

8

**POSTUPY DOKUMENTACE A VIZUALIZACE
HISTORICKÝCH ZÁVLAHOVÝCH STAVEB A OBJEKTŮ**

Jaromír Florian | Aleš Vyskočil | Radek Bachan | Martin Caletka | David Honek | Miloš Rozkošný

Úvod

Hydromeliorační stavby doprovází společnost a krajinu českých zemí od 19. století do současnosti. Mnoho historických realizací přestalo být využíváno a jen menší část je součástí památkově chráněných objektů a areálů. Také velká část realizací závlahových systémů a objektů po roce 1948 byla z ekonomických důvodů opuštěna a nachází se v různém stavu. S ohledem na změny klimatických podmínek a očekávaný nárůst zájmu o posouzení stavu a možnosti obnovy existujících závlahových systémů je důležité stávající stav objektů důkladně zmapovat, zdokumentovat a popsat i z hlediska památkové péče.

Obecně platí, že cílů podobného výzkumu je možné dosáhnout pomocí archivního výzkumu, zpracování dostupných analýz podkladů, především historických dokumentací, plánů, ale také současného průzkumu závlahových objektů a soustav. Monitoring vybraných soustav je vhodné provádět jak terénními pochůzkami s předem připravenými mapovými podklady, tak s využitím moderních technologií UAV. Data je následně možné analyzovat a vizualizovat pomocí GIS nástrojů. Zpracování takto pořízených podkladů umožní vytvoření souborů map a plánků pro jednotlivá území. V nich je možné podrobně zobrazovat trasování a stav zachovalých i zaniklých závlahových systémů, identifikovat jejich kulturně-historické hodnoty, posoudit potenciál obnovy a dalšího využití, ale i zhodnotit rizika při zachování a dalším využívání, a to pro každé ze zájmových území.

Praktické řešení je vhodné v postupném kroku zaměřit na sběr podkladů, archivní šetření a zpracování informací, podkladů a plánů k závlahovým stavbám, objektům a systémům. V rámci úvodní etapy řešení projektu byla provedena rozsáhlá rešerše literatury zabývající se historií a technologií závlahových systémů v ČR i v okolních zemích, a to v kontextu památkové péče a ochrany industriálního dědictví. Ve vazbě na popis historického vývoje byla sestavena typologie zavlažovacích zařízení, včetně schémat. Pro vybraná zájmová území bylo

snahou shromáždit veškerý dostupný materiál. Průběžně pak probíhala jeho digitalizace a roztřídění. Probíhalo také studium relevantní odborné primární a sekundární literatury a publikovaných výstupů, rovněž práce s mapovými podklady. Dohledávány byly zdroje zabývající se tematikou vodního práva, vodních knih a vývoje přístupu k melioracím a zavlažování, dále se pozornost soustředila na publikace o nakládání s vodou v krajině v historických souvislostech. Závlahová problematika byla zkoumána rovněž v rovině kartografické. Rešerše dobových kartografických map byla podniknuta za účelem poznání forem kartografického zachycení závlahových děl a dále kvůli zmapování jejich prostorové dislokace.

Archivní výzkum

Náplň archivního výzkumu se zaměřuje na sběr podkladů a plánů k závlahovým stavbám, objektům a systémům, následně na zpracování a vyhodnocení získaných informací. Archivní prameny týkající se novověkých zavlažovacích soustav různé typologie a všeobecně vodohospodářských aktivit, pod které zavlažovací realizace spadají, se pro území České republiky nacházejí v archivech centrální (Národní archiv v Praze), oblastní (státní oblastní archivy) a okresní úrovně (státní okresní archivy, které jsou organizační složkou oblastních archivů). Záměrem bylo pro předem definovaná zájmová území shromáždit veškeré dostupné materiály, obvykle charakteru historických technických dokumentací, plánů, ale také případných projektů zpracovaných za účelem možné obnovy některých částí systémů a také co nejpodrobnější popis původních parametrů zájmových závlahových soustav. Ukázalo se však, že archivní výzkum neposkytl očekávané výsledky v tak rozsáhlé paletě, jak se původně předpokládalo. Důvodů je více, jak vyplývá s následujícími dílčími kapitolami, které rozebírají detailně problematiku archivního bádání pro dvě klíčová časová období, spojená s realizací hydromeliorací.

Archivní výzkum pro období 1870–1945, v souvislosti s podniky vodních družstev

Klademe-li si otázku, v kterých archivních fondech pátrat po pramenech k závlahám realizovaným přibližně v letech 1870–1945, musíme mít jasno ve dvou směrech: kdo závlahy realizoval a které úřady a instituce se podílely na vypracování projektu, jeho schválení, provedení stavby a udílení subvence. Pro období vymezené přibližně lety 1870–1945 se nabízí hned několik typů archivních fondů, po nichž můžeme sáhnout; jsou to zejména fondy vodních družstev, velkostatků, okresních úřadů, zemských výborů a zemských úřadů. Zásadní dva faktory určující schopnost či vůbec možnost badatele dopátrat se kýžených informací představují dochování fondu a kvalita (myšleno podrobnost) jejich zpracování. S výjimkou vodních družstev máme totiž co dočínění s úřady, jejichž působnost byla rozmanitá, agenda vodoprávní a vodohospodářská u nich tvořila pouze malý výsek, a probojovat se uvnitř registraturních skupin (signatur oddělení spisoven) ke spisům, jež nás zajímají, nemusí být vůbec jednoduché.

Fondy vodních družstev se na první pohled jeví jako ideální pramen, problémem je však jejich torzovité dochování. Lze mít za to, že mnohé písemnosti se nacházely v pozůstalosti funkcionářů vodních družstev, a tak dnes v těchto fondech nacházíme jen nepatrné zlomky materiálu, který vodní družstva za svou existenci vyprodukovala a nashromáždila. V průběhu našeho pátrání jsme se například v těchto fondech prakticky nesetkali s technickou dokumentací prvotního (původního) projektu. Z nejzajímavějších dokumentů lze jmenovat stanovy vodních družstev, katastry pozemků zahrnutých do meliorace nebo soupisy členů vodního družstva. Zbytek tvoří různorodá korespondence s úřady, finančními ústavy, projektantem či dodavatelem stavebního materiálu v technických, příp. ve finančních záležitostech. Z větší části jde o drobnosti. Větší význam mají – jako součást korespondence – čistopisy úředních rozhodnutí – např. o udělení vodoprávního povolení, stanovení data místního šetření apod., kde je mnohdy zachycen dosavadní vývoj (historie) celého podniku, podobně jako v protokolech o průběhu místního šetření, informačně rovněž velmi cenných. Ve fondech někdy též nacházíme v různém množství účetní materiál (stvrzenky, faktury, doklady o přihlášení dělnictva k nemocenskému pojištění apod.).

Pokud jde o fondy okresních úřadů, máme dvě možnosti: pátrat ve všeobecné spisovně, nebo ve

spisovně technických oddělení, která byla součástí vybraných okresních úřadů pověřených vyřizováním technické agendy. Kupříkladu Morava byla od roku 1928 rozdělena do 11 tzv. stavebních okresů. Stavební, resp. technická oddělení byla zřízena u okresních úřadů v Brně, Šumperku, Jihlavě, Moravské Ostravě, Moravské Třebové, Novém Jičíně, Olomouci, Opavě, Přerově, Uherském Hradišti a Znojmě. (SOkA Břeclav, Okresní úřad Hustopeče). Ve všeobecných spisovnách musíme pátrat v příslušném oddělení, ve kterém byly spisy ohledně melioračních podniků ukládány. Problém však spočívá v tom, že velmi často jsou inventáře těchto archivních fondů vypracovány jako pouhé seznamy kartonů. To znamená, že si nemůžeme učinit přesnější představu, kde (ve kterém kartonu, či kartonech) by mohl být hledaný materiál (spis) v příslušném oddělení spisovny uložen. Hledání bývá časově velmi náročné, navíc mnohdy ještě s nejistým výsledkem: spis se nemusel dochovat, nebo je – z dnes již nezjistitelného důvodu – někde jinde, než jej hledáme. Při cíleném hledání konkrétního závlahového podniku je samozřejmě velkou výhodou, můžeme-li se opřít o směrodatnou indicii (např. rok kolaudace podniku, číslo jednací kolaudačního výměru apod.). Podstatně lépe se hledá ve fondech technických oddělení, kde bývá věnována pozornost jednotlivým druhům staveb, mezi nimi též vodohospodářských meliorací. Právě zde spíše nacházíme technickou dokumentaci jako průvodní technické zprávy, výkresy, situační plány apod. Jako příklad lze uvést dvousvazkový inventář technického oddělení při Okresním úřadě v Brně (Příleská, 1973; Durec, 1996).

Za určitých okolností lze využít při výzkumu závlah prováděných vodními družstvy též archivních fondů velkostatků. Můžeme si to ukázat např. na vodním družstvu v Borotíně na Malé Haně. Jeho předsedou byl po celou dobu borotínský velkostatkář Gustav Riedl. Díky tomuto personálnímu propojení velkostatku a vodního družstva nalezneme ve fondu Velkostatek Borotín četné písemnosti dokumentující realizaci a údržbu melioračního podniku (MZA, Velkostatek Borotín). Tento materiál týkající se vlastně jedné konkrétní záležitosti je ovšem roztržštěn v množství kartonů, obvykle ještě s názvy velmi obecnými, z nichž nelze spolehlivě usuzovat na souvislost se zkoumaným tématem. Opět proto nezbyvá než časově náročný průzkum značného množství kartonů. Nacházíme zde dílčí materiál, mnohdy ovšem zajímavého obsahu: účetní doklady, korespondenci se subvenčními úřady

a dohlédacími orgány (zemskými inženýry pověřenými stavebním dohledem) apod. Některé dílčí záležitosti (zejména korespondence se subvenčními úřady a dohlédacími orgány) lze nalézt také ve fondech obcí a měst. Např. některé materiály týkající se vodního družstva v Borotíně lze nalézt ve fondu obce (SOKA Blansko, Archiv obce Borotín).

Postoupíme-li po instančním žebříčku z roviny místní a okresní výše, ocitneme se na úrovni zemské. V českých zemích totiž fungovalo až do roku 1948 zemské zřízení, to znamená, že územněsprávní jednotkou stojící nad okresy byla země (v této souvislosti stojí za zmínku, že roku 1928 bylo dosud správně samostatné Slezsko spojeno s Moravou v zemi Moravskoslezskou). V jednotlivých zemích byly pro agendu vodohospodářských meliorací, a tedy také závlah, příslušné jak státní úřady (zemská místodržitelství nebo zemské vlády nazývané v nové republice zemské správy politické, od roku 1928 zemské úřady), tak úřady zemské samosprávy (zemské výbory jakožto výkonné úřady zemských sněmů). Státní úřady byly úřady subvenčními a z tohoto titulu vykonávaly dohled státní správy na realizaci melioračních podniků. Jak jsme již podrobně vysvětlili výše v kapitole o novodobé historii závlah, samosprávné zemské úřady hrály mnohem aktivnější, někdy přímo iniciativní roli a byly to obvykle také ony, na koho se obce ještě před ustavením vodního družstva obracely se žádostmi o posouzení vhodnosti meliorací, o vypracování projektu atd. Obě tyto linie, totiž státní a samosprávná, byly od roku 1928 spojeny v zemském úřadu. V moravském prostředí tak vplynuly spisy někdejšího samostatného zemského zemědělsko-technického úřadu do fondu zemského úřadu, kdežto např. ve Slezsku existuje do roku 1928 samostatný fond Zemský stavební úřad Opava (Merhautová, 2016).

Průzkum ve fondu moravského zemského výboru (MZA, Zemský výbor Brno) ukázal, že i zde lze najít cenné prameny dílčího charakteru. Nalezneme zde jednak prameny dokreslující obecnou podporu, jež tato instituce věnovala rozvoji vodohospodářských meliorací, jednak spisy týkající se udělení subvence na konkrétní meliorační podniky. Kvantitou i kvalitou obsaženého písemného materiálu se však tyto subvenční spisy značně liší a pouze část z nich představuje skutečně obsáhlé konvoluty, mapující průběh celého podniku. Jedná se především o korespondenci vodních družstev se zemským výborem, dále pak komunikaci zemského výboru se zemským zemědělsko-technickým úřadem (za účelem podání dobrozdání)

a zemským politickým úřadem (např. za účelem zajištění státní subvence pro meliorační podnik). Technickou dokumentaci zde ovšem nenajdeme.

Roztříštěnost a torzovitost archivních pramenů do jisté míry vyvažuje existence dobových publikací věnovaných melioračním podnikům vodních družstev. Jedním z hlavních účelů těchto děl bylo propagovat vodohospodářské meliorace. Získáváme z nich cenné informace o genezi a vývoji vodního družstva, o provedených melioracích, včetně jejich základních technických parametrů a výše stavebního nákladu apod. Tyto publikace bývají obvykle opatřeny doprovodným obrazovým materiálem ve formě fotografií (členové vedení vodního družstva, ukázky realizace), mapek a plánek. Přímou o závlahách, které až na výjimky netvořily gros provedených meliorací, se dozvídáme relativně málo. Mnozí autoři byli natolik pečliví, že dokonce citovali čísla jednací úředních dokumentů (např. schválení družstevních stanov, udělení vodoprávního povolení, kolaudace stavby, protokoly o místním šetření nebo rozhodnutí o přiznání subvence), čímž nám poskytli cenná vodítka pro eventuelní archivní výzkum. Toto puntičkářství snadno pochopíme, uvážíme-li, že autory odborných pasáží v těchto knihách byli často přímo správci stavby z řad zemských inženýrů. Nejenže téma dokonale ovládali, ale pokud bylo třeba, mohli se opřít o jim snadno dostupné úřední spisy, včetně dokumentů vodních družstev.

Mezi tento typ pramenů můžeme zařadit také výroční spisy zemských samosprávných úřadů, do jejichž gesce náležela péče o rozmach vodohospodářských meliorací. Z nich lze čerpat rámcové údaje o vývoji vodohospodářských meliorací v jednotlivých zemích; závlahám je věnováno méně prostoru, protože se rozsahem nemohly srovnávat s odvodněními a regulacemi. I tyto publikace pocházejí z pera předních zemských odborníků v oblasti vodohospodářských meliorací.

Závěrem lze tedy shrnout, že dochování archivního materiálu mapujícího závlahové a vůbec meliorační podniky v českých zemích v letech 1870–1945 je značně torzovité a badatel většinou musí slepovat obraz z drobných střípků rozestých v řadě archivních fondů. Výrazný limit přitom představuje kromě stupně dochování archivního materiálu také úroveň (kvalita) jeho zpracování. Za této situace poskytují vítaný doplněk pramenné základny, případně i východisko archivního bádání dobové publikace usilující o propagaci vodohospodářských meliorací.

Situace v oboru a možnosti archivního výzkumu pro období po roce 1945

Významným impulzem pro rozvoj zavlažovací politiky v rámci celých českých zemí byly důsledky extrémního sucha v roce 1947. K tomu se přidaly společenské změny a nové představy o fungování zemědělství a navazujících oborů, včetně vodního hospodářství v krajině. V rámci realizace socialistické velkovýroby byly také prováděny v masivním měřítku meliorace a regulace vodních toků, tehdy usnadněné absencí privátního parcelního vlastnictví (důsledek kolektivizace). V letech 1949–1953 byl zpracován Státní vodohospodářský plán, který představoval souhrnný návrh na využití všech zdrojů vody z hlediska celospolečenských potřeb státu, včetně závlah. V něm byly poprvé na základě rozboru klimatických a pedologických poměrů vymezeny i čtyři hlavní oblasti pro výstavbu velkoprošných závlahových soustav a stanoven způsob zajištění potřebné vody výstavbou přehrad. V Čechách to bylo širší Polabí, na Moravě Podyjí a na Slovensku Podunajská a Východoslovenská nížina. V roce 1955 byl přijat nový zákon č. 11/1955 o vodním hospodářství, který byl jednotný pro celý stát. Na základě tohoto zákona, pozměněného a doplněného zákonem č. 12/1959, byla vymezena příslušnost a působnost orgánů pro vodohospodářské povolování melioračních úprav. Struktura a provoz hydromeliorací prošly komplikovaným institucionálním vývojem. Postupně byla zřízena Československá akademie zemědělských věd (ČSAZV), mj. s Odborem zemědělsko-lesnických meliorací o sedmi komisích (rašelinářská, hospodaření s vodou v zemědělství, ochranného zalesňování v zemědělství, delimitace zemědělské a lesní půdy, ozelenění města a venkova, zvelebení luk a pastvin, agrometeorologie), dále Výzkumný ústav zemědělsko-lesnických meliorací v Praze (VÚZLM). Komplexní výzkum závlah spadl v letech 1959–2001, na území ČR do roku 1993, pod Výzkumný ústav závlahového hospodářství (VÚZH) v Bratislavě, s pobočkami v Praze a v Brně (Kulhavý a kol., 2017). Od roku 1970 působila Státní meliorační správa (SMS), zřízená rozhodnutím Ministerstva zemědělství a výživy (MZVŽ). Oblast činnosti organizace zahrnovala udržování základních prostředků vybudovaných státem, provoz a jejich správu, dále bylo organizaci uloženo plánování a provádění melioračních a zúrodňovacích opatření. Od počátku evidovala a archivovala SMS ve svém vlastním informačním systému data k melioračnímu oboru. Sídlo SMS bylo v Praze a v každém kraji se

nacházela Oblastní státní meliorační správa (OSMS), která se dále členila na okresní pracoviště.

S rozvojem hydromeliorací, včetně závlah, souvisel i výzkum, který se koncentroval mimo zmíněného VÚZH, na vysoké školy (jmenujme např. VUT v Brně, VŠZ v Brně) a do dalších institucí, včetně podniků, které se zabývaly vývojem a výrobou techniky využitelné a potřebné pro závlahy (Sigma, Hydroprojekt, vybrané STS, např. v Hustopečích, aj.).

Po roce 1989 se začal stále výrazněji projevat tlak na omezování investiční výstavby a docházelo k transformacím státních podniků a JZD na akciové společnosti. V důsledku rozdělení Československa došlo k ukončení činnosti VÚZH na území ČR, SMS se roku 2001 transformovala na Zemědělskou vodohospodářskou správu (ZVHS), v život vešel nový vodní zákon (č. 254/2001), byl zrušen Státní fond pro zúrodnění půdy (2006), agenda ZVHS přešla v roce 2012 na Podniky Povodí, SPÚ a LČR, na SPÚ vznikl nový odbor vodohospodářských staveb (2017).

Z uvedeného vývoje vyplývá, že velká část potenciálních fondů, knihoven a archivů, zejména státní správy v oboru, prošla turbulentním vývojem, jehož výsledkem byla i redukce materiálů, nedostatky v jejich evidenci a tím snížení možnosti jejich dohledání. Teoreticky jsou pro badatele stále k dispozici archivy výzkumných institucí a vysokých škol, kdy ale v praxi opět dochází k nežádoucím redukcím fondů. Praktickým zjištěním z řešení výzkumu je skutečnost, že více materiálů lze nalézt v osobních archivech bývalých pracovníků, dnes již často pokročilého věku, které navíc často nejsou utříděny.

V další části se budeme zabývat rozbořem možného použití pokročilých moderních dokumentačních metod při terénních šetřeních. Pomineme problematiku terénních pochůzek, která sice představuje nedílnou součást podobného výzkumu, ale je založena na všeobecně známých předpokladech, tedy nutnosti přípravy dostatečně podrobných mapových podkladů, situačních plánek a schémat, využití vhodné foto-techniky apod.

Využití UAV systémů pro terénní výzkum

Předtím, než zde uvedeme podrobný postup dokumentace a vizualizace objektů a jejich soustav přímo v terénu, který byl odzkoušen během řešení výzkumného projektu, budeme se věnovat popisu klíčového

vybavení, jak zařízení pro práci v terénu, tak i počítačových nástrojů, které slouží ke zpracování získaných dat, snímků a měřených hodnot. Přitom platí, že je možné využít i srovnatelně výkonné a funkční vybavení, ať už se jedná o volbu UAV prostředku (dronu), tak zařízení pro měření polohopisu a výškopisu (GPS stanice) a počítačových nástrojů. Níže uvedený postup byl využit při našem výzkumu.

Využití technologie UAV v kombinaci s GPS ve vodním hospodářství (Uhrová a kol., 2018) umožňuje zachytit aktuální stav objektů, přinést podklady pro analýzu jejich rozměrů, dimenzí, včetně změn v čase. Zmíněná technologie nachází své místo i v průzkumu kulturního dědictví (Lo Brutto a kol., 2014; Nex a Remondino, 2014). V případě vývoje a odzkoušení vhodných dokumentačních postupů byla práce zaměřena na ověření možností využití UAV systémů pro dokumentaci objektů, využití termosnímků a fotogrammetrických snímků povrchu a krajinných struktur, využití GIS nástrojů a digitálního modelu terénu vytvořeného z dat DMR 5G, hardware & software pro digitalizaci archivních materiálů a pro vizualizaci objektů, soustav a zařízení apod.

MĚŘÍCÍ APARATURA, SOFTWARE VYBAVENÍ

■ UAV systém

K získání podkladových dat ve formě leteckých fotografií byla v rámci našeho výzkumu využita kvadrokoptéra **DJI Phantom 4 Pro+ V2.0**. Jedná se o inteligentní profesionální UAV systém schopný pořizovat letecké fotografie s rozlišením 20 megapixelů a 4K video při 60 snímcích za sekundu s datovým tokem až 100 Mb/s. Zabudovaný GPS kompas a barometrický senzor zajišťují automatickou stabilizaci UAV systému ve svislém i vodorovném směru. Pro bezpečný let je dron vybaven systémem detekce překážek a infračervenými čidly v rozích konstrukce. Kvadrokoptéra má zabudovaný gyroskopicky stabilizovaný závěs kamery s rozsahem výkyvu -90° až $+30^\circ$, který nese jednopalcový CMOS snímač opatřený mechanickou závěrkou eliminující zkreslení obrazu. Kamera je dále vybavena letecky optimalizovaným F2.8 širokoúhlým objektivem s ekvivalentní ohniskovou vzdáleností 24 mm a je určena pro letecké snímání objektů a terénu ve vysokém rozlišení i při náročných povětrnostních podmínkách. UAV systém je schopný automatického letu i manuálního řízení a sběru dat.

■ Trimble R2

K zaměření prostorové polohy pozemních kontrolních bodů (GCP – z anglického Ground Control Points) sloužil GNSS přijímač **Trimble R2**. Jedná se o profesionální přístroj využívaný zejména v geodézii a pro geoprostorové aplikace v GIS. Slouží ke kvalitnímu, pohodlnému a rychlému sběru geoprostorových dat. Trimble R2 pracuje se všemi GNSS signály (Galileo, GLONASS, BeiDou atd.) i rozšiřujícími systémy a má zabudován čip Trimble Maxwell™ 6 s 220 kanály. Pro co nejvyšší přesnost a maximální výkon měření v reálném čase flexibilně využívá korekce z tradičních RTK a VRS sítí a také externí korekce z jiných zdrojů (EGNOS, CZEPOS atd.). Přístroj je vybaven technologií Floodlight, která redukuje stínění satelitů a poskytuje přijímači Trimble R2 spolehlivá a přesná data i v obtížných podmínkách. Technologie výrazně zvyšuje dostupnost signálu pod stínícími objekty, jako jsou budovy nebo koruny stromů. Odolná konstrukce, kompaktní hardwarové vybavení GNSS přijímače a sofistikovaný software Trimble ACCESS umožňují i v nejnáročnějších podmínkách sběr geoprostorových dat s centimetrovou přesností v horizontálním i vertikálním směru.

■ Agisoft PhotoScan Professional

Zpracování získaných leteckých snímků proběhlo pomocí profesionálního softwaru **Agisoft PhotoScan Professional**. Tento software využívá metod digitální fotogrammetrie a Structure from Motion (SfM) a umožňuje zpracovat sadu digitálních snímků a provést automatický výpočet orientace vstupních fotografií, tvorbu polygonálních modelů, hustých bodových mračen, výškových modelů nebo georeferencovaných ortofotomap ve vysokém rozlišení. Výstupem je texturovaný 3D model zachycené scény. Například trojrozměrný digitální model povrchu, 3D model budovy nebo jiného libovolného objektu. Získaná 3D data lze využít pro další práci v GIS aplikacích, pro dokumentaci kulturního dědictví nebo jiné prezentační účely.

■ ESRI ArcGIS

Podrobná analýza a vizualizace snímaného území proběhla na platformě geografického informačního systému **ESRI ArcGIS**, který je primárně určený pro práci s prostorovými daty. V rozhraní ArcMap lze pomocí předdefinovaných geoprocessingových nástrojů dostupná geodata zpracovat, připravit pro detailní analýzu, měřit nad nimi délky, plochy, objemy kubatur, sklony svahu apod. Software sloužil zejména

k identifikaci a detailnímu zobrazení závlahových a odvodňovacích kanálů a hřbetin závlahového systému. Umožnil měření jejich parametrů (délka, šířka, hloubka, sklon), určení prostorové orientace a popis aktuálního stavu systému.

TERÉNNÍ MĚŘENÍ, POUŽITÉ METODY A ZPRACOVÁNÍ DAT

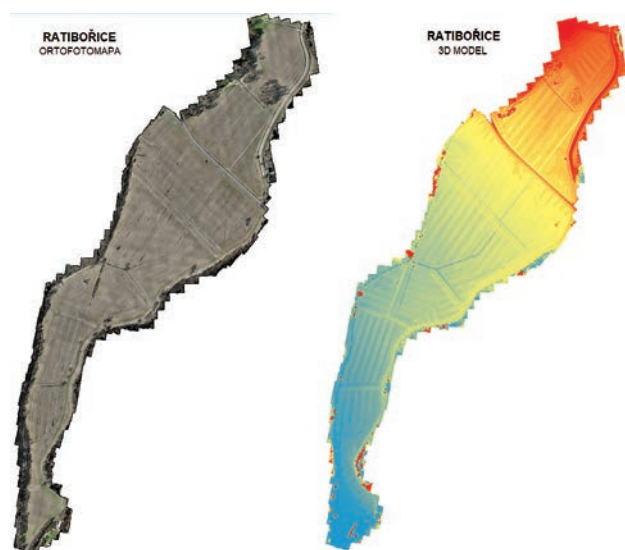
Terénní měření a sběr dat pomocí UAV systému je s ohledem na povětrnostní podmínky nutné pečlivě plánovat. Bezpilotní letadlo má pro svůj vzlet a práci ve vzdušném prostoru dané limitní podmínky (teplota, srážky, rychlost větru atd.). V případě měření v bezletových zónách nebo ochranných pásmech je navíc potřeba získat povolení k vzletu od Úřadu pro civilní letectví (ÚCL).

Před samotným vzletem bezpilotního letadla se provádí rekognoskace terénu s cílem odhalit možné překážky v různých letových hladinách, obvykle se jedná o sloupy vysokého napětí, vzrostlou vegetaci apod. Po prvotním průzkumu se monitorovaná lokalita vybaví pozemními kontrolními body (GCP). Pro tyto body jsou pomocí zařízení Trimble R2 následně zaměřeny přesné polohopisné a výškopisné souřadnice, které v následném zpracování dat slouží k určení geometrie a georeferencování trojrozměrného modelu povrchu

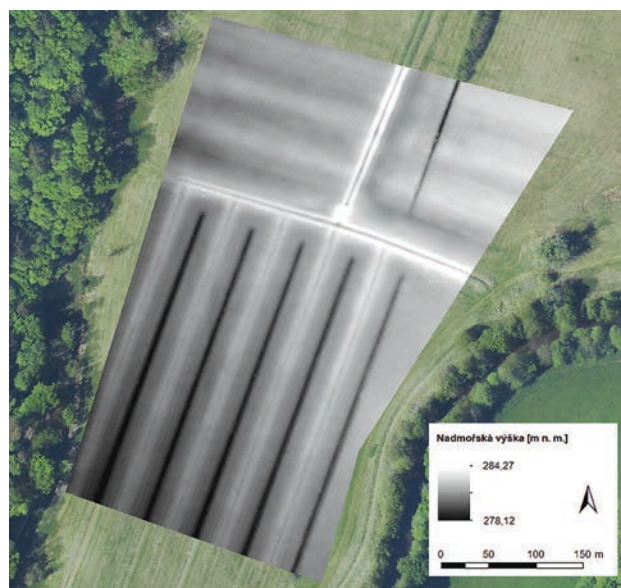
a k efektivnímu spojení jednotlivých leteckých snímků (Pavelka, 2009).

Prvotní pozemní průzkum a rozmístění pozemních kontrolních bodů definuje velikost zaznamenávané plochy. Operátor, na základě získaných informací o zájmovém objektu/území, pomocí pozemní ovládací stanice vymezení polygon, ve kterém se bezpilotní letadlo bude pohybovat. Dále nastaví parametry jako je rychlost letu, výška letu, frekvence snímání, úroveň překryvu jednotlivých fotografií atd. V případě určení rychlosti a výšky letu bezpilotního letadla je nutné brát v potaz předpokládanou výdrž baterií, velikost monitorovaného území, požadavek na rozlišení a kvalitu leteckých snímků i výsledného 3D modelu. Překryv pořízených fotografií pak musí dosahovat 60–80 %. Výrazný překryv zaručí bezproblémové spojení jednotlivých snímků a zajistí kvalitní výstup ve formě přesného a kompletního digitálního modelu monitorovaného objektu/území (Luhmann a kol., 2006). Vlastní let a sběr dat je plně automatický a operátor fakticky pilotuje použitou kvadrokoptéru DJI Phantom 4 Pro+ V2.0 pouze při vzletu a přistání.

Zpracování získaných dat ve formě množiny leteckých fotografií a geodeticky zaměřených GCP probíhá v softwarovém prostředí Agisoft PhotoScan Professional. Specializovaný software dokáže fotogrammetrickou metodou Structure from Motion určit polohy, směry a náklony snímače umístěného na bezpilotním



Obr. 8-1 Příklad analýzy terénu a identifikace rozvodů vody pro zavlažování luk pomocí výškového snímání UAV prostředky, s využitím metod fotogrammetrie a digitálního zpracování dat (historické luční závlahy podél Úpy pod zámek Ratibořice) (zpracoval VÚV TGM, 2021).



Obr. 8-2 Překryv počítačového zpracování fotogrammetrického zaměření terénu nad ortofotomapou umožňuje vizuálně zvýraznit členitost terénu a v tomto případě i vykreslit zachovalou profilaci terénu do hřbetin (historické luční závlahy podél Úpy pod zámek Ratibořice) (zpracoval VÚV TGM, 2021).

letadle a spojit jednotlivé fotografie na základě identifikace společných bodů na překrývajících se snímcích (Smith a kol., 2015). Vznikne řídké bodové mračno. Následně se na samotných fotografiích manuálně lokalizují GCP, kterým se v softwarovém prostředí přiřadí v terénu naměřené hodnoty X, Y, Z souřadnic daného souřadnicového a výškového systému. Agisoft PhotoScan Professional pomocí předdefinovaných nástrojů z vypočtených a vložených údajů vytvoří husté bodové mračno. V dalším kroku z kombinace údajů o poloze a náklonu snímače v době pořízení fotografie, barevné škále jednotlivých fotografií a geografickými souřadnicemi vybavených GCP vznikne texturovaný trojrozměrný model povrchu a georeferencovaná ortofotomapa monitorovaného objektu/území. Získaná geodata i dílčí výsledky je možné v různých formátech exportovat pro prezentační účely nebo využít pro další zpracování a analýzy v geografických informačních softwarech jako je například ESRI ArcGIS (Wolf a kol., 2014).

Pro detailní analýzu a podrobnou 3D modelaci v prostředí ArcMap byla využita geodatabáze s bodovou třídou prvků s určenými X, Y, Z souřadnicemi generovaná programem Agisoft PhotoScan Professional. Data v podobě hustého bodového mračna reprezentující zájmové území byla v několika krocích v softwaru ArcMap předpřipravena a následně sloužila k vytvoření nepravidelné trojúhelníkové sítě (TIN – z anglického Triangulated Irregular Network). Vygenerovaný TIN byl následně převeden na rastrový formát o velikosti pixelu 1,0 cm. Výsledkem je detailní 3D model monitorované oblasti a objektů, nad kterým lze počítat matematické funkce, analyzovat vzájemné prostorové vazby nebo měnit parametry vizualizace zobrazovaných skutečností.

Následující obrázky představují možné výsledky výše popsaného metodického postupu k dokumentaci lokalit vodohospodářských objektů, zařízení a soustav (kanálů aj. prvků) v krajině.

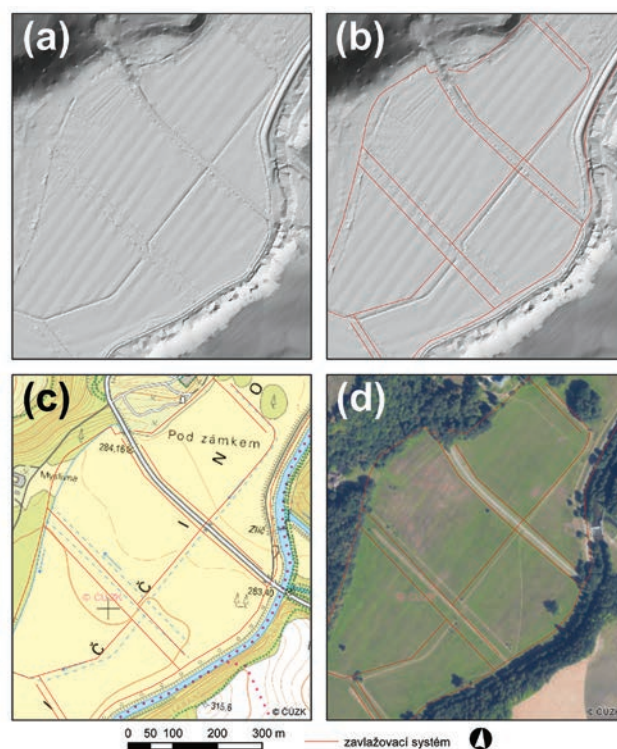
Možnosti využití DMT pro identifikaci závlahových staveb a objektů v krajině

Digitální model reliéfu 5. generace (DMR 5G) aktuálně představuje nej přesnější reprezentaci reliéfu celého území České republiky. Jedná se o datovou sadu, která byla pořízena v rámci laserového leteckého skenování. Je tvořena mračnem bodů o známé výšce, nerovnoměrně rozmístěných tak, aby reprezentace reliéfu co nejvíce odpovídala realitě. Je však potřebné uvést, že výšková přesnost sady DMR 5G je proměnlivá v závislosti na členitosti terénu a vegetaci. Pohybuje se

od řádově jednotek centimetrů v otevřeném terénu až po decimetry v členitém zalesněném terénu. I přes uvedené nepřesnosti však nabízí datová sada DMR 5G možnosti pro identifikaci specifických tvarů terénu. V rámci tohoto projektu byla vybrána pro prvotní testování využití lokalita Ratibořice podél řeky Úpy.

Z datové sady DMR 5G byly vybrány příslušné mapové listy, které byly v prostředí ESRI ArcGIS 10.7 převedeny na bodové vrstvy a následně na nepravidelnou trojúhelníkovou síť TIN, tedy plastický digitální model terénu. Přes tento model terénu byly přeloženy liniové vrstvy závlahových systémů (z aplikace VÚMOP), což umožnilo hledat odpovídající tvary terénu.

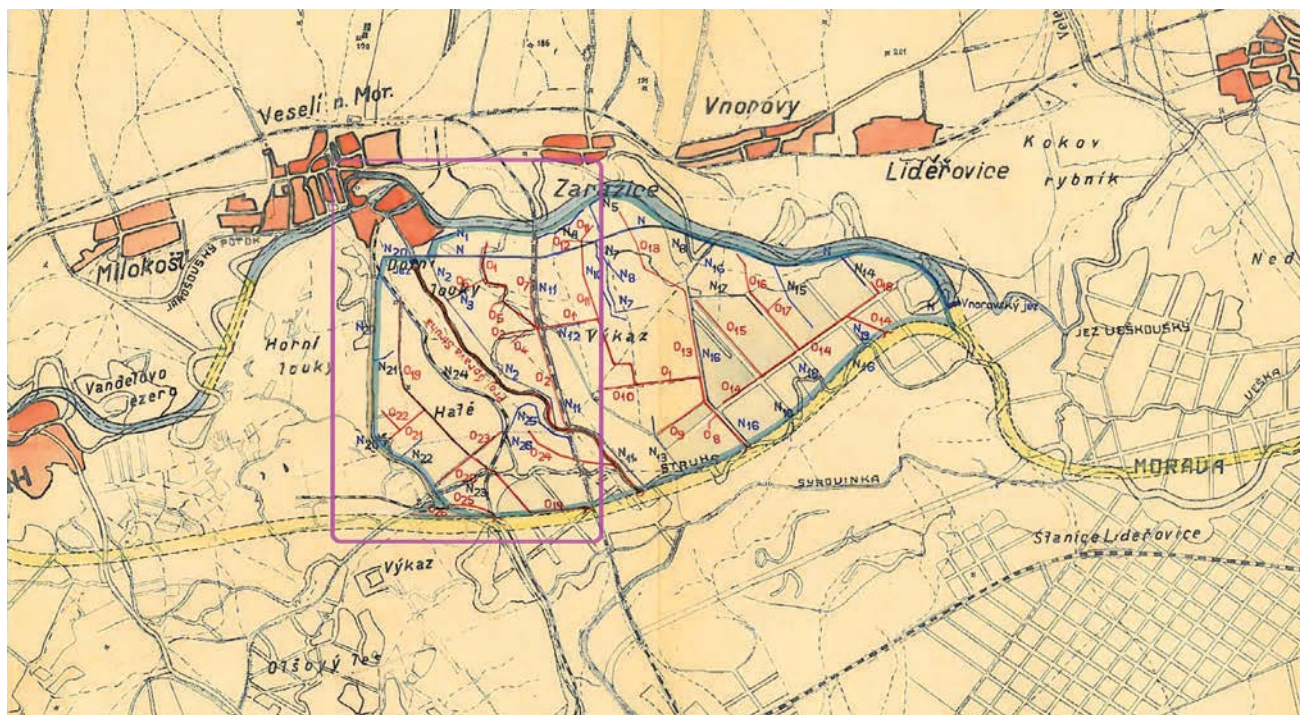
Na Obr. 8-3 je vyobrazen detail území v údolí řeky Úpy, v němž se prokazatelně vyskytují prvky zavlažovacích systémů. Porovnáním digitálního modelu terénu, Základní mapy 1:10 000 a leteckého snímku dokládá, že využití sady DMR 5G pro efektivní identifikaci některých prvků zavlažovacích systémů, nebo alespoň jejich částí, je možné.



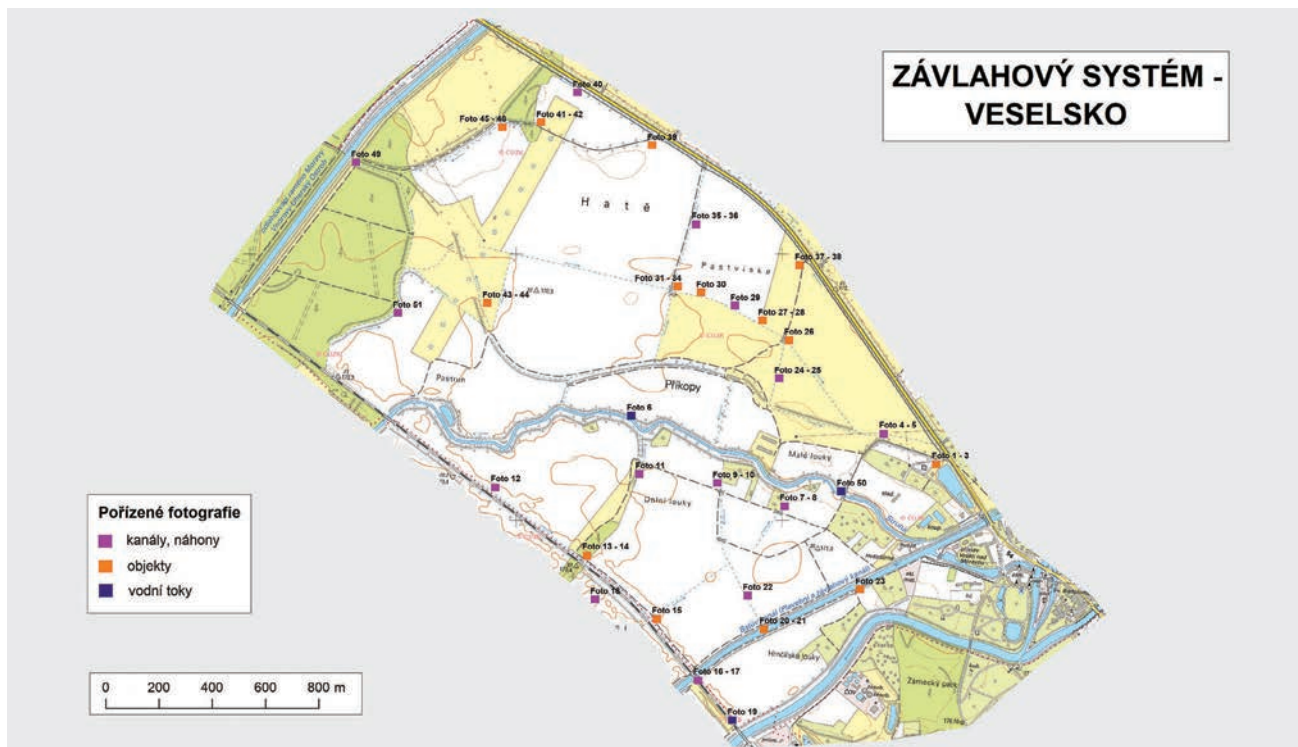
Obr. 8-3A–D Příklad rozlišení pozůstatku závlahy luk hřbetinovým přeronom a kanály v nivě řeky Úpy nad Českou Skalicí. Ukázka využití TIN digitálního modelu terénu pro stanovení polohy jednotlivých částí zavlažovacího systému: (a) TIN digitální model terénu, (b) TIN digitální model terénu s vyznačením průběhu zavlažovacího systému, (c) výřez ze Základní mapy ČR 1:10 000 s vyznačením průběhu zavlažovacího systému, (d) výřez leteckého snímku s vyznačením průběhu zavlažovacího systému, podklad ZABAGED® (rekonstrukce VÚV TGM).

Níže je na příkladu okolí Veselí nad Moravou představen postup digitalizace historických projektových a mapových podkladů (Obr. 8-4), výsledek navazujícího

terénního průzkumu a identifikace objektů (Obr. 8-5) pro provoz bývalého závlahového systému a určení jejich současného stavu a účelu (Obr. 8-6).



Obr. 8-4 Ukázka z digitalizovaných výkresů projektové dokumentace pro realizaci zavlažovací soustavy otevřenými příkopy podél řeky Moravy v okolí Veselí nad Moravou ve 30. letech 20. století (fialová – zvýraznění zájmové oblasti) (archiv SPÚ ČR, pracoviště Prostějov).



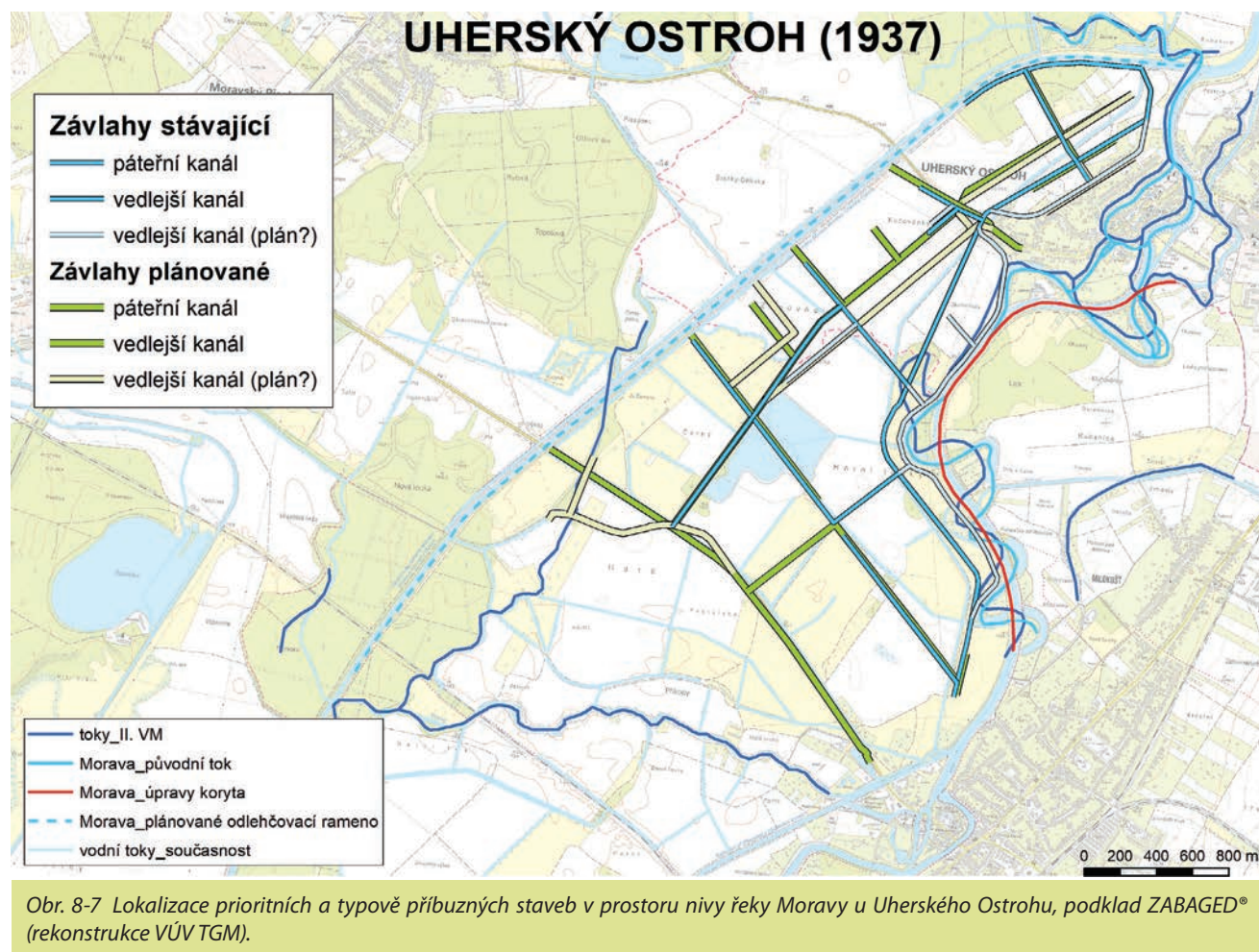
Obr. 8-5 Příklad zpracování lokalizace jednotlivých objektů a vybraných důležitých prvků závlahového systému v okolí Veselí nad Moravou z aktuálních terénních průzkumů, podklad ZABAGED® (rekonstrukce VÚV TGM).



Obr. 8-6A–D Příklad lokalizace jednotlivých objektů a vybraných důležitých prvků závlahového systému v okolí Veselí nad Moravou z aktuálních terénních průzkumů (v mapě se jedná o objekty č. 3, 26, 48, 23) (foto VÚV TGM, 2021).

Obr. 8-7 je pak příkladem zpracování zjištěných informací o trasování a lokalizaci povrchových rozvodů z historické dokumentace. Podkladem pro analýzu trasování sítě kanálů je mapové dílo aktuálního stavu polohopisu krajiny – Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED®), a zchovalá

projektová dokumentace vodohospodářských úprav z poloviny 30. let 20. století. K vizualizaci bylo využito i trasování vodních toků z map druhého vojenského mapování. Z analýzy vyplývá, že ne všechny kanály rozvodu vody byly realizované (v mapě označené „plán?“).



Obr. 8-7 Lokalizace prioritních a typově příbuzných staveb v prostoru nivy řeky Moravy u Uherského Ostrohu, podklad ZABAGED® (rekonstrukce VÚV TGM).