pro magnetometrický průzkum nevhodných.

Tab. 4.4. Využitelnost geofyzikálních metod při průzkumu zahloubených objektů (♦ - hlavní metody, ● - další v široké míře účinné metody, * - pomocné a doplňkové metody, ± - metody využitelné v omezené míře dle konkrétní situace).

DRUH ZAHLOUBENÝCH OBJEKTŮ (Z. O.)	GEOFYZIKÁLNÍ METODA										
	MAGNETOTRICKÉ METODY		GEOELEKTRICKÉ METODY					GRAVIMETRICKÉ METODY	GEOTERMICKÉ METODY	RADIOMETRICKÉ METODY	SEIZMICKÉ METODY
			stejnoseměrné odporové		elektromagnetické						
	terénní	laboratorní	SOP	VES	DEMP	radar	indukční hledače				
sídlištní objekty	♦	*	*		*		*		±		
lineární ohrazení	♦	±	*	*	*		±				
fortifikace hradišť	♦	*	•	•	•	±	*	±		*	
ploché hroby	♦	*	*		*		*		±		
z. o. tvrzí, hradů	•		•	•	•		*			±	
vojenské tábory	♦	*	•	•	•	±	*			±	
z. o. intravilánů	•		•	±	*	*	±		±		

PRŮZKUM OBJEKTŮ S KAMENNOU KONSTRUKCÍ

Objekty s kamennou konstrukcí jsou velmi početné především v rámci vrcholně středověkých a novověkých areálů, někdy však vystupují i v kontextu areálů starších (raně středověkých, výjimečně i pravěkých). Skupina objektů daného typu je funkčně i typologicky velmi široká a rozmanitá; rovněž z geofyzikálního pohledu jde - s ohledem na variabilitu užitých stavebních materiálů - o skupinu nehomogenní. Při vyhledávání objektů s kamennou konstrukcí se uplatňuje širší spektrum geofyzikálních metod, přičemž oproti vyhledávání zahluobených objektů je vyhledáváme přímo (tj. pomocí sledování fyzikálních vlastností materiálů tvořících objekt).

Významnou podmínkou identifikace objektů s kamennou konstrukcí je dobrý stav jejich podpovrchového dochování. Lepší výsledky lze samozřejmě očekávat nad málo narušenými objekty in situ, méně výrazné výsledky nad destrukcemi objektů a v případech, kde se z objektů zachovaly jen malé fragmenty původního zdiva. Výsledek ovlivňuje také variabilita, homogenita a způsob geologické stavby území. I zde platí obecný předpoklad, že hornina ve zdivu se svými fyzikálními vlastnostmi musí odlišovat od okolí (např. zdivo z vulkanických hornin na pískovcích bude podstatně výraznější než žulové bloky nad žulovým masívem či opuková zdiva nad rozvětralým opukovým souvrstvím). Při průzkumu kamenných objektů hrají velmi důležitou roli také aktuální hydrogeologické poměry, vlhkost půd a nasycení hornin vodou v době průzkumu. Měrné vodivosti resp. odpory půd jsou mj. velmi závislé na mineralogickém složení, zrnitosti a tudíž i vlhkosti půd (např. štěrkopísky jsou nevodivé, humosní hlinité půdy vodivé). Různé nasycení hornin vodou v závislosti na srážkových poměrech pak má za následek různé výsledky odporových měření v různých obdobích roku (např. po vydatných deštích a v srážkově bohatých oblastech jsou vysokoodporové nevodivé kamenné objekty dobře rozlišitelné oproti zahluobeným objektům vodivým, v suchých obdobích a aridních oblastech je situace obrácená).

Tab. 4.5. Využitelnost geofyzikálních metod při průzkumu objektů s kamennou konstrukcí (♦ - hlavní metody, • - další v široké míře účinné metody, * - pomocné a doplňkové metody, ± - metody využitelné v omezené míře dle konkrétní situace).

DRUH OBJEKTŮ S KAMENNOU KONSTRUKCÍ (S K. K.)	GEOFYZIKÁLNÍ METODA										
	MAGNETOMETRICKÉ METODY		GEOELEKTRICKÉ METODY					GRAVIMETRICKÉ METODY	GEOTERMICKÉ METODY	RADIOMETRICKÉ METODY	SEIZMICKÉ METODY
			stejnoseměrné odporové		elektromagnetické						
	terénní	laboratorní	SOP	VES	DEMP	radar	indukční hledáče				
opevnění s k. k.	*	±	◆	●	◆	●		±	±		*
mohyly	●	*	◆	*	◆	*	*		*		
zaniklé zděné o.	*	±	◆	●	●	◆		±	*		*
sakrální/uzavř.o.			●	*	◆	◆	±	*	*		
kam.architektura	*		◆	*	◆	◆		±	±		*

K obecně nejvhodnějším metodám patří geoelektrické odporové metody a elektromagnetické metody měření (včetně radaru); při průzkumu objektů zbudovaných z materiálů s vyšším obsahem magnetických minerálů jsou nejvhodnější metody magnetometrické. Starší geoelektrické odporové metody neumožňují průzkum na rozsáhlých plochách (z důvodů časové, personální i pracovní nákladnosti měření); běžně se jimi měřilo jen na plochách v řádu zlomků hektarů. Na druhé straně je předností těchto metod možnost sledování hodnot ve více hloubkových úrovních (daných vzdálenostmi mezi elektrodami), jejich velká přesnost a možnost měření také metodou vertikálního elektrického sondování. Nové typy mobilních aparatur pro odporová měření s velkokapacitní pamětí již umožňují i průzkum na větších plochách.

Elektromagnetické aparatury dnes umožňují bezkontaktní měření, nejčastěji měrné vodivosti, a umožňují tedy rychlejší postup průzkumu. Jejich omezením je nižší rozlišovací schopnost, hloubkový dosah limitovaný pevnou vzdáleností zdrojové a měřicí cívky a větší citlivost aparatur na rušivá elektromagnetická pole i bodové zdroje. Nové výsledky magnetometrických průzkumů ukazují, že i těchto metod lze, kromě rozlišení kamenných objektů s magnetickými minerály v horninách, použít při homogenních podmínkách nemagnetického prostředí pro identifikaci také kamenných objektů z nemagnetických hornin.

PRŮZKUM OBJEKTŮ S VYPÁLENÝMI MATERIÁLY

Vypálené materiály v archeologických objektech souvisejí buď s funkcí objektu (zpravidla výrobní) nebo se způsobem jeho zániku (např. při požáru). Objekty jedné nebo druhé kategorie se v různém počtu a velké tvarové a funkční rozrůzněnosti vyskytují v mnoha pravěkých, raně a vrcholně středověkých a novověkých komponentách. Tepelně namáhané až přeměněné materiály nejčastěji souvisejí se specializovanou výrobou. Zpravidla jde o výrobu v samostatných výrobních areálech, a to výrobu železa, skla, keramiky, dřevěného uhlí, dehtu atd. Objekty zničené požárem se mohou vyskytovat ve všech druzích areálů. Pro identifikaci objektů s vypálenými materiály je vhodná jediná (zato však velice perspektivní) geofyzikální metoda - magnetometrie. Objekty s vypálenými materiály vyhledáváme magnetometrickým průzkumem prostřednictvím přímé identifikace jejich dochovaných vypálených částí. Největší měrou se na výrazných magnetických anomáliích podílí vysoce stabilní termoremanentní magnetizace všech materiálů (jílů, kamenů, hlíny, keramiky, cihel apod.) vypálených či opakovaně vystavených vysokým teplotám. Tyto anomálie jsou zpravidla velmi zřetelné a odlišitelné od anomálií např. zahloubených objektů.

Základní podmínkou úspěšného průzkumu je především dostatečný stav dochování objektů nebo alespoň jejich nejspodnějších částí in situ. Závažným ukazatelem pro výši a velikost magnetických anomálií je intenzita a délka tepelného namáhání materiálů objektů. Při déle trvajícím a opakovaném vypalování výrobních objektů jsou mnohem vyšší amplitudy magnetických anomálií než při jednorázovém nebo pouze povrchovém natavení materiálů.

Magnetometrické metody můžeme při vyhledávání objektů s vypálenými materiály použít v různých etapách výzkumu lokalit. Plošná měření magnetometry můžeme v průběhu archeologického výzkumu doplnit např. detailním měřením magnetické susceptibility kapametrem v odkryté archeologické situaci in situ. Při terénních výzkumech je možné také odebrat orientované vzorky pro detailní laboratorní měření magnetických vlastností vypálených materiálů. Jinou laboratorní magnetometrickou metodou může být na vzorcích provedeno archeomagnetické datování.

Tab. 4.6. Využitelnost geofyzikálních metod při průzkumu objektů s vypálenými materiály (♦ - hlavní metody, ● - další v široké míře účinné metody, * - pomocné a doplňkové metody, ± - metody využitelné v omezené míře dle konkrétní situace).

DRUH OBJEKTŮ S VYPÁLENÝMI MATERIÁLY	GEOFYZIKÁLNÍ METODA										
	MAGNETOMETRICKÉ METODY		GEOELEKTRICKÉ METODY					GRAVIMETRICKÉ METODY	GEOTERMICKÉ METODY	RADIOMETRICKÉ METODY	SEIZMICKÉ METODY
			stejnoseměrné odporové		elektromagnetické						
	terénní	laboratorní	SOP	VES	DEMP	radar	indukční hledáče				
areály výr. železa	♦	*	±		±		*		±		
zaniklé sklárny	♦	*	±		±		*		±	±	
jiné výr. objekty	♦	*	±		±		*		±		
objekty cihlové	♦	*	●	●	●	●	*	±			*
žárové hroby	♦	±	*		*		*				

PRŮZKUM NEZAPLNĚNÝCH A VYTĚŽENÝCH PROSTOR

Do kategorie nezaplňených, dutých, částečně zaplněných a vytěžených podpovrchových objektů patří řada různých druhů objektů souvisejících s obytnými a pohřebními, ale zejména výrobními a těžebními areály různého stáří: sklepy, lochy, štoly, šachty, těžební jámy, podzemní chodby, hrobky, krypty, jeskyně a další. Nezaplňené objekty identifikuje geofyzika přímým rozlišením odlišných fyzikálních vlastností nezaplňených prostor nebo nepřímým rozlišením vlastností jejich sekundární výplně (včetně vody).

Vhodných metod k průzkumu těchto objektů je více, přičemž při jejich volbě je nutné především zvážit očekávanou hloubku a rozměry předpokládaných aktivit. Geofyzikou zjistitelné nezaplňené objekty můžeme pracovní rozdělit na objekty malé, avšak relativně nehluboko situované (do hloubky několika m), a objekty větší (rozměry v metrech až desítkách metrů), zpravidla lineární, s větší hloubkou založení (hloubka i délka až desítky metrů).

Nejvhodnějšími metodami pro detekci objektů malých rozměrů v malých hloubkách jsou mikrogravimetrie a termometrie, případně i geoelektrické odporové, elektromagnetické měření a radar; vyplatí se samozřejmě různé geofyzikální metody kombinovat. V kombinaci s jinými metodami se může pro rozlišení některých situací

(např. sekundárních zásahů do terénu nebo magnetických výplní částečně zaplněných objektů) uplatnit i magnetometrii.

Nejvhodnějšími metodami pro vyhledávání větších lineárních objektů ve větších hloubkách jsou geoelektrické odporové metody s delším roztažením elektrod, některé varianty elektromagnetických měření a radar. Při sledování nezaplňených objektů hlubokých přes 10 m je nejvhodnější metodou mělká refrakční seismika. Pro výraznost projevu vytěžených prostor u všech výše zmíněných metod pak hraje zásadní roli být jen částečně vyplnění prostor vodou. Vodní horizont s odlišnými fyzikálními vlastnostmi může měnit hodnoty některých fyzikálních veličin zásadním způsobem.

Tab. 4.7. Využitelnost geofyzikálních metod při průzkumu nezaplňených a vytěžených prostor (♦ - hlavní metody, • - další v široké míře účinné metody, * - pomocné a doplňkové metody, ± - metody využitelné v omezené míře dle konkrétní situace).

DRUH NEZAPLNĚNÝCH A VYTĚŽENÝCH PROSTOR	GEOFYZIKÁLNÍ METODA										
	MAGNETOTRIKÉ METODY		GEOELEKTRICKÉ METODY					GRAVIMETRICKÉ METODY	GEOTERMICKÉ METODY	RADIOMETRICKÉ METODY	SEIZMICKÉ METODY
			stejnoseměrné odporové		elektromagnetické						
	terénní	laboratorní	SOP	VES	DEMP	radar	indukční hledače				
dutiny, hrobky	±		•	*	•	•	*	♦	♦		*
těžební objekty	*		♦	•	♦	*	*	•	•	±	♦

PRŮZKUM DETEKTORY KOVŮ (R. Křivánek, M. Kuna)

PRINCIP DETEKTORŮ KOVŮ

Detektory kovů, označované také jako indukční hledače, jsou přístroje, které umožňují bezkontaktním způsobem identifikovat přítomnost kovového předmětu pod povrchem terénu. Principem svého měření patří mezi geofyzikální přístroje, a to do skupiny elektromagnetických geoelektrických přístrojů. Průzkum archeologických lokalit detektory kovů se však z některých důvodů vymyká zařazení do skupiny nedestruktivních geofyzikálních metod; jeho perspektivy i zásady využití si proto zaslouží samostatný pohled. Metoda užití detektorů v archeologickém průzkumu se od nedestruktivních geofyzikálních postupů liší zejména tím, že její součástí je zpravidla destruktivní zásah do terénu (tj. vyzdvižení identifikovaných předmětů a narušení kontextu bez podrobné dokumentace). Provádět mapování a interpretaci anomálií naměřených detektorem bez zásahu do terénu sice může mít někdy také smysl, ale jen v poměrně úzce vymezených případech. Užití detektorů kovů v archeologickém

průzkumu se proto dotýká nejen řady otázek technických a metodických, ale i právních a etických.

Existuje několik geofyzikálních metod, kterými můžeme registrovat přítomnost kovových předmětů. Přítomnost povrchových či mělce uložených kovových předmětů můžeme zachytit např. metodami magnetometrickými a elektromagnetickými. Při použití těchto metod lze v místě nad kovovými předměty zjistit prostorově omezené a přitom výrazné nepravidelné anomálie. Geofyzikální přístroje měří principiálně v určité síti (1x1 až 0,25x0,25 m) a detekují tedy především kovové předměty, které jsou pod body měření nebo v jejich nejbližším okolí, a to v závislosti na velikosti předmětu a hloubce uložení. Přesnou lokalizaci předmětu, jeho velikost, hloubku uložení a druh kovového materiálu však těmito přístroji určit nelze; malé kovové předměty nacházející se v povrchové vrstvě mimo body a linie geofyzikálních profilů nejsou detekovatelné vůbec. K přesné lokalizaci a určení charakteru předmětu do hloubky několika decimetrů je proto již třeba použít přístroje speciální, totiž právě detektory kovů.

Současné *detektory kovů* jsou založeny na pulzně indukčním principu, umožňujícím sledovat magnetické a elektricky vodivé nemagnetické objekty. Pulzně indukční metoda vychází z principu vysílání primárního magnetického pole a následného sledování změn sekundárního pole vyvolaného přítomností elektricky vodivých předmětů. U detektorů kovů je vysílačem (zdrojem) i přijímačem jediná cívka, která během zapojení na elektrický zdroj vybuzuje v krátkých intervalech (cca několik set vybuzení za sekundu) ve svém nejbližším okolí primární magnetické pole.

V současné době jsou na trhu běžně dostupné detektory od desítek firemních i soukromých výrobců, přičemž nabízené přístroje jsou v rámci určitých cenových kategorií zpravidla srovnatelné (konstrukcí, náročností obsluhy, vybavením, analogovým či digitálním zobrazením, příslušenstvím atd.). Do vyšší kategorie patří moderní detektory kovů s diskriminátory sestavenými výrobcem, širokým příslušenstvím, moderní elektronikou i výměnnými cívkami. Těmito detektory můžeme úspěšně identifikovat a blíže určit předpokládaný typ i hloubku kovových předmětů. V nejdražší kategorii nacházíme moderní detektory kovů s rozšířenými možnostmi diskriminace o volně programovatelné filtrace. Tyto typy detektorů jsou náročnější na obsluhu a jejich obsluha vyžaduje určitou zkušenost i rozlišovací schopnost, kterou lze dále rozšířit použitím diskriminátorů. Pro podrobný průzkum nebo přesnou lokalizaci již zachycených předmětů lze na menších plochách použít i detektory s cívkami 10-15 cm v průměru. Přesnost detekce i malých zlomků kovů v povrchové vrstvě je zde největší, jejich hloubkový dosah je však omezen rozměry cívky (10-20 cm). Při systematických průzkumech ploch se proto vyplatí velikost cívek kombinovat.

VYUŽITÍ DETEKTORŮ V ARCHEOLOGII

V množství předmětů, které se různými cestami za desetiletí a staletí nashromáždily v povrchové vrstvě zeminy, je i mnoho předmětů kovových. Ty lze rozdělit z pohledu archeologie do dvou základních skupin. K té první patří ty předměty, které nesouvisí s tématem archeologického výzkumu a které na archeologických lokalitách vystupují v roli rušivého prvku. Z velké většiny jde o novověké či zcela nedávné předměty nalézající se na povrchu terénu či mělce pod ním: konzervy, uzávěry lahví, nábojnice, součásti zemědělských nástrojů atd. Nežádoucí kovové předměty se mohou vyskytovat i v archeologických vrstvách, případně pod nimi; pak ovšem vždy jde o svědectví sekundárního narušení těchto vrstev. Výskyt těchto předmětů může doložit rozsah sekundárních zásahů do terénu, a může tak přispět k pochopení určité archeologické situace.

Druhou kategorií kovových předmětů jsou předměty, které souvisejí s areálem aktivity, který je předmětem archeologického výzkumu. V případě těchto předmětů může jít o *odpad* (neužitečné zlomky artefaktů, zlomky suroviny a výrobní odpad v obytných, výrobních a dalších areálech), předměty *ztracené* (v různých areálech, větší koncentrace mohly vzniknout např. v areálech novověkých bojišť nebo podél komunikací: obr. 5.1.), předměty *opuštěné* (celé artefakty, z různých důvodů zanechané např. v obydlí při odchodu obyvatel atd.) nebo záměrně *uložené* (např. depoty, nejčastěji se vyskytující mimo obytné areály, ale někdy i v nich). Zvláštní kategorií uložených předmětů je *výbava hrobů*. Kromě těchto „behaviorálních“ kategorií můžeme rozlišovat (a z hlediska užití detektorů to hraje nezanedbatelnou roli), zda jde o předměty či vrstvy v *původním uložení* (in situ), nebo o vrstvy a předměty *druhotně přemístěné* (srov. kap.10.1.).

Užití detektorů kovů lze v archeologii považovat za *účinný, avšak také silně rizikový způsob* získávání poznatků. Vyzvednutím jednotlivých předmětů bez rozsáhlejšího výkopu totiž vždy uniká informace o kontextu uložení předmětu, která může být v mnoha případech významnější než předmět sám. Kromě toho lze detektorem kovů a následným vyzvednutím artefaktů určitý typ komponenty nejen odborně vytěžit, ale zcela zničit (srov. např. areál bojiště, systematicky „prozkoumaný“ detektory); tato možnost sice existuje i v případě povrchových sběrů na některých lokalitách, ale je spíše jen teoretická. Před užitím detektoru v terénní práci je proto vždy nutné uvážit, zda jeho odborný přínos vyvažuje případnou ztrátu vzniklou narušením archeologického kontextu.

Užití detektorů kovu může mít v archeologii několikery cíl. Celkem bezproblémovým případem je využití detektorů v *průběhu archeologického výkopu*. Detektory kovů zde mohou být nasazeny s cílem urychlit identifikaci kovových předmětů v odkryté archeologické situaci, zacílit průběh výkopu a umožnit šetrnější vyzdvižení předmětů, případně dohledat neregistrované artefakty na haldách vykopaného nebo vytěženého materiálu. Detektory kovů by měly být také použity na všech archeologických výzkumech, kde je plánována mechanizovaná skrývka. Dříve než je povrchová vrstva odstraněna, měla by být systematicky prozkoumána detektory kovů a všechny případné nálezy by měly být přesně zaměřeny.

Dalším jednoznačně přínosným způsobem použití detektorů je i *měření detektorů pro potřeby geofyzikálního průzkumu*. V tomto případě jsou detektory užívány jako doplněk jiných geofyzikálních přístrojů. Detektory mohou přispět k přesné identifikaci a upřesnění interpretace nejasných či výrazných anomálií zjištěných při magnetometrických nebo elektromagnetických měřeních. V těchto případech zpravidla nedochází ke vkopům do terénu, případně jen k lokalizaci a odstranění sekundárních rušivých předmětů.

Případem, při kterém je použití detektoru třeba všestranně zvažovat, je *cílený archeologický průzkum*, který prostřednictvím systematického vyhledání a mapování kovových předmětů usiluje o poznání určité lokality (komponenty). Příkladem takového použití může být výzkum železářských areálů, zaniklých středověkých cest nebo bojišť. Je třeba zdůraznit, že tento typ výzkumu lze připustit pouze v některých případech. Při zvažování jeho únosnosti je třeba brát v úvahu zejména potenciální *množství dalších informací*, které jsou obsaženy v příslušném nálezovém kontextu a které lze ztratit při použití detektoru. Je pravda, že vypovídací hodnota různých druhů archeologického kontextu se v tomto ohledu liší. Např. kontext artefaktů v přemístěné vrstvě (splachové vrstvy, povrch erodovaných svahů) nese obecně méně informací než kontext předmětů dosud uložených (alespoň zhruba) na původním místě (např. v obytném areálu, podél někdejší cesty, na bojišti). Specifickým prostředím je vrstva *ornice*, která obsahuje artefakty již přemístěné, ale zpravidla jen lokálně (v okruhu několika metrů), čili určité prostorové vztahy v ní mohou být zachovány. Mezi soubory

artefaktů v původním uložení lze zase z hlediska množství zachovalých informací rozlišovat mezi kontexty vytvořenými nezáměrně (předměty ztracenými, odpadem) a záměrně (např. předměty uložené do hrobu, depoty, zařízení obydlí). Tento poslední druh kontextu je nejen nevzácnější, ale i informačně nejbohatší. *Použití detektorů v rámci cíleného průzkumu (zahrnujícího vyzdvižení nálezů) je v případě kontextů záměrně strukturovaných (hrobů, sídlištních vrstev in situ apod.) obecně zcela nepřijatelné; u ostatních druhů kontextů je třeba nasazení detektorů zvažovat podle konkrétních okolností.*

Poslední možností aplikace detektorů je *průzkum motivovaný záchranou archeologických informací*. Ten může být zvažován např. v případech, kdy je archeologická lokalita bezprostředně ohrožena přírodními procesy, zemědělstvím či výstavbou, nebo je opakovaně vykrádána nelegálními uživateli detektorů kovů. V těchto případech může (třebaže nemusí) být zásah s pomocí detektorů a vyzdvižení artefaktů pod odborným dohledem jediným dostupným řešením jak zabránit dalšímu ničení archeologických situací a ztrátám cenných artefaktů. Systematický průzkum ohrožených lokalit pomocí detektorů bychom ovšem měli považovat za krajní řešení; nicméně je pravděpodobné, že jej v budoucnu bude nutné - vzhledem k vzrůstajícímu počtu ohrožených lokalit - občas uplatnit. Podmínkou takového výzkumu je samozřejmě kvalitní odborná dokumentace kontextu nalezených předmětů. Pravidlem by asi měla být i konzultace širšího okruhu odborníků a shoda v názoru na provedení příslušného zásahu.

DETEKTORY KOVŮ, PRÁVO A ETIKA VÝZKUMU

Předchozí oddíly nastínily základní rozsah možností a rizik aplikace detektorů v archeologii. Pokusili jsme se ukázat, že existují situace, kdy je aplikace detektorů nesporným přínosem (např. v podobě průzkumu povrchové vrstvy před provedením skrývky, detekce kovů během výkopů apod.). V těchto případech je průzkum prováděn pod odborným dohledem a vyzdvižení předmětů probíhá metodou, která odpovídá charakteru pramene a nárokům odborné dokumentace. Na právě opačném pólu stojí případy, kdy je aplikace detektorů v evidentním rozporu se zájmy archeologie, ochrany kulturního dědictví a pochopitelně také zákony, přinejmenším v zemích, které pečují o své archeologické dědictví. Sem patří především případy vykrádání evidovaných a jinak chráněných archeologických lokalit či otevřených archeologických odkrytů s ryze komerčním účelem.

Mezi těmito dvěma póly však existuje široká oblast, jejíž zhodnocení je obtížnější. Aplikace detektorů kovů mimo sféru ryze odborného výzkumu totiž v některých evropských zemích není trestná (pokud je prováděna mimo evidované archeologické lokality a s povolením majitele pozemku), a proto zde existuje mnoho uživatelů detektorů, kteří průzkum detektory kovů pěstují jako zájmovou činnost v oblasti archeologie a historie. Tito amatérští uživatelé detektorů běžně prozkoumávají množství známých lokalit, vyhledávají lokality nové a v různé míře spolupracují s regionálními archeology či muzejníky. Typickým příkladem takové situace je např. Velká Británie. Podle odhadů z první poloviny 90. let existuje ve Velké Británii kolem 30.000 amatérských uživatelů detektorů, kteří průzkum tohoto typu pěstují jako své hobby. Tito lidé se sdružují v několika stovkách klubů a několika celonárodních federacích, vydávají své časopisy, pořádají soutěže a především provádějí různě intenzivní průzkum. Odhaduje se, že množství archeologických kovových předmětů, které je ve Velké Británii vyzdvižováno ze země, dosahuje 1,000.000 kusů ročně; přičemž polovinu představují nálezy vrcholného středověku, přes 45% nálezy doby římské a zbytek nálezy pravěké a raně středověké (Dobinson - Denison 1995). Velká

většina z těchto nálezů pochází samozřejmě z průzkumu jinak dosud nezkoumaných lokalit.

Amatérský detektorový průzkum, provozovaný ve spolupráci (byť nesystematické) s archeology, přináší jistě podstatné řádové rozšíření nálezového fondu. Např. icenských mincí (podle keltského kmene Icenů) bylo v roce 1970 známo v Anglii 1150 kusů, přičemž první z nich byly evidovány už v 17. století. Do roku 1994 jejich počet stoupl na 13.000, přičemž tento nárůst způsobil právě průzkum detektory. Podobný nárůst byl zaznamenán pro všechny druhy a typy kovových artefaktů. Někteří britští archeologové se snaží tento obrovský příliv artefaktů sledovat a systematictěji podchycovat doplňkové informace; účastní se např. veřejných soutěží v detektorovém průzkumu, při kterých stovky lidí s detektory prohledávají určité území, poskytují zde konzultace, snaží se zaměřit významné nálezy apod. (Dobinson - Denison 1995; zde obr. VIII).

Zkušenosti s těmito akcemi, ale i s celkovou situací v oblasti amatérského detektorového průzkumu, však ukazují, že výsledný efekt se jen stěží může rovnat obrovským škodám, které tak na archeologickém dědictví vznikají. Škody vznikají tím, že (1) větší část nálezů zmizí bez ohlášení, (2) ohlášené nálezy většinou nemají přesnou lokalizaci, pokud vůbec jsou předané údaje o místě nálezů spolehlivé a (3) u žádného nálezů není dostatečně znám jeho kontext, (4) tak velké množství archeologických předmětů nelze průběžně odborně zpracovávat, čili jejich vyzvednutí bylo z odborného hlediska zbytečné. Lze proto tvrdit, že i když není užití detektorů k plošnému průzkumu neohrožených lokalit ve všech zemích nelegální, je všeobecně *neetické*, neboť v osobním zájmu poškozuje zájem obecný a působí nenapravitelné škody archeologickému dědictví. Ve výsledku již není velký rozdíl v tom, zda primárním motivem detektorového průzkumu je zájem poznávací, sběratelský nebo komerční. Principiálně stejně *neetické* mohou ovšem být i jiné druhy archeologického výzkumu, např. výkopy na neohrožených lokalitách, které nejsou v přiměřené době zpracovány apod.

Je pravda, že ve srovnání s ostatními zeměmi patří Velká Británie k zemím, kde ochrana archeologického dědictví vychází ze zákonů velmi liberálních. Archeologické nálezy zde v zásadě patří majiteli pozemku (s výjimkou depotů-pokladů, které patří králi), který též rozhoduje (s výjimkou chráněných lokalit) i o zacházení s celými lokalitami. V ČR, ale i mnoha dalších evropských zemích, je legislativní situace jiná. V ČR upravuje majetkový vztah k archeologickým nálezům *Zákon č. 20/1987 Sb. o státní památkové péči* ve znění novely č. 242/1992 Sb. Tento zákon praví (v §23, odst.6), že *veškeré movité archeologické nálezy jsou národním majetkem*. Dále tento zákon ustanovuje, že právo provádět archeologické výzkumy mají pouze instituce, které získaly od Ministerstva kultury ČR k této činnosti licenci. Jelikož detektorový průzkum je druhem archeologického výzkumu a získávají se při něm archeologické nálezy, jde v případě jeho amatérského provozování o *činnost jednoznačně nezákonnou*. V připravovaném návrhu nového památkového zákona se tyto otázky řeší podobně: vlastníkem archeologických nálezů je stát, kraj nebo obec a právo k provádění archeologických výzkumů má pouze právnická osoba s příslušnou licenci (srov. Varhaník 2001).

Otázky spojené s užíváním detektorů kovů explicitně řeší i *Evropská úmluva o ochraně archeologického dědictví* (tzv. Maltská konvence, přijatá v r. 1992 členskými státy Rady Evropy a dalšími zeměmi; v r. 1998 se připojila i ČR). Principy, kterými se tento dokument řídí, se blíží více těm, které obsahuje náš právní řád, než liberálnější přístupům britským. Jedním z bodů Maltské konvence je např. ustanovení, v němž se smluvní strany zavazují umožnit používání „detektorů kovů a jiných detekčních zařízení nebo postupů při archeologických průzkumech“ jen na „zvláštní povolení předem a v případech, které stanoví vnitřní legislativa státu“ (čl. 3/III). Maltská

konvence počítá i se vznikem informačního systému, podchycujícího data o nezákonném použití detektorů, detektory narušených lokalitách nebo nabídkách starožitností pocházejících z nelegálních zdrojů (čl. 10/I.-II.). Signatářské země se zavazují, že jejich veřejné úřady a vědecké instituce budou na výměně těchto informací systematicky spolupracovat.

Samostatným problémem je vztah profesionálních archeologů k předmětům, které pocházejí z nelegálního detektorového průzkumu. V tomto ohledu je naše odborná veřejnost rozdělena. Část archeologů pragmaticky soudí, že vykrádání lokalit je sice zavrženíhodné, ale lepší je mít o jeho výsledcích alespoň namátkovou informaci, a proto je přípustné takto získané předměty koupit do muzejních sbírek a publikovat. Druhá část odborné veřejnosti se naproti tomu domnívá, že nelegální činnost nesmí být žádným způsobem legitimizována a odmítá s nelegálními uživateli detektorů navázat jakoukoli spolupráci. Za zcela nepřijatelné pak tato část odborníků považuje popularizaci těchto aktivit např. formou výstav (srov. Vencl 2000, 438) nebo novinových článků, k čemuž i u nás občas dochází.

Tento druhý názor lze považovat za nejen eticky správnější, ale z dlouhodobého hlediska i perspektivnější. Tímto směrem ostatně ukazuje i Maltská konvence, když v čl. 10/III stanovuje, že „muzea a podobné instituce, jejichž akviziční politika je pod kontrolou státu, nebudou získávat součásti archeologického dědictví, u nichž je podezření, že pocházejí z nezákonných vykopávek...“

OCHRANA ARCHEOLOGICKÉHO DĚDICTVÍ PŘED NELEGÁLNÍMI UŽIVATELI DETEKTORŮ

Nelegální používání detektorů kovů spojené s vykrádáním archeologických lokalit se stalo v 90. letech jedním z nejzávažnějších problémů archeologické památkové péče u nás. Příčiny tohoto stavu jsou asi hlubší a promítají se do nich nedostatečná legislativní opatření, obecně malý vztah k archeologickému dědictví u velké části populace, nízká efektivita státní správy na tomto poli, malý zájem profesionálních archeologů o daný problém a další faktory. Nelegální užívání detektorů kovů dnes již není záležitostí jednotlivců, nýbrž činností organizovaných sítí. Za alarmující lze považovat např. údaje o nových bronzových depotech z některých českých hradišť, ihned po objevení mizejících v soukromých sbírkách, o desítkách až stovkách laténských mincí objevených v 90. letech na českých oppidech a obratem prodaných do zahraničí apod. (Waldhauser 1995). Zdá se, bohužel, že v případě mnoha českých lokalit je na účinné kroky vedoucí k záchraně jejich obsahu již pozdě. Přesto ještě existuje mnoho lokalit, které stále obsahují velký archeologický potenciál, avšak mohou být akutně ohroženy v nejbližší budoucnosti. Proto uvádíme na tomto místě přehled základních možností, které by mohly při ochraně lokalit padat v úvahu.

Způsoby ochrany lokalit před uživateli detektorů můžeme dělit na aktivní a pasivní. Jedním z možných *aktivních způsobů* ochrany je distribuce *klamavých kovových předmětů*. Rozházení drobných kovových (železných) předmětů mohlo být ovšem účinné jen v dobách, kdy byly převážně používány jednodušší typy detektorů bez diskriminátorů kovů. Nejednoznačný je také názor na otázku, zda větší počet rušivých předmětů nelegální uživatele odradí či naopak přitáhne jejich zájem. Celkově však lze tento způsob při běžném užívání detektorů s diskriminátory považovat za málo účinný.

Jiným ze způsobů aktivní ochrany by teoreticky mohla být i *instalace rušivých elektromagnetických zdrojů*, případně poplašných zařízení v místech vykrádaných lokalit. Tento způsob ochrany však doposud nebyl prakticky testován; nevyřešené zůstávají také technické a právní otázky, jakož i praktické podmínky provozu i obsluhy zdrojů.

Mezi aktivní způsoby ochrany ohrožených lokalit musíme zařadit také *preventivní výzkum lokality*, a to buď klasickým odkryvem (v případě menších lokalit), nebo detektory kovů (přirozeně pod vedením archeologa). Na intenzivně vykrádaných lokalitách je pravděpodobně preventivní výzkum detektory zatím jedinou spolehlivou ochranou, avšak zřejmé je i to, že vynucený výzkum je zákonitě méně přínosný a navíc může být aplikován jen na malé části ohrožených lokalit z jejich celkového počtu.

Mezi *pasivní způsoby* ochrany můžeme zařadit např. úpravu přístupu veřejnosti na některé archeologické lokality. Tato úprava by mohla zahrnovat řadu variant, a to od *zákazu vstupu s detektory* (pohyb s detektorem po archeologické lokalitě totiž zatím není sám o sobě postižitelný) až po *vyjmutí archeologické lokality* z režimu území volně přístupného veřejnosti. Do jisté míry by mohlo pomoci i jen *omezení vjezdu na lokality* pro motorová vozidla. Možné je samozřejmě i *střežení lokalit*, ovšem nákladnost takového úkolu by byla velká, mj. i proto, že k vykrádání lokalit dochází zejména v noci.

K podpůrným položkám bychom mohli řadit i další opatření, pro něž by ovšem bylo nutné nejprve získat legislativní oporu. Tím by mohla být např. *povinná registrace všech uživatelů detektorů kovů*, podobná evidenci vlastníků střelných zbraní. Určitou pomoc by mohlo přinést i vytvoření přehledné centrální *databáze, evidující případy nelegálních užití detektorů kovů* na archeologických lokalitách, do které by přispívali všichni archeologové a která by byla v případě potřeby k dispozici jim i orgánům činným v trestním řízení. Uvažovat je třeba i o míře *zveřejňování údajů* o poloze archeologických nálezů a výzkumů (např. dánský seznam archeologických nalezišť je sice i s mapou přístupný na internetu, ale pro měřítko 1:50.000 a 1:25.000 je třeba od provozovatele získat právo přístupu.

Nejspolehlivější, ale nejpomalejší cestou k ochraně archeologického dědictví je ovšem *osvěta*, vedoucí k pozitivnímu vztahu veřejnosti k archeologickému dědictví. Nikdo nemůže střežit hodnoty uložené pod zemí tak efektivně, jako sami majitelé pozemků a lidé, kterým záleží na uchování kvality prostředí, ve kterém žijí. V tomto ohledu je ovšem ČR, po čtyřicetiletém přerušení přirozených vlastnických vztahů, stále v počátcích.

GEOCHEMIE V ARCHEOLOGII (A. Majer)

VYMEZENÍ METOD

Následující kapitola shrnuje základy chemické prospekce a některých příbuzných postupů v archeologii. Nelze sice předpokládat, že by archeolog geochemickou prospekci běžně prováděl sám, nicméně pro efektivní spolupráci s příslušným specialistou je znalost jejích základů a praktických možností nezbytná. Některé jednodušší analýzy, např. polní test na fosfáty, by sice archeologové za určitých okolností sami vykonávat mohli, není však (zejména u nás) známo, že by k tomu docházelo. I to svědčí o problémech, které chemická analýza zemin a její interpretace přinášejí. Patří k nim mj. i fakt, že chemickou analýzu zemin nelze technologizovat do podoby automatizovaného sběru a vyhodnocení dat, jako je tomu např. u soudobých metod geofyzikální prospekce.

Vlastní sběr a vyhodnocení vzorků tedy zpravidla provádí odborník, který je hlouběji seznámen s problematikou zemin, klasickou chemickou a moderní fyzikálně chemickou analýzou, přístrojovou technikou, zásadami bezpečné práce v laboratoři a s postupy matematicko-statistického vyhodnocení dat. Užitečná je pro něj i rámcová znalost geologie kvůli posouzení, zda interpretovaná zjištění jsou antropogenní povahy, nebo zda jsou přirozeného původu (např. důsledkem změn půdně geologického typu). Specialista na chemickou analýzu zemin ovšem musí spolupracovat s archeologem, neboť pro správnou interpretaci dat je nezbytná znalost charakteru sídelních aktivit v tom kterém období.

S ohledem na to, že naše archeologická literatura dosud postrádá ucelenější pojednání o prospekčních metodách založených na analýze zemin, popisujeme v této kapitole některé postupy detailněji. Ještě podrobnější informace nalezneme čtenář v literatuře, na kterou je v této kapitole odkazováno.

Stanovení analyzovaných prvků v zemi dnes provádíme většinou instrumentálními postupy fyzikální chemie a tedy velice rychle v porovnání s klasickou chemickou analýzou; příprava vzorku k analýze (odběr, sušení, prosévání, vážení) a izolace hledaného analytu extrakcí vhodnými činidly však trvá mnohem déle. To občas vrhá na chemickou prospekci stín určité těžkopádnosti a malé produktivity při poměrně vysoké ceně prací. Je pravda, že chemické metody by neměly být používány tam, kde můžeme s úspěchem použít např. metody geofyzikální, a neměly by být nasazovány k řešení takových otázek, jako je vyhledání nepočtených objektů na velké ploše atd. Předností a velkou výhodou chemické prospekce však je, že za určitých podmínek je schopna prokazovat i jevy, jejichž příčiny a vyvolavatele dnes již nemůžeme zjišťovat ani geofyzikálně, ani archeologicky. Do této oblasti spadá např. vznik fosfátových anomálií v blízkosti obytných objektů (důsledek ukládání odpadu) nebo hospodářských staveb (ustájení domácích zvířat). Důležitou úlohu může sehrát fosfátový průzkum hrobů s atypickým uložením kosterních pozůstatků a v případech, kdy hrob byl nalezen prázdný.

Zachování archeologických nálezů, zejména pak kostí, organických artefaktů a některých kovů, závisí na půdní reakci a vápenatosti zemin; sledování těchto faktorů tedy rovněž patří k úkolům geochemie v archeologii. V zeminách, které prošly v průběhu historických období žářem, proběhly oxidačně-redukční procesy a proto se tyto zeminy projevují odlišnou vazbou sloučenin železa než zemina žářem nezasážená. Novou metodou v archeologické prospekci je analýza vodou nerozpustných organických látek živočišného původu, tzv. lipidů, které mohou po delší dobu být deponovány v půdě a po extrakci organickými rozpouštědly stanoveny metodami

užívanými v klinické biochemii. S obsahem živin v půdě úzce souvisí i její mikrobiologie a bakteriologie, zejména tam, kde dosud nedošlo k úplné mineralizaci ústrojných složek odpadů. Podobná situace nastává i v případě rostlinného pokryvu. Je zřejmé, že tento výčet není konečným vymezením možného využití prospekční geochemie v archeologii, ale spíše naznačením potenciálního záběru chemických a laboratorních metod.

Kvalitativně jiný obraz koloběhu biogenních prvků zemí poskytuje organizovaná lidská skupina po založení obytného areálu (obr. 6.2.C). Tato skupina získává potravu v poměrně širokém okruhu kolem sídliště (sběr plodin, lov, pěstování kulturních rostlin), avšak odpad z toho vzniklý se hromadí především v obytném areálu, případně v areálu pohřebním nebo výrobním. Zatímco ochuzení okolí obytného areálu o odebrané prvky je nepatrné a v podstatě neměřitelné (půda má navíc regenerační schopnost), na omezené ploše areálu dochází k neúměrnému zvýšení koncentrace organického odpadu a k jeho chemickému a mikrobiologickému rozkladu, což vede ve svých důsledcích k otravě půdy, zápachu, ztrátě vegetace a infekci podzemních vod. Tyto faktory byly patrně jedním z hlavních důvodů pro posun a stěhování pravěkých sídlišť (Kuna - Slabina 1987). Produkty rozkladu (pokud neuniknou jako plyny) setrvávají v půdě do své mineralizace a účastní se podle svých vazeb na půdní sorpční komplex nového cyklu. Kromě toho může organický odpad obsahovat i těžko rozložitelné látky nerozpustné ve vodě (např. lipidy), které jsou schopny setrvat v zemi dosti dlouho.

Z hlediska archeologické prospekce je důležité vědět, co se děje s produkty rozkladu v půdě a jakými procesy k nim dochází. Kromě přímého chemického rozkladu látek (vlivem světla, tepla a agresivních chemikálií) jsou to procesy mikrobiologické, označované jako hniloba, tj. procesy oxidační a tlení, a proces redukční, probíhající anaerobně. Je jisté, že kyslík, uhlík a vodík uniknou po rozkladu ve formě plynů, kyslík s vodíkem navíc vytvářejí vodu. Vápník tvoří snadno rozpustné sloučeniny, taktéž chlór, sodík, dusík vytváří lehce rozpustné dusičnany, dusitany a plyný čpavek. Síra má tendenci slučovat se s vodíkem na sirovodík a uniknout jako plyn, nebo vytváří merkaptany (typický zápach při rozkladu). Vázet se na geologický půdní substrát může fosfor, železo a křemík. Křemíku a železa je v produktech organického rozkladu zanedbatelně málo ve srovnání s jeho obsahem v substrátu samotném, stanovení přírůstku je tedy problematické z hlediska přirozených variací hodnot pozadí. Zůstává fosfor, jehož poměrné zastoupení mezi odpadem a geologickým substrátem je příznivé ve prospěch odpadu a rovněž vazba fosforu na tento substrát je dostatečně stabilní, aby mohla přetrvat dostatečně dlouho. Dobře vzdoruje agresivitě kořenových sekretů vegetace, takže nadbytek deponovaného fosforu nemůže být v krátkém čase odčerpán vegetací.

Látky nerozpustné ve vodě a v polárních rozpouštědlech se (pokud se vyskytují v půdě, jako např. zmiňované lipidy) chemicky nevážou a mohou být z půdy vyloučeny do organických rozpouštědel.

ZEMINA JAKO NOSITEL ARCHEOLOGICKÉ INFORMACE

Metody prospekční archeologické geochemie se opírají v podstatě o propracované agrochemické a půdoznalecké analýzy, vhodně modifikované a aplikované mimo oblast zemědělství. Předmětem zájmu disciplíny je stratifikovaný půdní vzorek a jeho srovnání s okolím. Z hlediska užitých metod stanovení analytů v zemině hovoříme o totálním stanovení suchou i mokrou cestou (spektrografie, neutronová aktivační analýza, chemická analýza tavenin zemin se sodou a hydroxidy), nebo o stanovení prvků přešlých do extrakčních činidel určité extrakční síly (většinou kyselin

odstupňované iontové síly a pH). Totální stanovení analytů je především vhodné pro geologickou potřebu. Pro archeologickou potřebu je málo vhodné. Archeologická prospekce využívá extrakčních postupů na mokré cestě. Tyto postupy podávají totiž obraz o vazbách hledaného analytu (zejména fosforu) na půdní sorpční komplex a potlačují vypovídací schopnost geologického substrátu o sobě samém. Zjištění těchto druhotných vazeb, interpretovaných jako relativní přírůstek hledaného analytu pak může přímo posloužit jako podklad pro interpretaci archeologického zjištění, popřípadě být použito nepřímo pro klasifikaci a interpretaci anomálních projevů zjištěných jinými prostředky (geofyzika, letecká prospekce apod.).

Chemismus zemin je v úzkém vztahu k fyzikálním vlastnostem zemin a znalost těchto fyzikálních vlastností by proto měla vlastní chemické prospekci předcházet. Následující subkapitola proto věnuje pozornost metodám analýzy fyzikálních parametrů zemin.

FYZIKÁLNÍ ROZBOR ZEMIN

Půdu na lokalitě lze zkoumat z hlediska její zrnitosti, konzistence, vlhkosti, objemové hmotnosti, vodní kapacity, mezi lepkavosti, stability půdních agregátů a barvy. Na tomto místě seznamujeme čtenáře s prospekčně nejdůležitějšími metodami rozboru těchto vlastností zemin. Jejich popis je převzat z odborných publikací (Kroulík a kol. 1987; Matula - Semotán - Veselá 1989) a poněkud zjednodušen.

Rozdíly v zrnitosti zemin a zejména pak nepřítomnost jemných jílovitých složek mohou v zásadě změnit schopnost půdy poutat fosfor; např. z půdy kyselé a navíc podmačené se fosfáty vyplaví apod. V některých případech mohou být výsledky fyzikálního rozboru použity i pro potvrzení či vyvrácení archeologických hypotéz (odlišení místní a přinesené zeminy, zemědělsky obdělávaných a neobdělávaných pozemků, návozu od splachů a podobně). Vlhkost půdy sehrává důležitou úlohu při vzniku porostních i půdních příznaků v letecké prospekci (disociace iontů z půdy a jejich příjem rostlinami, vliv na samotnou barvu půdy).

Odběr vzorků zemin pro některá stanovení vyžaduje speciální odběrové zařízení, tzv. *půdní válečky*. Jsou to v podstatě sondy pro odběr vzorku v jeho přirozené struktuře, opatřené uzávěrem. Z válečku se před odběrem sejmou krycí víčka a zatlačíme jej do půdy. Okolní zemina se odstraní, váleček se rovně odřízne nožem, sloupec zeminy uvnitř se překryje drátěnými sítky a váleček se hermeticky uzavře víčky. Analýzu takto odebraných vzorků je nutno provádět bez zbytečných průtahů, nejlépe ihned. Tam, kde nezáleží na zachování přirozené struktury půdy, je vhodný odběr v množství jedné hrsti do dobře uzavřeného igelitového sáčku.

Barva zemin

Barva zeminy byla a dosud je jedním z hlavních příznaků, kterým archeologové v terénu interpretují přítomnost archeologických situací a to jak při průzkumech a výkopech, tak i při interpretaci leteckých snímků. Je známo, že půdní archeologické příznaky sídlištního charakteru se zpravidla projevují temnějšími odstíny půdy v důsledku promíšení s organickými zbytky s vysokým obsahem uhlíku, který sám je černý a také v důsledku toho, že současně s rozkladem odpadu dochází působením mikrobů k redukci sloučenin železa v půdě a redukované sloučeniny nabývají tmavších odstínů. Je všeobecně známo, že rez čili kysličník železitý Fe_2O_3 jako oxidační produkt je hnědočervený, zatímco okuje, kysličník železnatý Fe_3O_4 , jako produkt redukční je černý. Podle stupně oxidace a redukce půdy se tedy může měnit i její barva. Procesy oxidačně-redukční mohou probíhat jak na mokré, tak i na suché cestě. Požáry mají většinou účinek oxidační, což má vliv na sloučeniny železa a půda oxidačně pálená nabývá hnědočervený odstín.

Zvýšená vlhkost půdy vede k jejímu potemnění, zvyšuje se však přitom barevný kontrast rozdílných zemin, jak bylo ověřeno spektrofotometrickým měřením na lokalitě Hradec u Němčic (Majer 2000b). Tento poznatek je důležitý pro leteckou prospekci půdních příznaků, kterou je vhodné provádět ve vlhkém období roku.

CHEMICKÁ ANALÝZA ZEMIN

Z hlediska archeologické prospekce nás nejčastěji budou zajímat tato kvantitativní a kvalitativní stanovení: aktivní půdní reakce a výměnná půdní reakce, vápenatost zemin, obsah železa a zejména obsah fosforu. Tam, kde nemohlo dojít k vyloužení rozpustných produktů rozkladu, např. v navážkách stále zastřešených budov, může setrvat draslík a dusičnany. Nerozložené organické odpady (staré i několik staletí) se podle svého charakteru projeví přítomností chloridů, dusičnanů, amoniaku a popřípadě i sirovodíku. Rostlinné zbytky a zbytky dřeva těchto odpadů vařeny s vodou a slabými kyselinami, např. kyselinou octovou, poskytují žluté až červenohnědé zabarvení roztoku. Lipidy, pokud jsou přítomny, mohou být vylouženy do organických rozpouštědel. Rozdíly v obsahu živin jsou i důvodem pro rozdílnou aktivitu půdních mikroorganismů, jejichž přičiněním se mění i složení půdního vzduchu, zejména obsah kyslíčnicku uhličitého v tomto vzduchu. Chemická stanovení jednotlivých analytů provádíme v té složce půdy, kterou označujeme termínem jemnozem (viz fyzikální rozbor půdy).

Vzorky zemin pro chemické rozborů odebíráme do papírových sáčků v množství jedné hrsti. Sáčky nezavíráme a ukládáme do beden. Tím je zaručeno vysychání vzorků již po odběru. Igelitové sáčky jsou pro odběr nevhodné. Nejen že neumožňují spontánní prosýchání zemin, ale zeminu je nutno v laboratoři přesýpat a sušit v sušárně. To zdržuje a energetickou náročností i prodražuje provoz.

Fosfor

Fosfor je v archeologické prospekci nejdůležitějším a nejčastěji stanovovaným prvkem v zemi. Na jeho hromadění ve vrstvách archeologických nalezišť sídlištního typu upozornil *Olaf Arhenius* (1935), využitím jeho poznatků pro archeologii a rozpracováním metodiky nově vznikající tzv. fosfátové analýzy se koncem let třicátých a v letech čtyřicátých 20. stol. zabýval *W. Lorch* (1940). V ČR došlo k jejímu užívání v poválečném období přičiněním *J. Pelikána* z Archeologického ústavu v Praze, jehož práci (1955) můžeme považovat za výchozí a kriticky orientovaný příspěvek pro naši archeologickou veřejnost. Z dalších badatelů u nás provozoval fosfátovou analýzu dr. *Vojáček, M. Soudný*, na Moravě *L. Págo*. Od r. 1979 se v ARÚ Praha zabýval fosfátovou prospekci také *A. Majer*, který v současné době provozuje metodu ve svém podniku ve Volyni.

Fosfor z půdy lze extrahovat různými způsoby a rovněž k jeho stanovení v extraktu lze užít řadu metod klasické chemické analýzy i postupů fyzikálně chemických. To vedlo k řadě modifikací fosfátové analýzy, z nichž každá má své přednosti a pochopitelně i nedostatky či omezení. Rozdíly v dosažených výsledcích lze hledat zejména v druhu extrakčních činidel, jimiž jsou fosfáty uvolňovány z půdy, v půdě samé a někdy i ve způsobu stanovení vyextrahovaných fosfátů. Z extrakčních činidel je ve fosfátové prospekci často užívána dvacetiprocentní kyselina chlorovodíková a také kyselina dusičná (Pelikán 1955; Soudný 1971). Autor používá kyselinu octovou koncentrace 5% (Majer 1984). Pro stanovení fosforu mohou být v nejjednodušším případě použity barevné reakce na filtračním papíru, známé jako Gundlachův test (Soudný 1971). V dřívějších dobách bylo přesné vyhodnocení obsahu fosfátů prováděno gravimetricky srážením fosfomolybdenanu molybdenanem amonným, separací a zvážením utvořené sraženiny. Z moderních fyzikálně

chemických metod stanovení se využívá reakce fosforečnanů s molybdenanem amonným a chloridem cínatým za vzniku molybdenové modře, nebo se vytváří žlutě zbarvený komplex s molybdenanem amonným a vanadičnanem amonným. Zabarvené roztoky se potom fotometrují při určitých vlnových délkách světla, které odpovídají jejich maximální absorpci. Zajímavý způsob stanovení fosfátů (např. v moči a při hnojařském pokusnictví) je titrace roztokem dusičnanu uranylu za horka na indikátor kyselina karmínová, známý též jako košenilla. Hnědočervený roztok se po dosažení ekvivalentní spotřeby uranylové soli zbarví do zelena. Postup je vhodný pro vyšší koncentrace fosfátů. Podobně lze titrovat octanem uranylu (Jílek 1952, 55-58).

Fosfátová analýza při vyhledávání komponent

Fosfátová prospekce může být použita jako prospekční metoda při lokalizaci komponent (nové shrnutí problematiky viz Taylor 2000). Na ploše cca 17 ha byla tato metoda použita např. při vyhledávání zaniklé středověké tvrze v Düna-Osterode v jz. Harzu (Klappauf - Wilhelmi 1990). Vzorky byly odebírány v odstupech 20-40 metrů, a to ze dvou hloubek (5-20 cm a 40-55 cm; zde obr. 6.9.). Vzorky z obou hloubek velmi dobře lokalizovaly areál vesnice, přičemž data z větší hloubky byla výraznější a lépe vymezovala plochu sídliště, potvrzenou mezi tím i dalšími prospekčními metodami (sít' vrtů, elektroodporová metoda; srov. obr. 10.1.).

U nás byla plošná fosfátová prospekce provedena např. v r. 1985 v pískovně u Poříčan (okr. Nymburk; obr. 6.10.A; srov. Čtverák - Majer 1984). Vzorky půdy byly odebírány půdním vrtákem z hloubky 1 m pod povrchem v síti 10x10 metrů. V potaz byly brány fosfátové anomálie v hodnotách nad 0,5 mg kysličníku fosforečného v gramu zeminy. Po vyhodnocení vzorků a na základě výsledků byla provedena skrývka v místech největší anomálie (na obr. 6.10.A vyznačena přerušovanou čarou). Předpoklad výskytu zahloubených objektů se potvrdil; v prostoru skrývky byly zjištěny tři velké pravěké objekty a deset objektů menších.

Podobný postup byl aplikován i na oppidu u Stradonic (okr. Beroun) v r. 1982 (výzkum P. Drda, A. Rybová, ARÚ Praha). Opět v síti 10x10 m zde byla vyhotovena mapa fosfátových anomálií na základě vzorků odebraných z podorničí. Srovnáním s rozmístěním objektů v trase plynovodu bylo zjištěno, že archeologické objekty se vyskytují častěji v místech s vyšším obsahem fosforu.

Na lokalitě ze starší doby bronzové v Hostech (okr. České Budějovice) na soutoku Vltavy a Lužnice byly při výzkumu v 80. letech (A. Beneš, P. Břicháček, ARÚ Praha, expozitura Plzeň) vzorky na fosfátovou analýzu odebírány po 10 m v řezech, vzájemně vzdálených 50 metrů. Podloží lokality byl písek. Na základě naměřených hodnot byl stanoven pravděpodobný rozsah pravěké komponenty (vyznačen čárkovaně). Současně probíhal archeologický výzkum metodou malých náhodných sond; jeho výsledky jsou na znázorněny na obr. 6.11. (P = výsledek archeologicky pozitivní, N = negativní). Poměr archeologicky pozitivních sond ku sondám negativním byl uvnitř vymezené plochy 45:2, vně plochy 7:36.

Fosfáty a struktura obytných areálů

Fosfátová analýza se v posledních desetiletích stala běžnou součástí větších archeologických odkryvů, zejména v některých regionech a při studiu určitých otázek. Jednou z takových situací je sídelně archeologický výzkum období doby římské a stěhování národů v severním Německu. Např. při výzkumu sídelního areálu z 1. až 6. stol. n.l. ve Flögeln-Eekhöltjen v Dolním Sasku (mezi ústím Labe a Wesery) bylo z plochy kolem 100.000 m² odebráno přes 12.000 vzorků na fosfátovou analýzu; další vzorky byly odebrány i předpokládaných areálů polí (Zimmermann 1992).

Vyhodnocení těchto dat přineslo několik zajímavých výsledků. Za prvé, považuje se za prokázané, že pole v okolí sídliště byla v této době hnojena, na což ukazuje zvýšený obsah P v povrchové vrstvě půdy. Na rozhraní povrchové vrstvy a podloží obsah fosforu rychle klesá, což lze vysvětlit tím, že na pole byl vyvážen hnůj a sídlištní odpad, tedy relativně pevné frakce, které se do podloží příliš nevsakovaly.

Jiná situace je zejména na ploše vlastní obytné komponenty, kde byla systematicky (v síti 1x1 m) sledována zejména celá plocha domů a jejich bezprostředního okolí (vynechávána byla zásadně pouze místa sekundárních, jakkoli malých, zásahů). Celkový počet takto prozkoumaných domů přesáhl 150. Srozumitelné výsledky poskytly zejména domy na okraji sídliště, kde byly hodnoty P celkově nižší (300-400 ppmP; ppm=10⁻⁶), avšak lépe interpretovatelné než v centrální části areálu (zde až přes 1000 ppmP). Fosfátová analýza např. jednoznačně potvrdila, že určitý typ domu (typ 1d), resp. jeho charakteristická část s vnitřními řadami kůlů, souvisí s ustájením dobytka (stájové boxy), neboť hodnoty P v těchto částech domů vždy stoupaly (obr. 6.12.). Zvýšené hodnoty P byly opakovaně zjišťovány i vně domu, těsně u jižní stěny stájové části. Zde, v místě chráněném před deštěm přesahující střechou, se (též podle analogií s jinými výzkumy, např. Feddersen Wierde) předpokládá povrchová latrina (obr. XXIV.A).

Dále na jih od domů ukazovaly často hodnoty P na přítomnost pracovního prostoru, zřejmě užívaného častěji k různým činnostem (zpracování dřeva, kosti, parohu, ale i potravin) než vnitřek domů (obr. XXIV.A). Zajímavé bylo i to, že jeden typ domu opakovaně neprokazoval žádné zvýšené hodnoty P: zdá se proto, že tento typ neobsahoval nikdy stáje a neprovozovaly se v něm výrobní činnosti.

Fosfátová analýza pravěkých sídlištních objektů byla provedena na více lokalitách i u nás. Např. na výzkumu v Písku (poloha u sv. Václava) byly odebrány vzorky z halštatské chaty, a to v síti 0,5x0,5 m. Výplň objektu se zřetelně odlišovala od okolí, přičemž nejvyšší hodnoty byly zjištěny v kúlových jamkách, což odpovídá předpokladu, že do nejnižších míst se fosfáty stahují (obr. 6.13.A-C).

Fosfátový průzkum většího časně laténského objektu (domu) proběhl také na hradišti Závist u Zbraslavi (výzkum K. Motyková a P. Drda, ARÚ Praha). Výsledky jsou znázorněny na obr. 6.14.: při jedné ze stěn objektu byla zjištěna protáhlá fosfátová anomálie, přičemž pozornost zasluhuje zejména zvlnění izolinií této anomálie vně objektu. Toto zvlnění respektuje rozložení kúlových jamek, jako důsledek odvádění fosforem bohatých tekutin do nižších vrstev. To se projevuje snížením kontaminace při povrchu, kde byly odebírány vzorky zeminy.

Ustájení koní bylo možné prokázat i ve středověké konírně na hradě Frýdštejně (okr. Jablonec n.N.), kde prostor jednotlivých stání měl vyšší obsah P než ulička středem konírny (obr. 6.13.D). Vysoký obsah fosforu naměřen také v jímce (na moč); vstup do konírny naopak vykazoval naopak fosforu nejméně.

Fosfátová analýza a hroby

Jedním z možných cílů fosfátové analýzy je i detekce některých druhů výbavy (potrava) v hrobech. Jako příklad uveďme hrob kultury zvoncovitých pohárů č. 77/99 z Tišic, okr. Mělník (výzkum J. Turek, ARÚ Praha, 1999). Cílem fosfátové analýzy bylo pátrat po možném zásobení zemřelého potravou. Výplně nádob skutečně obsahují více fosforu než jejich nejbližší okolí a rovněž tak na schodovitém stupni mezi kostrou a nádobami byla nalezena místa s vyšším obsahem fosforu (obr. 6.15.).

V Praze 9 - Miškovcích (výzkum M. Ernée, Archaia, 2001) byla podloží hrobů únětické kultury silně vápenatá půda s 25 % CaCO₃ a zásaditou reakcí. V takové půdě je zabráněno vyluhování fosforu z kostí a fosfor z měkkých tkání mrtvých těl se dobře váže na půdní substrát. Bylo zjištěno, že některé hroby mají pode dnem zachovánu výraznou fosfátovou anomálii. Tyto hroby je možné interpretovat jako místa

primárních pohřbů, tj. hroby, do kterých bylo tělo zemřelého uloženo ještě před rozkladem měkkých tkání (obr. 6.16.A). Naproti tomu hroby, v nichž nedošlo k rozkladu mrtvol, vykazují hodnoty srovnatelné s pozadím (obr. 6.16.C); lze tedy předpokládat, že šlo o hroby symbolické. Zajímavý úkaz je patrný na obr. 6.16.B: pod kostrou H42 se vytvořila fosfátová anomálie, zpřeházená kostra H41 anomálii pod sebou nemá. Je tedy patrné, že k rozkladu H41 muselo dojít jinde (mohlo tedy jít o sekundární pohřeb, nebo o druhotné přemístění ostatků při znovuootevření hrobu). Při podobných výzkumech je nutno odebírat i kontrolní vzorek půdy z míst nezasazených produkty rozkladu. Vyhodnocení dat ze série vzorků je vhodné provádět statistickými postupy, např. podle metody nejmenších čtverců, jak ukazuje obr. 6.16.D. Vyhodnocujeme průměrnou hodnotu pro vyskytnuvší se prostředí, střední chybu pozorování a střední chybu průměru pozorovaných hodnot. Z příkladu našeho pohřebiště vidíme dvě oddělené a neprolínající se skupiny hodnot, jejichž parametry proto spolehlivě detekují místa zasažená a nezasazená produkty rozkladu mrtvých těl.

Kanály a interpretace jejich účelu

Při výzkumu novověkých památek se občas setkáváme se starými funkčními i nefunkčními kanály, jejichž cílem nemuselo být vždy jen odvádět splašky. Některé tyto stavby odváděly např. dešťovou vodu, nebo sloužily pro uložení vodovodních potrubí. Na charakter jejich funkce můžeme mimo jiné usuzovat i z rozboru kanálových sedimentů, zejména z jejich půdní reakce, obsahu fosforu, vápníku, železa a z měření magnetické objemové susceptibility. Pro splaškové kanály je charakteristický vysoký obsah fosforu, vysoká magnetická susceptibilita, kyselost sedimentu a snížení či vymizení obsahu vápníku. Také železa bývá nalezeno méně. Kanály na dešťovou vodu a vodovodní štoly tyto vlastnosti obvykle nevykazují.

Na obr. 6.17.A vidíme řez kanálem ve Starém Plzenci, vydlabaném v jílu. Analyzovány byly 4 vzorky (1-4), odebrané ze stěn podle obrázku. Vzorky ode dna mají zvýšený obsah fosforu, zvýšenou magnetickou susceptibilitu a současně sníženou vápenatost. Lze tedy soudit, že kanálem protékaly kyselce reagující povrchové nečistoty, patrně ale ne splašky. Na obr. 6.17.B jsou řezy dvěma kanály na náměstí v Písku. Vyšší kanál se vzorkem 1 odváděl vodu z kašny, kanál se vzorkem 2 je městský splaškový kanál. Nápadný je zejména rozdíl v obsazích fosforu a v magnetické objemové susceptibilitě sedimentů. Ve vzorku 1 byl navíc zjištěn i vápenec, který ve vzorku 2 chybí. Vzorek 2 má také nižší obsah železa. Výměnná půdní reakce je rovněž ve shodě s funkcí díla; splaškový kanál vykazuje kyselou reakci, kanál který byl proplachován čistou vodou reaguje neutrálně.