

# Monitoring na povodí pro vyhodnocení vlivu realizací přírodě blízkých opatření

## ÚVOD

V rámci projektu Sucho byl na území České republiky zahájen komplexní monitoring vodních toků a pozemků v jejich povodích za účelem vyhodnocení vlivu realizací revitalizačních akcí, které mají chránit před dopady sucha. Pro potřeby hodnocení vlivu revitalizačních opatření je nezbytné, aby byly předmětné plochy a lokality komplexně monitorovány ještě před zahájením realizace jednotlivých opatření z důvodu postihnutí počátečního stavu přírodního systému a monitoring by měl pokračovat několik let po realizování navržených opatření. Monitoring vodních toků a ploch povodí začal na lokalitách, kde jsou naplánovány realizace přírodě blízkých opatření v časovém horizontu 1 až 3 roky, tedy v letech 2018–2020. Jedná se o monitorovací techniky zaručující poznání hydrologických a hydroekologických vlastností vodních toků včetně kvality vod a půdních vlastností dotčených lokalit.

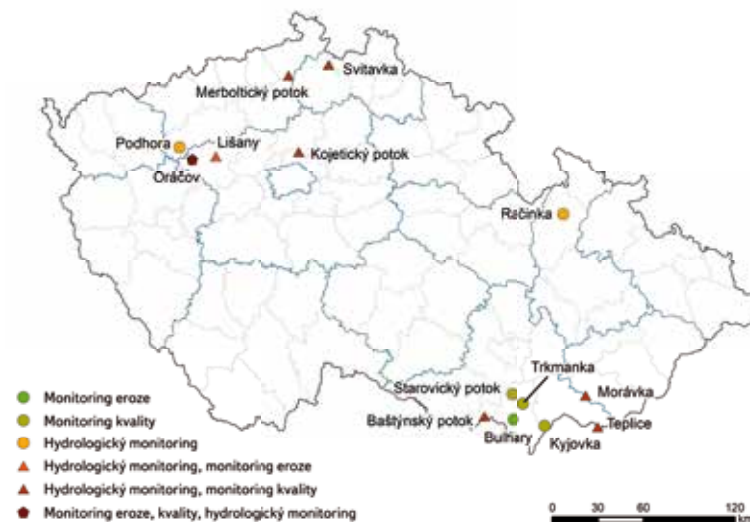
## PILOTNÍ LOKALITY

Výběr pilotních lokalit byl prováděn v úzké spolupráci se zaměstnanci státních podniků Povodí – konkrétně s. p. Povodí Ohře, Povodí Labe, Povodí Vltavy a Povodí Moravy. V jednom případě bylo komunikováno se zaměstnanci státního podniku Lesy ČR. Výběr lokalit byl konzultován z hledisek vhodnosti: stabilizovaný profil, žádné úpravy v místě v následujícím období, nenarušení trajektorie vodního toku, příjezdová cesta co nejbližší, potřeba či využití dat správci vodních toků. Informace o plánovaných revitalizačních akcích byly získány zejména od zástupců podniků povodí, případně od jednotlivých obcí, kterých se revitalizace týkají. Dále byla navázána spolupráce se zemědělskými podniky Lupofyt Chrástany, a. s., a ZD Bulhary. Zde byl naplánován detailní monitoring zemědělských půd z hlediska hydrologie, kvality, eroze, meteorologie. Tyto lokality budou dlouhodobě monitorovány a se zástupci firem budou diskutována možná opatření v ploše povodí, která by pomohla zlepšit podmínky pro hospodaření. Lokality vybrané pro jednotlivé druhy monitoringu jsou znázorněny na obr. 1. Vybrané profily se nachází zejména ve dvou nejohroženějších lokalitách z hlediska sucha, a sice na jižní Moravě a na západ od Prahy (Rakovnicko a okolí).

## MONITORING HYDROLOGICKÉHO REŽIMU POVODÍ

Hydrologický režim vodních toků je v posledních letech měněn postupem klimatických změn, a to zejména zvyšující se teplotou vzduchu, zvyšující se potenciální evapotranspirací, změnami v plošném rozložení srážek, sníženou zásobou vody ve sněhu a dalšími. Z toho plynou negativní projevy na vodních tocích jako snížení povrchového odtoku, zvyšování teplot vody a v krajních případech (v posledních letech ne příliš výjimečných) vysychání. Těmto negativním projevům v hydrologickém režimu vodních toků se snaží zamezit, nebo je snížit, realizace různých přírodě blízkých opatření jak přímo na vodních tocích, tak v ploše povodí.

V rámci projektu byl zaveden monitoring hydrologického režimu vybraných vodních toků, kde budou v nejbližších letech realizovány přírodě blízká opatření, aby bylo možné úspěšnost těchto realizací zhodnotit.



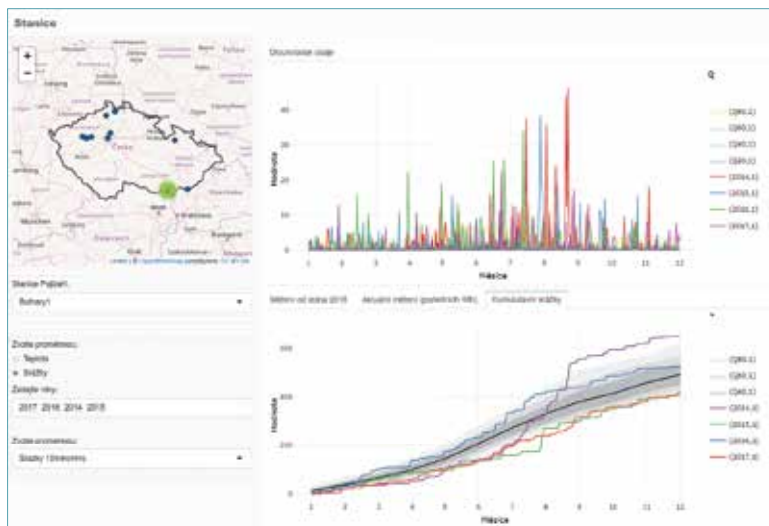
Obr. 1. Mapa lokalit

Byly vybrány lokality:

- A. ve kterých se v nejbližších měsících plánují realizace přírodě blízkých opatření:
  - Svitavka (Kunratice u Cvikova),
  - Merboltický potok (Merboltice),
  - Kojetický potok (Kojetice u Prahy),
  - Baštýnský potok (Novosedly),
  - Teplice (Kuželov),
  - Dlouhá řeka (Nedakonice),
- B. na zemědělských pozemcích, kde byla navázána spolupráce se zemědělci a které budou zkoumány detailněji (hydrologický režim, kvalita, eroze, klima):
  - Bezejmenný přítok Rakovnického potoka – Oráčov (Lupofyt, s. r. o.),
  - Bezejmenný vodní tok – Lišany (Lupofyt, s. r. o.),
- C. které se dlouhodobě potýkají s projevy sucha:
  - Podhora (Kryry),
  - Novoveský potok (přítok Račinky v Žárově) (obr. 3).

Pro zhodnocení hydrologického stavu lokality jsou zapotřebí průtoková data z vodního toku, udávající celkový odtok z vybraného povodí změřený v uzavřeném profilu. Pro sestavení hydrologického modelu jsou dále potřeba údaje o srážkách na povodí a průměrných denních teplotách. Po zkalibrování hydrologického modelu je možné modelovat další členy hydrologické bilance jako: potenciální evapotranspiraci, územní výpar, infiltraci do půdy a dotaci podzemní vody z půdy. Dále je simulováno množství vody obsažené ve sněhové pokrývce, v půdě a v zásobě podzemní vody.

Po realizaci přírodě blízkých opatření na vodních tocích, případně v ploše povodí by příznivým dopadem na hydrologický systém mohlo být např. zpomalení povrchového odtoku během srážkových epizod, vyšší podíl vody infiltrované do půdy, zvýšení dotace podzemních vod, což úzce souvisí jak s bojem proti suchu, tak s ochranou proti povodním.



Obr. 2. Aplikace pro prohlížení aktuálních změřených dat v porovnání s dlouhodobými průměry



Obr. 3. Vodoměrná stanice s pozorováním srážek a teploty vzduchu, lokalita Novoveský potok (přítok Račinky v Žárové)

V rámci projektu bylo zřízeno deset vodoměrných a osm srážkoměrných stanic spolu s pozorováním teploty vzduchu. Jedná se o oblasti ČR: Rakovnicko, severní Čechy, Polabí, Jižní Morava a Jeseníky. Všechny stanice mají GSM přenos měřených veličin. Přístup k aktuálním změřeným datům (obsahuje i dlouhodobé průměry pro porovnání) je možný přes záložku Aplikace na webu [www.suchovkrajine.cz](http://www.suchovkrajine.cz). Na obr. 2 je printscreen uživatelského prostředí aplikace. V levém horním rohu je mapa s lokalizací stanice, pod ní výběr měřených veličin. Na pravé straně dlouhodobé údaje a aktuální hodnoty, je možné zobrazit i kumulativní hodnoty.

Monitoring vodních toků je dlouhodobou záležitostí, pro účely vyhodnocení je potřeba minimálně 3–5letá řada pozorování. Na vodoměrných stanicích je zapotřebí do budoucna minimálně 4x ročně hydrometrovat a provádět nutnou běžnou údržbu stanic (dobíjení baterie, čištění srážkoměrů, ...) i vodních toků v okolí stanic. Po roce měření je možné udělat první zhodnocení hydrologických poměrů v pozorovaných povodích. Z roční délky dat je již možné, podle podrobnosti konšpčních křivek, vyčíslit průtoky na daných lokalitách a získat hrubý odhad základních členů hydrologické bilance. Nicméně pro detailní vypovídající popis hydrologické bilance je zapotřebí několikaletý monitoring z důvodu značné časové variability jednotlivých členů hydrologické bilance. Nelze tedy z jednoletého měření určit např. dlouhodobé průměry, m-denní průtoky apod.

## MĚŘENÍ VÝPARU V PRAZE-PODBABĚ

V rámci projektu byla vybudována meteorologická a výparoměrná stanice v areálu pražské pobočky Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v. v. i. Měření výparu je prováděno tlakovou sondou měřením poklesu úrovně hladiny v plastové kruhové nádobě o průměru 2 m, výška 50 cm. Měření běží od 1. 5. 2018, kdy začíná standardní výparoměrná sezona (květen–říjen). K poklesu hladiny je přičítána denní hodnota srážek, která je na místě měřena. Výpar se tedy spočítá jako úbytek výšky hladiny plus výška úhrnu srážek za stejné období. Výpar z vodní hladiny je významný člen hydrologické bilance, jehož měření není prováděno běžně, z důvodu značné náročnosti na údržbu a obsluhu výparoměrných stanic. Z tohoto důvodu je dopočítáván ze vzorců. VÚV TGM, v. v. i., provozuje jedinou základní nezrušenou výparoměrnou stanici od roku 1957 v Hlasivu u Tábora. Na základě výparoměrných dat a meteorologických dat jsou odvozovány vzorce pro výpočet výparu, které jsou aplikovatelné pro celou ČR. Výparoměrná a meteorologická stanice v Praze-Podbabě pomůže s ověřením odvozených vzorců, a zpřesní tak výpočty celkové hydrologické bilance. Významnost výparu v celkové hydrologické bilanci stoupá v povodích s vyšším zastoupením vodních ploch a z důvodu zvyšování průměrné roční teploty vzduchu v posledních letech je jeho vyčíslení stále důležitější. Na stanici bude dále měřeno: teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, sluneční radiace a směr a rychlost větru, teplota vody ve výparoměru a teplota půdy.



Výparoměrný bazén v Praze-Podbabě

Důležité je poznání hydrologických vlastností jednotlivých povodí před realizací přírodních blízkých opatření a následně poznání hydrologických vlastností po realizaci opatření. Budou hledány a hodnoceny změny v jednotlivých měřených veličinách a celkovém chování vodních toků a krajiny.

## MONITORING DOPADU REALIZACE OPATŘENÍ NA KVALITU A STAV VOD A VODNÍ ORGANISMY

Řešení vychází z předpokladu, že realizace nápravných opatření na tocích a/nebo v ploše povodí vede ke zlepšení stavu vodních ekosystémů zejména v období sucha.

V rámci řešení byl proveden výběr pilotních území, kde jsou plánovány realizace opatření a kde je ve skutečnosti možné monitoring stavu vod provést, zejména s ohledem na dostatečnou vodnost dotčených toků. Typy opatření, které byly vybrány ke sledování, jsou uvedeny ve schválené *Koncepci na ochranu před následky sucha pro území České republiky* jako opatření vhodná pro eliminaci negativních vlivů sucha na vodní ekosystémy.

Byly vybrány lokality:

### A. opatření na vodních tocích:

- revitalizace řeky Morávky u Nedakonic,
- revitalizace Baštyňského potoka u Novosedel,
- revitalizace Trkmanky u Velkých Pavlovic,
- revitalizace Kyjovky u Moravské Nové Vsi,
- revitalizace potoka Teplice pod Kuželovem,
- revitalizace potoka Svitavka u Kunratic u Cvikova,
- revitalizace Merboltického potoka pod obcí Rychnov,
- revitalizace Kojetického potoka v intravilánu obce Kojetice,
- realizovaná revitalizace Starovického potoka u Starovic,

### B. opatření v ploše povodí:

- bezejmenný přítok Rakovnického potoka – Oráčov (Lupofyt, s. r. o.).

V návaznosti na výběr lokalit byl zpracován plán monitoringu včetně seznamu parametrů fyzikálně-chemických, chemických a biologických ukazatelů povrchových vod a byl naplánován průzkum hydromorfologie vodních toků pilotních lokalit.

Výběr fyzikálně-chemických a chemických ukazatelů pro hodnocení kvality povrchových vod ve sledovaném území vzešel z rešeršních prací úkolu *Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice SUCHO v roce 2016*. Zahrnuje tyto parametry: teplota vody, rozpuštěný kyslík, biochemická spotřeba kyslíku, pH,  $KNK_{4,5}$ , konduktivita, dusičnanový dusík, amoniakální dusík, celkový fosfor, fosforečnany, nerozpuštěné látky ( $NL_{105}$  a  $NL_{550}$ ), sírany, chloridy a chlorofyl-a na

vybraných profilech s výskytem fytoplanktonu. Četnost sledování ukazatelů byla stanovena v intervalu jednou za dva měsíce tak, aby datový soubor obsahoval minimálně šest hodnot a bylo jej možné vyhodnotit podle platných legislativních a metodických předpisů. V říjnu 2017 byl zahájen roční monitoring pilotních území, realizováno je období říjen 2017–srpen 2018.

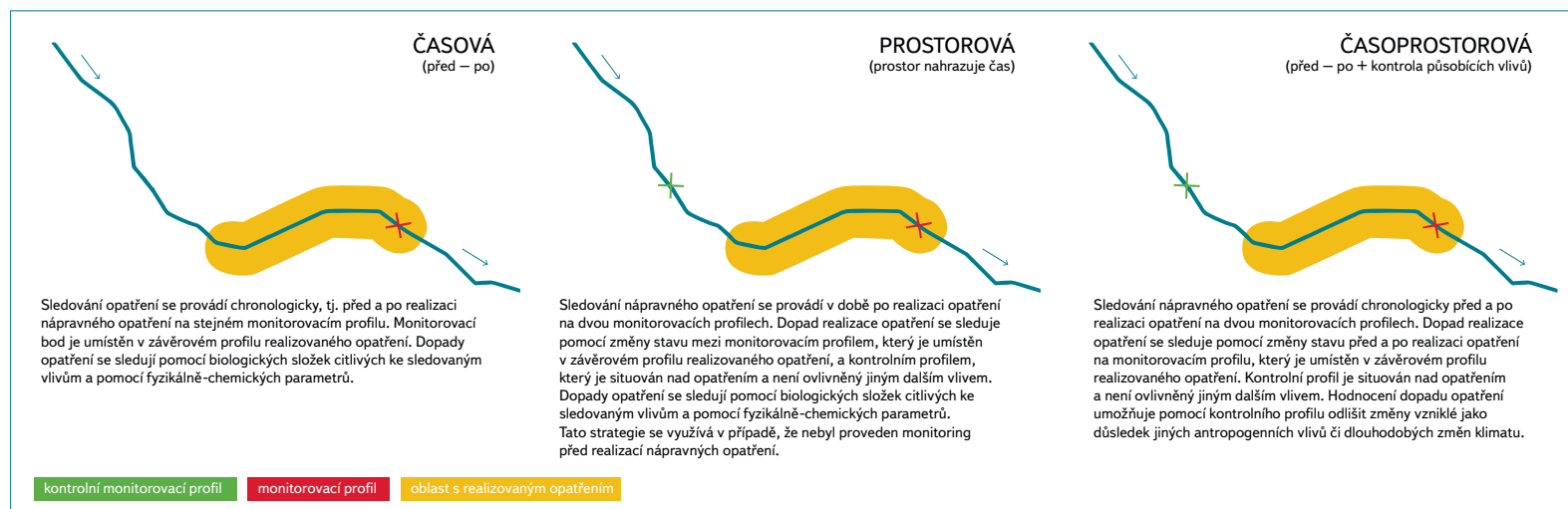
Opatření, která jsou doporučena pro eliminaci následků sucha, často souvisí s morfologií toku a jeho bezprostředním okolím. Biologické složky, které se používají pro hodnocení ekologického stavu, ovlivňují opatření, která mění hydromorfologii toku a výskyt jednotlivých habitatů. Vhodné a nejčastěji užívané indikátory změny hydromorfologie jsou ryby a makrozoobentos. Fytobentos je citlivý na změny proudění a substrátu, lépe však indikuje trofii. Výběr sledovaných biologických složek tak vycházel z národních metodik hodnocení ekologického stavu, ale současně i zohledňuje zranitelnost skupin vodních organismů, jak bylo zjištěno během rešeršních prací na úkolu *Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice SUCHO v roce 2016 – úkol Zhodnocení dopadů sucha v útvarech povrchových vod na vodní a vodu vázané organismy*. Zvolené biologické složky pro sledování jsou fytobentos a makrozoobentos, ryby by měly být sledovány pouze pro vybrané typy opatření – revitalizace říčních biotopů.

Pro posouzení hydromorfologických změn s ohledem na plánované realizace přírodně blízkých opatření bylo třeba zmapovat původní stav. Hydromorfologické mapování se provádělo podle tzv. metodiky HEM 2014 – *Metodika monitoringu hydromorfologických ukazatelů ekologické kvality vodních toků* v zimním období, kdy bylo pomocí zaznamenávání fyzikálních charakteristik říčních koryt, břehů, příbřežních zón a inundačních území získán popis aktuálního stavu hydromorfologických podmínek sledovaných úseků vodních toků. Klasifikace hydromorfologického stavu sledovaných úseků toků byla provedena podle metodiky MŽP *Metodika typově specifického hodnocení hydromorfologických ukazatelů ekologické kvality vodních toků* [1].

## MONITOROVACÍ STRATEGIE

Monitoring a hodnocení efektivity realizovaného opatření je možné provádět třemi způsoby, tzv. monitorovacími strategiemi:

- A. časová (před/po) – sledování opatření se provádí chronologicky, tj. před a po realizaci nápravného opatření na stejném monitorovacím profilu; monitorovací bod je umístěn v závěrovém profilu realizovaného opatření; v projektu se této strategii nevyužívá;



Obr. 4. Monitorovací strategie: časová, prostorová a časoprostorová



B. prostorová (prostor nahrazuje čas) – tato strategie se využívá tehdy, pokud nebylo možné zajistit před realizací opatření monitoring; sledování nápravného opatření se provádí v době po realizaci opatření na dvou monitorovacích profilech; dopad realizace opatření se sleduje pomocí změny stavu mezi monitorovacím profilem, který je umístěn v závěrovém profilu realizovaného opatření, a kontrolním profilem, který je situován nad opatřením a není ovlivněn dalším vlivem; v řešeném úkolu takto přistupujeme k pilotnímu území Starovického potoka;

C. časoprostorová (před/po + kontrola působících vlivů) – tato strategie předpokládá monitoring před zahájením realizace opatření na dvou místech (nad opatřením a v závěrovém profilu plánovaného opatření); následně se po realizaci opatření provádí monitoring opět na těchto dvou místech; tento způsob je nejvýhodnější, protože umožňuje pomocí kontrolního profilu nad opatřením odlišit změny ve společenstvech v čase a změny vzniklé jako důsledek realizace opatření; takto je nastaveno sledování většiny pilotních území a bylo součástí zadání řešení úkolu.

Takto navržené monitorovací aktivity umožní kvantifikovat dopady realizací nápravných opatření v rámci několika případových studií. Následně bude možné dopady opatření porovnat se závěry dokumentu *Hodnocení efektivity přírodně blízkých opatření uvedené v Metodickém návodu na výběr vhodných opatření pro zadržení vody v krajině*. Mělo by být také možné vyhodnotit efektivitu opatření a vynaložené finanční prostředky na realizaci a údržbu sledovaného opatření.

## EROZNÍ MONITORING A VODNÍ REŽIM PŮD

Půda je jednou ze složek životního prostředí, které jsou suchem postihovány nejvíce. Na druhou stranu je půdní prostředí díky své schopnosti zadržovat vodu velmi významné s ohledem na možnosti tlumení nežádoucích dopadů sucha, a to v řadě různých aspektů. Schopnost zemědělské půdy zadržovat vodu je determinována přírodními podmínkami, významnou měrou je však ovlivněna způsobem hospodaření i na typy opatření, která jsou na ní z různých důvodů aplikována. Kvantifikace vlivu jednotlivých opatření na hydrologický režim půd je do značné míry nejistá a je zpravidla založena na převážně empirických přístupech a metodách. Míra nejistoty takového posuzování je navíc vyšší v případě uvažování změn klimatických podmínek.

Pro potřeby kvalifikovaného posouzení vlivu jednotlivých opatření s uvažovaným pozitivním dopadem ve vztahu k půdnímu suchu je v podstatě nezbytné, aby byl zaveden a provozován dlouhodobý monitoring sledující projevy sucha v půdě a celkově zahrnující jednotlivé půdní charakteristiky. Jelikož tento monitoring má za cíl především zhodnotit dopady jednotlivých opatření, je nutné jej zavést ještě před aplikací opatření, aby byla k dispozici referenční data. Vzhledem k tomu, že půdní sucho není izolovaným jevem, ale spadá do hydrologického režimu půd jako celku, je i v případě experimentálního ověřování účinnosti jednotlivých opatření zapotřebí, aby byl monitorován vodní režim v celé šíři včetně monitoringu průvodních jevů spočívajících zejména ve změnách vlastností půdního povrchu či ve změnách obsahu různých látek v půdě. Z těchto důvodů bylo iniciováno zavedení dlouhodobého monitoringu půdních vlastností a procesů na vybraných lokalitách. Pro potřeby tohoto výzkumu byly zvoleny lokality, ve kterých je zřízen monitoring hydrologického režimu v hydrografické síti, a to především z toho důvodu, že vodní režim půd a vodní režim vodních toků jsou úzce provázány. Ke komplexnímu posouzení dopadů aplikovaných opatření na vodní režim půd je tedy důležité znát i dopady na režim vodních toků a naopak.



Obr. 5. Erozní rýha v predisponované dráze kolejového řádku na lokalitě Oráčov (listopad 2017)

S ohledem na předmět monitoringu byly vybrány konkrétní pozemky a půdní bloky, které budou dlouhodobě sledovány. Monitoring byl iniciován ve třech lokalitách:

- Oráčov (Lupofyt, s. r. o.),
- Lišany (Lupofyt, s. r. o.),
- Bulhary (Zemědělské družstvo Bulhary).

Dosud byly kompletně provedeny následující činnosti:

- terénní průzkum a pozemní monitoring současného stavu a erozních projevů,
- stanovení základních hydrologických charakteristik sledovaných lokalit,
- vytipování vhodných profilů pro dlouhodobý erozní monitoring,
- iniciální RGB monitoring pomocí UAV (dronů),
- zajištění a primární analýza vhodných družicových dat,
- zřízení dlouhodobého monitoringu hydrologického režimu půdy,
- opakovaný RGB monitoring pomocí UAV.

V následujícím textu jsou dosud vykonané aktivity praktického charakteru popsány podrobněji.

Na všech třech lokalitách byly identifikovány erozní projevy již během iniciálního terénního monitoringu v listopadu 2017. Na lokalitě Bulhary byly pozorovány pouze projevy dlouhodobého plošného odnosu projevující se barevnou změnou orničního horizontu. Plošný rozsah uvedených změn byl přesně

identifikován bezkontaktním UAV monitoringem (viz dále). Na lokalitě Lišany byly zaměřeny i rozsahy vyšších erozních forem, konkrétně rýhová eroze, nicméně nejednalo se o následek konkrétní epizody s identifikovatelnou odezvou. Nejvýraznější projevy rýhové eroze byly při pozemním monitoringu zaznamenány na lokalitě Oráčov v profilech drah soustředěného odtoku, kde bylo možno tyto projevy očekávat (obr. 5). Lze předpokládat, že tyto projevy v porostu ozimé řepky byly iniciovány intenzivními srážkami v letním období ihned po zasetí. Důsledkem smyvu je i nerovnoměrný vegetační pokryv a zapojení porostu. Lze konstatovat, že ozimá řepka je pro tuto erozně náchylnou lokalitu nevhodnou plodinou. Rovněž zde byly zaznamenány projevy odnosu v predisponovaných drahách kolejových řádků, což je obvyklý urychlující činitel, pokud není zajištěn pohyb zemědělských strojů po vrstevnici.

Pozemní monitoring byl dále konfrontován s daty UAV pořízenými během periodických náletů, opět se zde projevil význam bezkontaktního snímkování, včetně šikmých snímků povrchu, kdy lze jevy pozemního monitoringu zasadit do kontextu celého pozemku a upřesnit jejich plošný rozsah. Na všech lokalitách byly projevy pozemního a bezkontaktního monitoringu ve vzájemné shodě.

Sledování změn půdních charakteristik je zásadní pro potřeby posouzení jednak vývoje půdy s ohledem na změnu klimatických podmínek a jednak ve vztahu k hodnocení efektivity opatření aplikovaných na sledovaných pozemcích. Zásadní je v tomto vztahu pedologický popis půd včetně jejich zařazení k půdním typům. Průzkum orientovaný na popis půdních typů v daných lokalitách odpovídá postupu používanému při bonitaci půd a zahrnuje tedy určení jednotlivých diagnostických půdních horizontů a jejich popis a následně zařazení každého profilu k půdnímu typu a subtypu. Určení půdních typů je poměrně náročné, a proto je vhodné volit body, v nichž jsou prováděny sondy, velmi pečlivě. V tomto případě byl zvolen postup výběru bodů pro sondáž tak, aby byly pokryty jak lokality, kde dochází k odnosu půdních částic, tak lokality, kde dochází k jejich ukládání. Současně byla definována potřeba provedení sond i přímo ve výrazných údolnicích, kde dochází k soustředění povrchového odtoku.

Další důležitou charakteristikou, která byla vybrána ke dlouhodobému sledování, je zrnitostní složení půd. To se určuje pomocí zrnitostního rozboru prováděného v laboratorních podmínkách na porušených vzorcích odebraných v jednotlivých bodech. V případě zrnitostního složení je vhodné sledovat jak zrnitost povrchové vrstvy půdy, tak nižších půdních horizontů. V rámci tohoto výzkumu byla zvolena kombinace vzorkování z povrchu ve všech bodech se vzorkováním v hloubce cca 40 cm pod povrchem ve vybraných bodech. Umístění vzorků je žádoucí koordinovat s místy provádění sond pro stanovení půdních typů, avšak v tomto případě bylo rozhodnuto o zhuštění sítě vzorků tak, aby lépe pokrývaly celá zájmová území.

Třetím typem rozborů, které byly vybrány jako potřebné pro komplexní popis stavu půdy v zájmových lokalitách, je stanovení vybraných chemických ukazatelů. Zvoleny byly následující ukazatele:

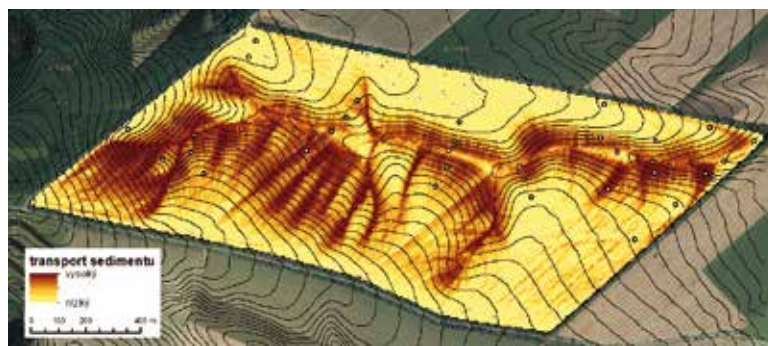
- celkový fosfor ( $P_{\text{celk}}$ ),
- biologicky dostupný fosfor podle Mehlich III ( $P_{\text{M3}}$ ),
- celkový organický uhlík (TOC).

Pro vhodný výběr bodů k monitoringu byly nejprve provedeny základní GIS analýzy morfologických a půdních poměrů, tedy sklonitostní rozbor, analýza drah soustředěného odtoku, rozbor BPEJ. Dále byly všechny tři lokality vyhodnoceny erozním modelem WaTEM/SEDEM při nastavení dlouhodobých průměrů hodnot současného klimatu a běžných osevních postupů používaných zemědělskými subjekty v daných lokalitách. Cílem modelování bylo popsat prostorové rozložení dlouhodobé eroze a depozice v ploše pozemků, aby bylo možno odebrat vzorky v reprezentativních profilech a následně výsledky interpolovat optimálně do plochy pozemku. Rovněž tak byly vytipovány převládající trajektorie a potenciální intenzita transportu sedimentu na pozemcích (obr. 6).

Body pro odběry byly předběžně vybrány s využitím mapových podkladů a v průběhu terénních prací byly upřesněny s ohledem na místní podmínky tak, aby co nejlépe pokryly variabilitu jednotlivých území.

Součástí průzkumu byly následující činnosti:

- rekognoskace území a výběr umístění půdních sond za účelem posouzení intenzity erozních procesů na lokalitě,
- pro získání dostatečného množství informací bylo navrženo provedení ručních pedologických vrtů pro ověření mocnosti akumulace transportovaných půdních horizontů, a odpovídající počet sond půdní jehlou pro zjištění mocností humózních horizontů postižených i nepostižených erozními procesy,
- klasifikace a zařazení půd podle platných norem (Taxonomický klasifikační systém půd České republiky [2]; Metodika mapování a aktualizace bonitovaných půdně ekologických jednotek [3]),
- stanovení mocnosti orní vrstvy a humózních horizontů, posouzení hydromorfismu půd, ověření přítomnosti karbonátů v půdním profilu, určení půdotvorného substrátu,
- posouzení pedologických poměrů.



Obr. 6. Trajektorie potenciálního transportu sedimentu po pozemku a body odběru vzorků (Bulhary)

Přímý a bezkontaktní monitoring erozně transportních jevů je dále doplněn o dlouhodobý sběr a vyhodnocení volně dostupných družicových dat (Landsat 8 a Sentinel 2), jež slouží jako podklad pro určení vývoje vegetačního krytu a rozsahu holých půd během vegetačních sezon.

Zároveň je na uvedených lokalitách zřízen rovněž monitoring vodního režimu půdy, který poskytne informace o saturaci půdního profilu během iniciace případných erozně odtokových epizod a samozřejmě poslouží jako podklad pro hodnocení retence vody v půdním profilu i pro popis rychlosti změn vlhkosti během nástupu sucha, opět před i po realizaci příslušných opatření.

K tomuto účelu bylo v této fázi výzkumu rozhodnuto osadit na každé ze tří zájmových lokalit dvě hnízda vlhkostních čidel. Každé z těchto hnízd obsahuje tři vlhkostní čidla pro sledování průběhu vlhkosti v různých hloubkách pro monitorování vodního režimu půdního profilu. První čidlo je ve všech případech osazeno v povrchové vrstvě půdy, která odpovídá ornici, další pak jsou instalována s ohledem na mocnosti dalších vrstev půdy. Z technického hlediska bylo nutno hnízda umístit tak, aby v nich mohlo měření probíhat kontinuálně a aby nebylo nutno čidla odstraňovat a znovu osazovat v návaznosti na jednotlivé agrotechnické operace, které by mohly čidla poškodit.

Během podzimu 2017 a jara 2018 byly provedeny na všech zájmových lokalitách činnosti vedoucí k popisu půdních vlastností a predispozice pozemků ke změnám působeným vodním režimem, povrchovým i podpovrchovým odtokem a vodní, případně větrnou erozí. Bylo nashromážděno značné množství dat a údajů o monitorovaných lokalitách a vyvozeny první závěry. Rovněž byly iniciovány časosběrné řady popisující současný stav a erozní i odtokové projevy.



## ZÁVĚR

Pro možnost vyhodnocení úspěšnosti přírodě blízkých opatření je zapotřebí v zavedeném komplexním monitoringu pokračovat dlouhodobě, minimálně 3–5 let, ideálně až 10 let po realizaci opatření. Zejména proto, aby bylo možné na reálných měřených datech vyhodnotit skutečné dopady opatření na zadržování vody v krajině, hydrologický režim, erozní projevy a na jednotlivé složky a ukazatele hodnocení stavu, včetně ověření dopadů na vodní organismy a identifikovat výkyvy dopadů, které může dočasně způsobit resilience vodních ekosystémů.

## Poděkování

*Příspěvek vznikl v rámci úkolů řešených pro Ministerstvo životního prostředí České republiky.*

## Literatura

[1] LANGHAMMER, J. *Metodika typově speciického hodnocení hydromorfologických ukazatelů ekologické kvality vodních toků*. Praha: MŽP, 2014.

[2] NĚMEČEK, J. a kol. *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. 2. vydání. Praha: ČZU, 2008.

[3] NOVOTNÝ, I., VOPRAVIL, J. a kol. *Metodika mapování a aktualizace bonitovaných půdně ekologických jednotek*. 4. vydání. Praha: VÚMOP, v. v. i., 2013. ISBN 978-80-87361-21-4.

## Autoři

**Ing. Adam Beran<sup>1</sup>**

✉ adam.beran@vuv.cz

**RNDr. Denisa Němejcová<sup>1</sup>**

✉ denisa.nemejcova@vuv.cz

**Mgr. Michal Straka, Ph.D.<sup>1</sup>**

✉ michal.straka@vuv.cz

**doc. Ing. Josef Krása, Ph.D.<sup>2</sup>**

✉ josef.krasa@fsv.cvut.cz

**Ing. Václav David, Ph.D.<sup>2</sup>**

✉ vaclav.david@fsv.cvut.cz

<sup>1</sup>Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

<sup>2</sup>České vysoké učení technické, Fakulta stavební, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství

