

Monitorovanie hydrologickej konektivity koryto – niva pod protipovodňovou hrádzou (Morava)

Šárka HORÁČKOVÁ, Libor BURIAN, Aleš LÉTAL,
Stanislav RUMAN, Pavel KRAJČÍ

Hydrological connectivity monitoring of the channel – floodplain near floodprotection embankment (Morava river)

Abstract: After continuous dike construction, the Morava river was detached from its oxbow channels in the proximity of the Czech-Slovak border crossing near Kúty (Slovakia) and Lanžhot (Czechia) villages. Residues of these channels remain in the landscape. Several side channels were destructed and used as arable land. Despite long-term tillage and other agricultural use, these paleochannels are characterized by sedimentary gravel and sandy infilling. When higher water levels in the main river channel induce flood situation, the paleochannel and dike intersection point is suggested to be the weakest part of the flood protection system. This hypothesis was examined using geophysical methods of ground penetrating radar, conductivity measurement and resistivity profiling. These methods captured groundwater level as well as particularities of subsoil material. Multi-proxy approach was achieved by applying several additional research methods including vegetation mapping and analysis of soil probes. Initial geophysical research is a useful tool in paleochannel – dike crossings identification, as potentially weak parts of the embankment system. Soil probes prove paleochannel infillings at least on two places, which are followed up by the abundance of hygrophilous species in vegetation cover.

Keywords: flood protection, dike, paleochannel, Morava, vegetation

Úvod

Budovanie protipovodňovej ochrany na rieke Morava už začiatkom 19. storočia ohrozilo prevažne spoločenstvá aluviálnych lúk *Cnidion Venosi* v okolitom území, ktoré bolo zvýšenými stavmi pravidelne zaplavované. Po vybudovaní hrádze sústredením vodného toku do hlavného koryta, boli vedľajšie ramená odstavené. Takýmto spôsobom bolo koryto Moravy zmenené z prirodzene meandrujúceho toku na neprirodzený regulovaný tok. V rokoch 1960 – 1989 k strate mokradí prispelo rozoranie 493 ha aluviálnych lúk a ich premena na ornú pôdu (Šeffler a Stanová 1999). Rieka Morava vo východnej časti Česka, kde tvorí hranicu so Slovenskom, bola prepychmi meandrov pri tvorbe súvislého hlavného toku a jeho hrádzí skrátená v priebehu 20. storočia o 46 % (Sedláček et al. 2016). Breh v podobe súvislej hrádze nahradil pôvodný meandrujúci tok a väčšina meandrov takto postupne zanikala a nahradila ich hlavne orná pôda. Napriek tomu sedimentárna výplň, či už štrky, alebo v rámci okolia Moravy dominantné pieskové sedimenty, pod ornou neustále umožňujú nepriamu komunikáciu hlavného toku s týmito vedľajšími ramenami. A to minimálne ich prevlhčením, práve pre sedimentačnú výplň v podobe štrku, piesku alebo až ílu. Tieto sedimenty sa však môžu vyznačovať vysokou priepustnosťou, a taktiež môžu napomáhať vzlianiu vodnej hladiny.

Koncept riečnej konektivity bol formalizovaný v 90. rokoch minulého storočia v rámci krajinskej ekológie (Taylor et al. 1993, Lehotský et al. 2018). V kontexte hydrologického a geomorfologického výskumu boli zadefinované rôzne druhy konektivity ako krajinná, hydrologická alebo sedimentologická konektivita (Brierley et al. 2006, Bracken a Croke 2007, Lehotský et al., 2018). Definície konektivity sú variabilné podľa typu konektivity a konkrétnej aplikácie, ale okrem iných typov georeliéfu, práve pre riečne korytá autori často definujú ko-

nektivitu ako fyzikálne prepojenie sedimentov korytovým systémom, ktoré je charakterizované presunom sedimentov z jednej zóny do druhej a potenciálom pre schopnosť špecifickú časticu pohybovať cez tento systém (Fryirs 2013, Hooke 2003, Taylor et al. 1993).

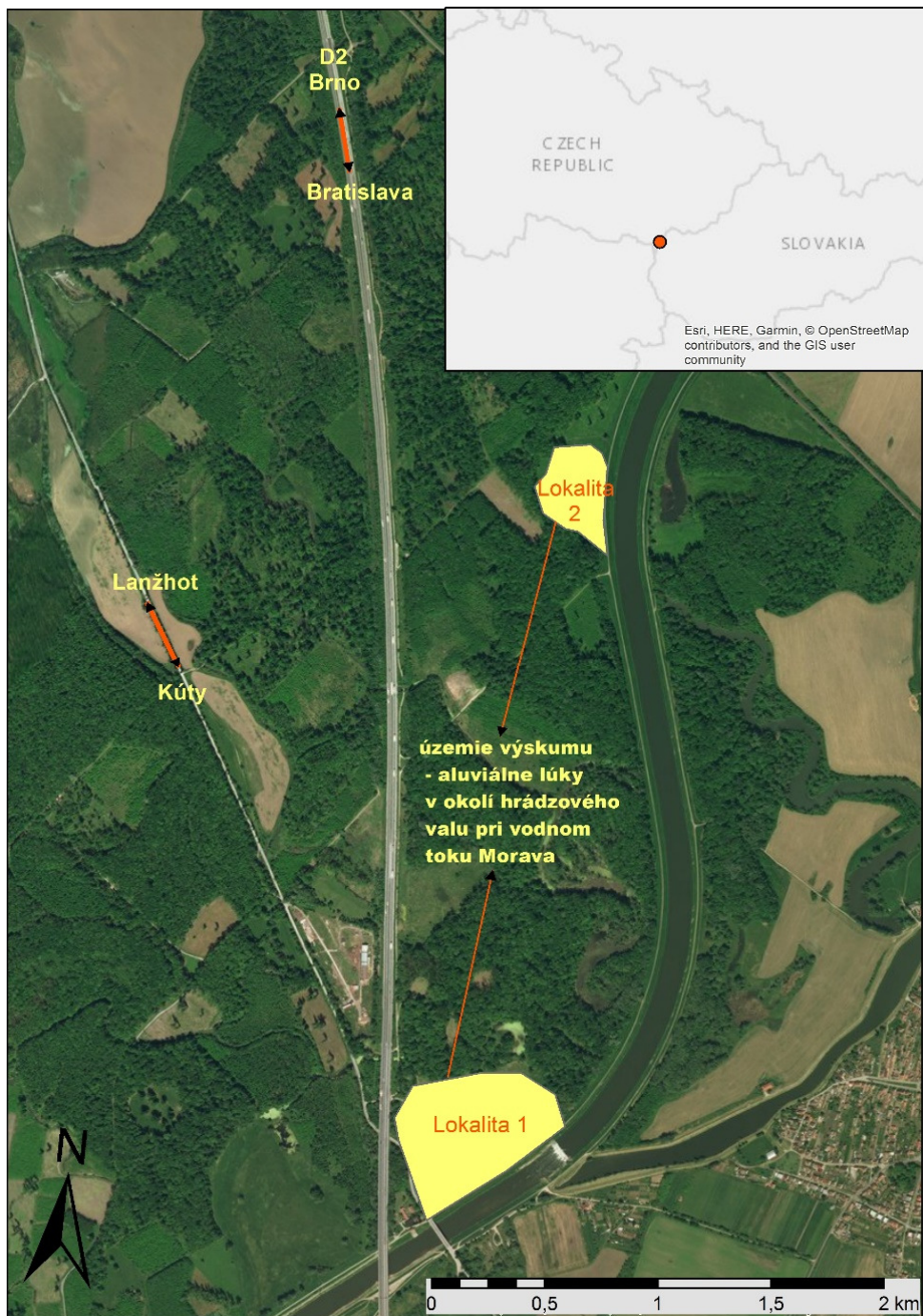
Jednou zo zložiek komplexného geoeologického výskumu je aj využitie geofyzikálnych metód, ktoré sme využívali aj v tejto práci na overenie konektivity aktívneho hlavného koryta so zazemnenými korytami paleomeandrov. Jednou z publikácií, zaoberajúcich sa využitím geofyzikálnych metód pri komplexnom geografickom výskume v riečnej krajine, bola práca Gajdoš et al. (2000). Cieľom tejto práce je analýza dosahu podzemnej vody v ripariálnej zóne rieky Moravy pri Devínskom jazere. Ďalšou je práca Sládek a Rusnák (2014) o laterálnych posunoch koryta rieky Ondava. Elektrická odporová tomografia už bola využitá aj pri výskume korytovo-nívných systémov v kotlinách (Sládek 2014). Geofyzikálny výskum je štandardne využívanou metódou pri geografických výskumoch, ale v niektorých prípadoch je komplikovaná práve nejednoznačná interpretácia (Schrott a Sass 2008). Preto sa využíva komplementárne s ďalšími metódami výskumu (Stacke et al. 2013). Geofyzikálne metódy umožňujú skúmať vlastnosti sedimentov od hĺbky niekoľko decimetrov až niekoľko desiatok metrov pod povrchom, pričom invázne metódy výskumu je nutné využiť len bodovo/líniovo (plytké vrty/kopané profily). Pre účel predkladanej práce sme využili geofyzikálne metódy elektrickej odporovej tomografie (ERT – electric resistivity tomography), elektrickú konduktivitu (CMD) a georadar (GPR – ground penetrating radar).

Cieľom tohto príspevku je poukázať na to, že bod križovania paleomeandrov (bývalých meandrov) a súčasnej hrádze môže predstavovať slabé miesto hrádze pri protipovodňovej ochrane, ako to bolo v prípade pretrhnutia hrádze pri iných povodniach, ako napríklad na Dunaji v roku 1964 (Petr 1974, Danišovič 1965, Fekete a Láng 1967). Významná je hlavne štrkovo-piesčitá výplň paleomeandrov, ktorá svojimi vzĺnavými vlastnosťami spôsobuje riziko výverov pri päte hrádze, ako tomu bolo aj na Dunaji pri pretrhnutí hrádze pri Kľúčovci v roku 1965 (Petr 1974, Danišovič 1965, Fekete a Láng 1967). Tieto miesta treba pozorne monitorovať počas zvýšených vodných stavov. V nami predkladanom prípade to je vzhľadom na okolité sídla, ako aj neďaleký plynovod. Cieľom tohto príspevku je teda aj cielená charakteristika pôdnych a vegetačných pomerov vybraného územia so zameraním na prevlhčenie pôdneho profilu, ako aj sedimentárnu výplň paleomeandrov pri päte hrádze a prislúchajúcich vlhkomilných druhov vegetácie (Obr. 1).

Metodika

Výskum sme realizovali na českej strane vodného toku Morava pri obci Lanžhot na dvoch lokalitách, kde sa menila poloha koryta vodného toku rieky (Obr. 2.). Výskum bol aplikovaný na profiloch súbežných so súčasným hrádzovým valom. Dôležité je práve umiestnenie profilov meraní na päte hrádze, kde je potenciálne najväčšie riziko podmáčania hrádze. V rámci prípravnej fázy výskumu sme overili, či sa na vybraných lokalitách nachádzajú inžinierske siete, ktoré by mohli ovplyvniť geofyzikálne merania.

Dôkazy o nedávnom križovaní paleomeandrov a hrádze sú najjednoduchšie overiteľné pomocou historických máp (Pišút a Timár 2007). Preto sme preskúmali dostupné historické mapy z prvého (1763-1787) a druhého (1806-1869) vojenského mapovania (<http://mapire.eu/en/>) a dostupnú ortofotomapu z 50. rokov (<https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>), ako aj náznamy týchto paleomeandrov na dostupnom DMR5G (<http://ags.cuzk.cz/dmr/>). Pozadie aktuálnych ortofotosnímkov bolo prevzaté z podkladovej ortofotomapy – basemap priamo v programe Arc-GIS® (intelektuálne vlastníctvo ESRI©), verzia 10.3.1 (Obr. 3).

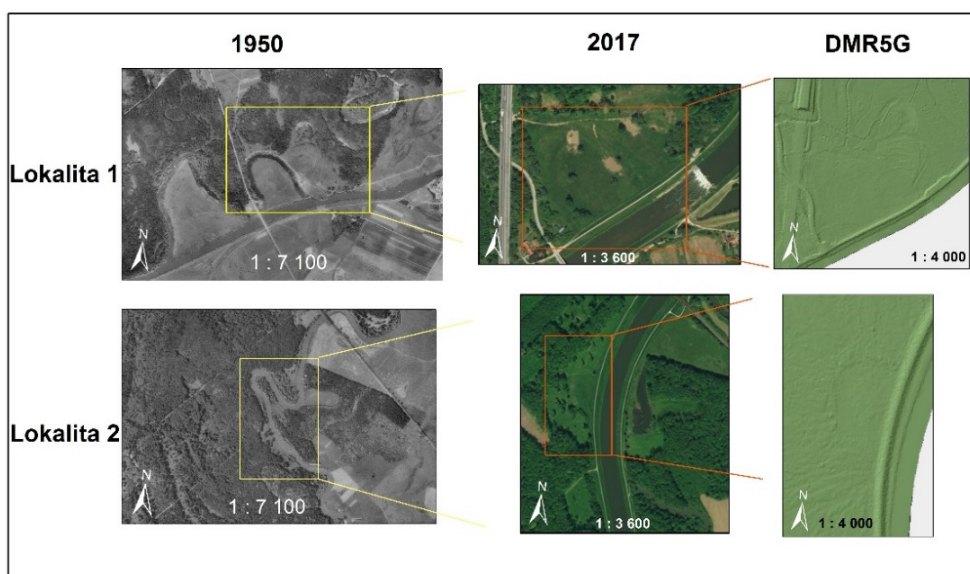


Obr. 1 Vybrané územie výskumu v pohraničnom území vodného toku Morava pri obciach Kúty (SR) a Lanžhot (ČR).

Zdroj podkladovej mapy: Esri. "Topographic" [basemap].
 "World Topographic Map". 19.1.2018. <http://www.arcgis.com>



Obr. 2. Zmeny koryta vodného toku Morava na vybranom území počas prvého (1763–1787) a druhého (1806–1869) vojenského mapovania v porovnaní so súčasnosťou
 Zdroj historických máp: <http://mapire.eu/en/>



Obr. 3. Porovnanie zmien na vybranom území od roku 1950 s aktuálnym stavom a aktuálnym digitálnym terénnym modelom (DMR5G)

Zdroj historickej ortofotomapy: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map> a aktuálne snímky a DMR a aktuálnych snímok: <http://ags.cuzk.cz/dmr/>

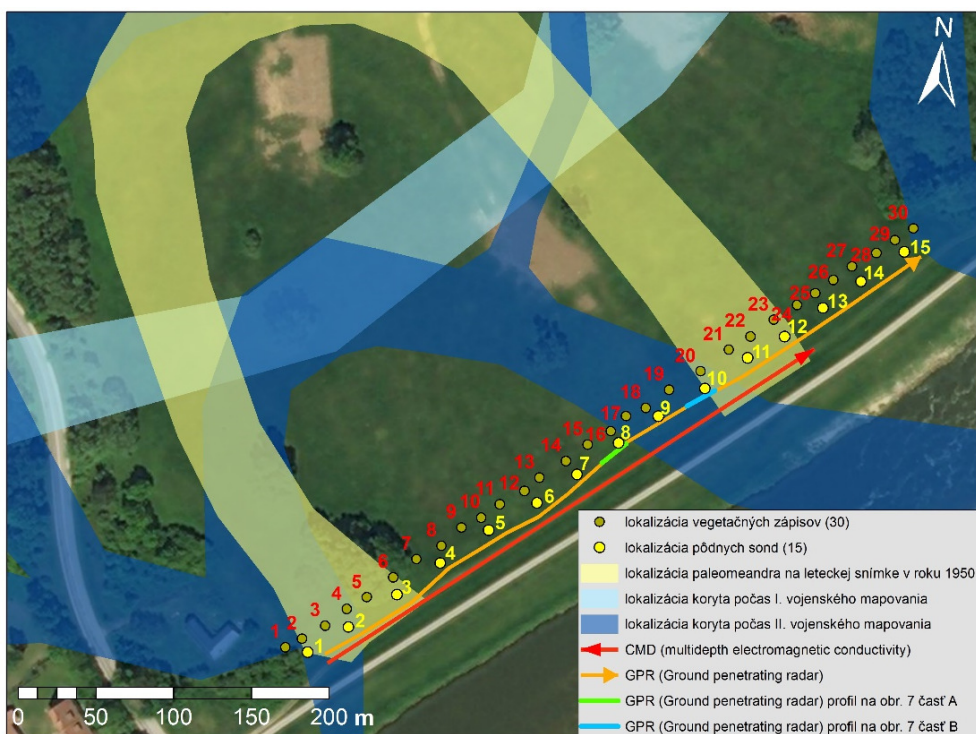
Využívané geofyzikálne metódy patria do skupiny geoelektrických (elektrická konduktivita, elektrická odporová tomografia) a elektromagnetických (georadar) metód. Meranie konduktivity, resp. inverzného odporu je geoelektrická geofyzikálna metóda a vychádza z rôznych charakteristických hodnôt merného odporu pre rôzne typy hornín, prípadne podloží. Napríklad pre piesok dosahuje v týchto meraniach hodnoty odporu (inverzná konduktivita) 36 – 40 $\Omega \cdot \text{m}$, íl 18 – 22 $\Omega \cdot \text{m}$, hlinité sedimenty lesných pôd 80 – 90 $\Omega \cdot \text{m}$, hlinité sedimenty orných pôd 30 – 45 $\Omega \cdot \text{m}$ a pre pevnú horninu vyššie hodnoty až nad 150 $\Omega \cdot \text{m}$. Voda, alebo zvýšená prevlhčenosť podložia sa prejaví nižšími hodnotami odporu blížiacimi sa k nule (Short guide for EC mapping and tomography 2016). Využívaný bol konkrétne prístroj CMD4 - Multidepth electromagnetic conductivity (GF Instruments). Meraním konduktivity je možné identifikovať rôzne typy sedimentov, prípadne ich zvodnenie.

Elektrická odporová tomografia (konkrétne použitá metóda konfigurácie poľa: Schlumberger N6) využíva viacelektrodové merania na vizualizáciu merného odporu pod povrchom. Je schopná rozčleniť horninové prostredie podľa rozdielného elektrického odporu (Sládek 2014). Úlohou elektrickej odporovej tomografie (ERT) v rámci predkladanej štúdie bolo overiť zmeny podložia popri hrádzovom vale, a tým lokalizovať výplň jednotlivých paleomeandrov – výskyt štrkovej, pieskovej výplne, resp. aj pôvodného ílovitého dna meandra. Na lokalite 2 bolo použité elektrické odporové profilovanie (ERT – Electric resistivity tomography) a to konkrétne využitím systému ARES II (Automatic resistivity system – GF Instruments) s rozstupmi elektród 5 m. Dosah jedného merania je 180 m (36 elektród).

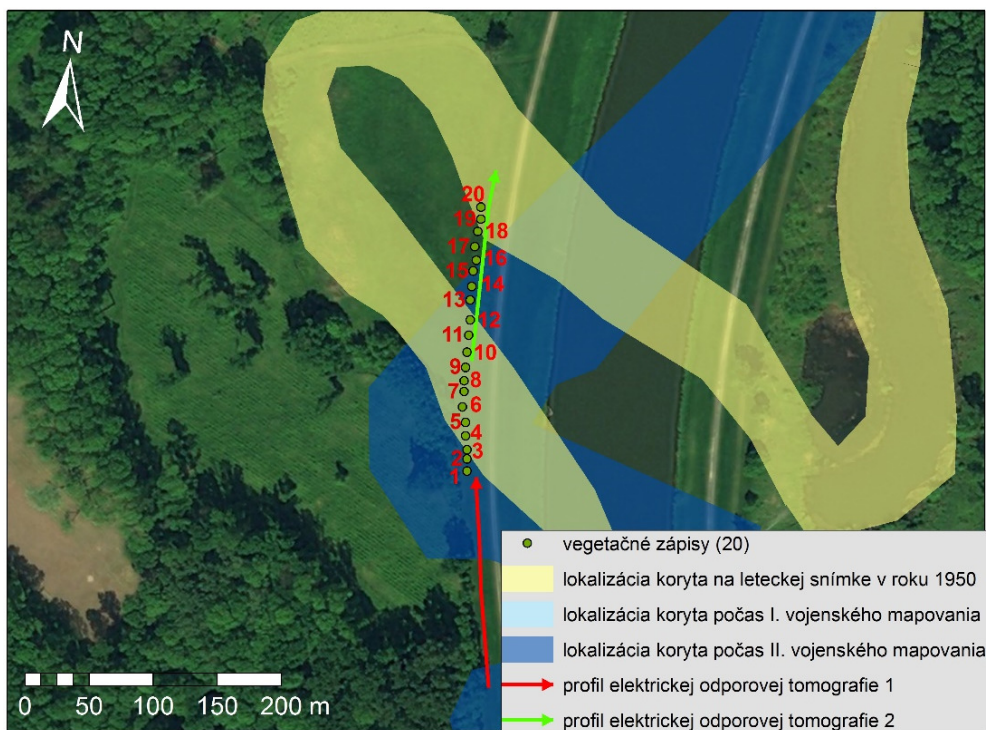
Georadar vysiela elektromagnetické impulzy, a tým meria zmeny v dielektrickej priepustnosti podložia, čo je priamo závislé od výskytu vlhkosti v sedimentoch, prípadne ílovitých minerálov a solí vo vodou nasiaknutej hornine. Vyššie frekvencie sa však vyznačujú

nestálosťou signálu. Použitím viacerých metód vrátane výskumu na povrchu pomocou vegetačno-pôdneho výskumu sme zaručili minimalizáciu chýb a utvrdenie hypotézy prítomnosti križovania na vybranom úseku hrádze. Zachytáva nepriamo vodivosť podložia, a tým nepriamo aj prevlhčenie a súvislú hladinu podzemnej vody, keďže voda je výrazne vodivá. Využívaný bol produkt GISS SIR3000 (anténa 400 MHz). Celkovo boli namerané 2 profily za sebou (2 × 180 m).

Vo vzdialenosti 20 m od hrádzového valu na oboch lokalitách, pre výber čo najmenej narušeného územia (kosenie, poľná cesta), boli v rovnobežnom profile zmapované aj rastlinné spoločenstvá, pre zachytenie vlhkomilných druhov vegetácie. Vybraným územím sú pravidelne kosené aluviálne lúky (Lokalita 1: Obr. 4 a Lokalita 2: Obr. 5), kde sme líniu profilu rozdelili na segmenty 10 × 10 metrov. Počiatočný a koncový bod zápisov bol zameraný pomocou prístroja GPS Garmin etrex ($\pm 3 - 7$ m). Rozostupy boli zmerané prostredníctvom pásma. Na lokalite 1 bolo vyčlenených 30 segmentov (30 zápisov) a na lokalite 2 bolo vyčlenených 20 segmentov (20 zápisov). Na každom segmente bol zhotovený fytoocenologický zápis podľa Zuriško-montpelliérskej školy pomocou semikvantitatívnej Braun - Blaquetovej sedemčlennej kombinovanej stupnice abundancie a dominancie druhov (Braun-Blanquet 1964): r – druh vzácny, jeden alebo viac exemplárov, + – zriedkavý druh s pokryvnosťou menšou ako 1 %, 1 – druh početný s menšou pokryvnosťou ako 5 %, 2 – druh hojný až veľmi hojný s pokryvnosťou 5 – 25 %, 3 – druh hojný až veľmi hojný s pokryvnosťou 25 – 50 %, 4 – druh hojný až veľmi hojný s pokryvnosťou 50 – 75 %, 5 – druh hojný až veľmi hojný s pokryvnosťou 75 – 100 %.



Obr. 4. Priebeh geofyzikálnych meraní, fytoocenologických zápisov a pôdnej sondáže na lokalite 1 – Humlova lúka (detaily viď Príloha 1);
Zdroj podkladovej mapy ESRI, "Topographic" [basemap], "World Topographic Map", 19. 1. 2018



Obr. 5. *Priebeh geofyzikálnych meraní a fytocenologických zápisov na lokalite 2 – lokálny názov neznámy*

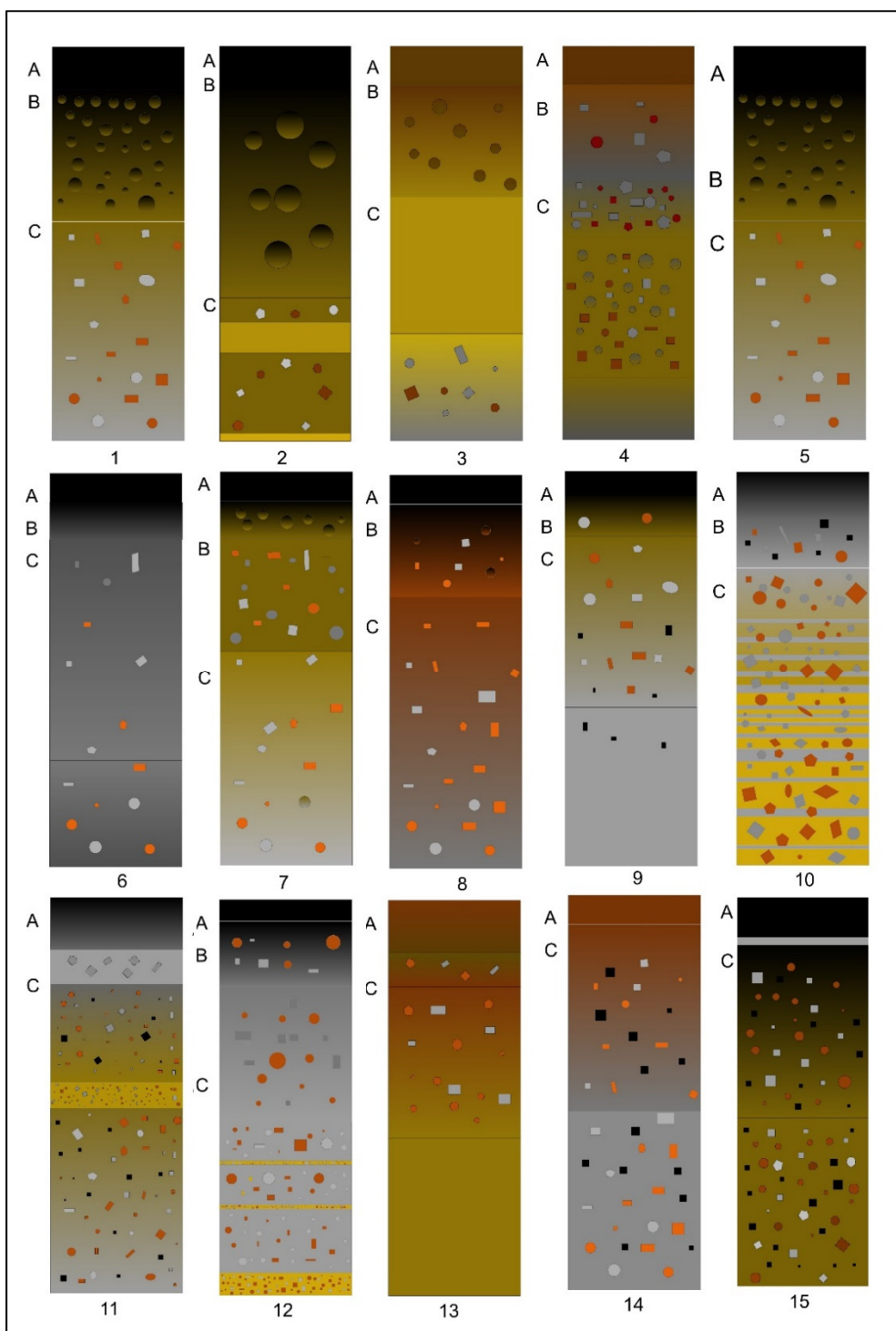
Zdroj podkladovej mapy ESRI, "Topographic" [basemap], "World Topographic Map", 19. 1. 2018

Jednotlivé asociácie boli identifikované na základe prítomnosti charakteristických druhov asociácie, zväzu, radu a triedy (Jarolímek a Šibík 2008, Janišová et al. 2007). Mená taxónov sú uvedené podľa Zoznamu nižších a vyšších rastlín Slovenska (Marhold a Hindák 1998). Všetky zápisy boli vyhotovené počas vegetačných období 2011 a 2012.

Nakoniec bola pomocou perkusnej vrtnej sady Sttitz s priemerom 50 mm navŕtaná séria plytkých sond na lokalite 1 (15 pôdnych sond s rozstupom 20 m do hĺbky 100 cm – Obr. 4. a Obr. 5), ako priečny profil zaniknutého meandra, ktorý bol pôvodne nahradený ornou pôdou (v súčasnosti kosená lúka). Farba vybraných horizontov bola určená podľa munsellových tabuliek (Munsell Color 2010). Grafické výstupy v podobe pôdnych horizontov pri jednotlivých pôdnych sondách boli vypracované v „open source“ softvérovom prostredí Zoner Calisto (verzia 5). Ostatné grafické výstupy boli spracované v softvérovom prostredí ArcGIS, verzia 10.2.

Výsledky a diskusia

Vodný tok Morava bol na česko-slovenskej hranici výrazne ovplyvnený napriamením koryta a pozostatky pôvodných meandrov v okolí súčasného koryta s protipovodňovou hrádzou sú zjavné najmä z historických ortofotosnímkov. Prítomnosť výplne pôvodného paleomeandra bola potvrdená charakteristikou vŕtaných pôdnych sond – kde bola identifikovaná štrková, resp. štrkovo-piesčitá výplň na lokalite 1. Pôdne sondy v hĺbke do 1 m zachytili výplň paleomeandra pod ornou, ktorý špecificky vystupuje na sondách číslo 2, 4, 10, 11 a 12 (Obr. 6).



Obr. 6 Pôdne sondy (15) do hĺbky 100 cm

Tab. 1. Pôdne sondy (15) do hĺbky 100 cm – popis

číslo sondy	Horizont A		Horizont B		Horizont C		Horizont D
1	humus, hlinitá	10 cm	prímes štrku, hlinitá	40 cm	oxidačno-redukčné znaky 10 %	-	
2	humus, hlinitá	9 cm	dobré prekorenenie, prímes štrku, ílovito - hlinitá	57 cm	oxidačno - redukčné znaky 15-25 %, 63-73 cm piesok	piesok (88 cm)	
3	humus, piesočnato - hlinitá	8 cm	prímes štrku, hlinito - piesočnatá	34 cm	piesočnatá až piesočnato - hlinitá	ílovitá (66 cm), oxidačno - redukčné znaky 15 %	
4	humus, hlinito - piesočnatá	8 cm	ílovito-hlinitá, oxidačno-redukčné znaky 10 %	30 cm	piesok, oxidačno-redukčné znaky 50 %	piesok so štrkom, oxidačno - redukčné znaky 30 %, ílovitá (76 cm)	
5	humus, dobre prekorenená, hlinitá	9 cm	fluvialna spraš, prachovitá	40 cm	oxidačno - redukčné znaky 7 %, ílovitá	-	
6	humus, zvyšky tráv, hlinitá, s postupným prechodom do hlinito-ílovej	6 - 16 cm	ílovitá, oxidačno-redukčné znaky 5 %	66 cm	ílovitá, oxidačno-redukčné znaky 17 %	-	
7	humus, organické zvyšky, hlinitá	9 cm	ílovito-hlinitá, prímes štrku, oxidačno-redukčné znaky 15 %	41 cm	ílovitá, oxidačno-redukčné znaky 25 %	-	
8	humus, organické zvyšky tráv, hlinitá	7 cm	hlinitá, slabá prímes štrku, oxidačno-redukčné znaky 10 %	28 cm	ílovito-hlinitá, oxidačno-redukčné znaky 20 %	-	
9	humus, hlinitá	5 cm	prachovitá, oxidačno-redukčné znaky 10 %	15 cm	ílovito-hlinitá, uhľiky, oxidačno-redukčné znaky 40 %	ílovitá (54 cm)	
10	humus	11 cm	íl, uhľiky, oxidačno-redukčné znaky 20 %	23 cm	striedanie úzkych vrstiev piesku (oxidačno-redukčné znaky 70 %) a ílu (oxidačno-redukčné znaky 50 %)	-	
11	humus, zvyšky tráv, hlinitá	20 cm	ílovitá, návážka s ostrohranými úlomkami skeletu (12 - 20 cm), uhľiky, oxidačno-redukčné znaky 50 %	42 cm	piesok, oxidačno-redukčné znaky 80 %	íl, uhľiky, oxidačno-redukčné znaky 50 % (48 cm)	
12	humus, zvyšky tráv	5 cm	hlinito-ílovitá, oxidačno-redukčné znaky 10 %	20 cm	ílovitá, oxidačno-redukčné znaky 40 %	striedajúce sa vrstvy piesku (oxidačno-redukčné znaky 80 %) a ílu (oxidačno-redukčné znaky 50 %) (51 cm) s prechodom ílu (80 cm)	
13	humus	12 cm	hlinito-ílovitá, oxidačno-redukčné znaky 5 %	20 cm	ílovitá, oxidačno-redukčné znaky 10 %	prachovito-ílovitá (54 cm)	
14	humus, ílovito - hlinitá	7 cm	ílovitá, uhľiky, oxidačno-redukčné znaky 10 %	50 cm	ílovitá, uhľiky, oxidačno-redukčné znaky 10 %	-	
15	humus, dobré prekorenenie, hlinitá, 9 - 11 cm návážka	9 - 11 cm	ílovitá, uhľiky, oxidačno-redukčné znaky 20 %	50 cm	ílovitá, uhľiky, oxidačno-redukčné znaky 27 %	-	

Na daných miestach vystupovali sedimenty so štrkovitou výplňou (veľkosť valúnov okolo 30 mm), prípadne hnedozelený (farba 5 Y 3.5/1.5) až sivý (farba 5 Y 4/1) prachovito-hlinitý sapropel, ako aj separátne vrstvy piesčitých sedimentov. Zjavná je vrstva návážky práve na miestach pôvodných paleomeandrov (sondy číslo 9, 10, 11, sondy číslo 12, 14 a sonda číslo 15), takže toto územie pravdepodobne bolo sanované pri zarovnávaní povrchu pri tvorbe ornej plochy vhodnej na orbu, alebo ako súčasť protipovodňovej ochrany. V tom druhom prípade by však tieto zásahy boli nedostatočné, keďže prostredníctvom priepustnej výplne paleomeandra tieto lokality stále vykazujú zvýšenú vlhkosť. Geofyzikálny záznam naďalej v týchto miestach potvrdil zamokrenie bližšie pri povrchu ako na iných miestach. Výplň paleomeandra v podobe štrkov alebo pieskového sedimentu má lepšiu priepustnosť, ale aj vzĺnavosť. Nao-

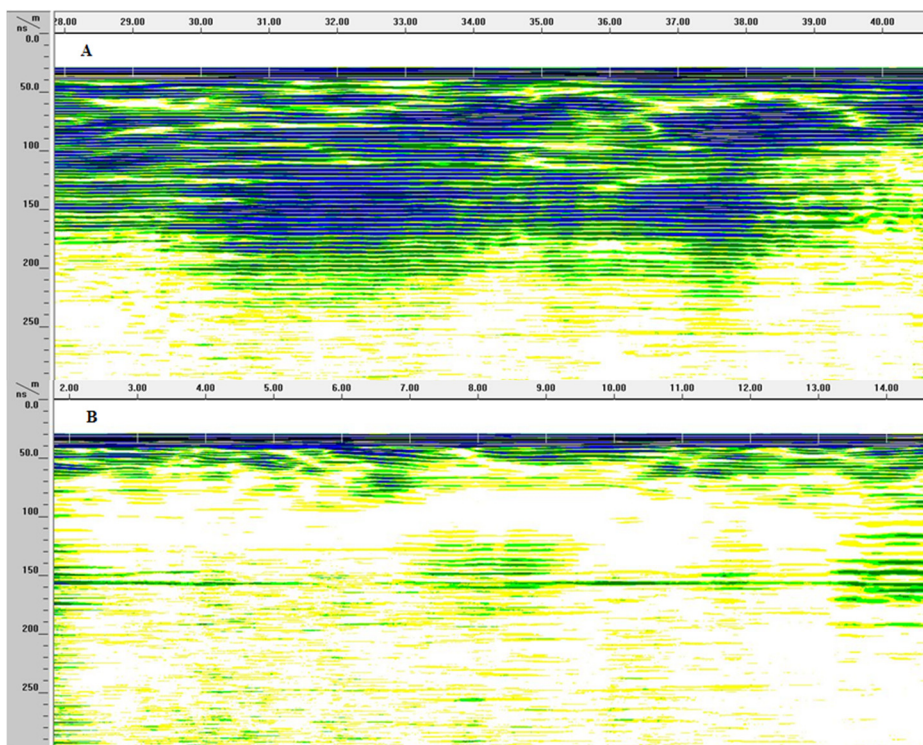
pak v prípade výplne sapropelom, ktorý je nepriepustný, môže ísť zase len o lokálne prevlhčenie po vyšších zrážkach. Dá sa predpokladať, že to je pravdepodobne dôvodom zvýšeného zamokrenia v týchto miestach. Systematické pôdne sondovanie po línii na lokalite 1 odhalilo jednotlivé miesta, kde sa nachádza pôvodné dno paleomeandrov na styku so súčasnou hrádzou – sondy 3, 10, 11 a 12. Toto je potvrdené prislúchajúcou vlhkomilnou vegetáciou, ktorá tiež výraznejšie vystupuje práve v týchto miestach. Nález križovania paleomeandra s povodňovou hrádzou bol verifikovaný aj prostredníctvom merania elektrickej konduktivity (CMD). Všetky tieto výsledky sú dôvodom na ďalšie skúmanie takýchto prevlhčených miest hrádze ako aj ich ďalší manažment v rámci revitalizácie mŕtvych ramien Moravy popri Česko-slovenskej hranici.

Podložnou horninou sú podľa geologického prieskumu v lokalite (Šíkula 2002) neogénne íly v hĺbke piatich až šiestich metrov. Niektoré vrty však k ílu nedospeli a v 7 – 8 m bol prítomný len hrubozrnný piesok obvykle s prímесou valúnov (aluviálne náplavy) alebo len ílovitý piesok. Zloženie viacerých vrstiev v okolí je však utajené štátom, zrejme pre ťažbu zemného plynu (Šíkula 2002), avšak sú to len vrty z okolia, nie na konkrétnom mieste výskumu, a pri aluviálnych sedimentoch sa tieto mocnosti môžu meniť dramaticky, ale môžu napomôcť pri interpretácii rezistentnej tomografie, ktorá siaha do vyšších hĺbok ako pôdne sondovanie a vytvoriť obraz o hĺbke výskytu materskej horniny (neogénny íl).

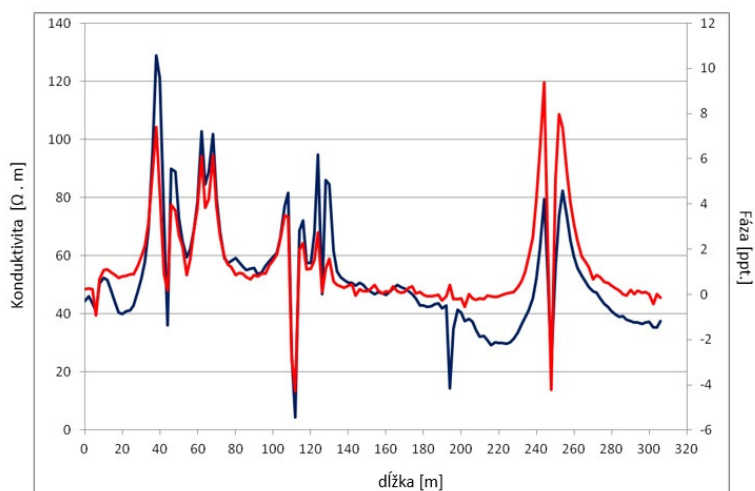
Geofyzikálny výskum ukazuje na prítomnosť podzemnej vody priamo pod hrádzovým valom na styku hrádze a paleomeandra. Čo sa týka merania odporu, z hľadiska ciest podzemnej vody sú zaujímavé kladné anomálie, ktoré znamenajú vyšší odpor, a teda úbytok, alebo neprítomnosť ílu v piesčitom sedimente. Zníženie odporu naopak znamená zvýšenie prítomnosti ílu, ktorý má záporný povrchový náboj (Gajdoš et al. 2000). Môže to však znamenať aj prítomnosť vody. Staršie paleomeandre z obdobia prvého a druhého vojenského mapovania sú už oveľa menej viditeľné na geofyzikálnom zázname, čo sa samozrejme nedá paušalizovať. Výskum by bolo potrebné v budúcnosti rozšíriť na väčšie územie. Pri porovnaní podložia hrádze mimo križovania paleomeandra a hrádze, a na mieste, kde paleomeander v blízkej minulosti nepretínal hrádzu, je rozdiel pri geofyzikálnom meraní georadarom zjavný. Na obrázku 7, ktorý sa skladá z dvoch častí (A, B), je zobrazené podložie pod hrádzovým valom mimo priebehu paleomeandra pod hrádzou (A) a na bode prieseku paleomeandra a hrádze (B). Na časti A sú zjavné štrkové formácie pevnej priepustnej horniny (modrá farba). Možná je aj prímес piesku, avšak nie je možné určiť, či ide o prirodzenú sedimentáciu alebo návážku.

Na obrázku 7 v časti B sú niektoré časti nenamerané – farba chýba – biele obrysy sú spôsobené prítomnosťou podzemnej vody. Najskôr v hornej časti profilu sú zreteľné obrysy prevlhčeného sedimentu a v strednej časti profilu nasleduje zreteľná vodorovná línia (zelená farba), ktorá predstavuje hladinu podzemnej vody.

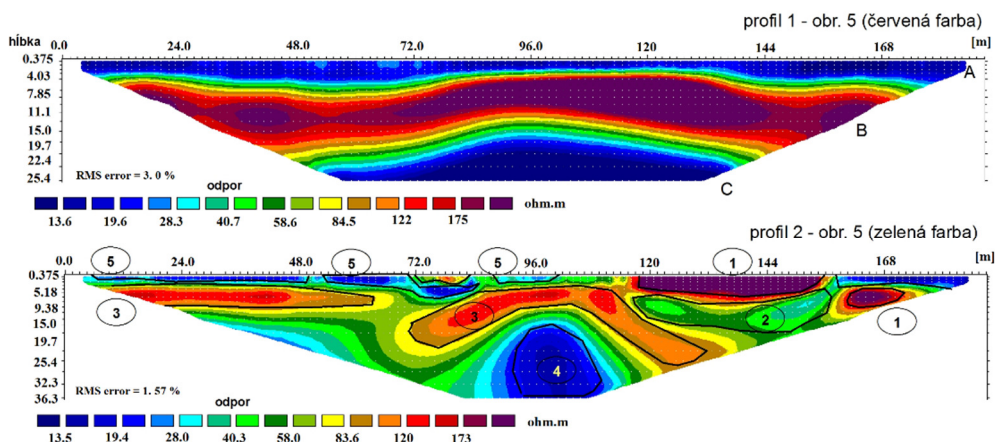
Meranie konduktivity na lokalite 1 poukázalo na narušené prostredie, čo môže znamenať narušenie meraní vedením sietí v okolí (prudké vrcholy červenej – fázy v pravej časti na obrázku 8), kovové objekty, prípadne potrubia. Avšak v rámci prípravnej fázy výskumu sme overili, že takéto inžinierske siete tu nie sú prítomné. Naopak, náhle kladné výkyvy konduktivity (čiara modrej farby na obr. 8.) s najväčšou pravdepodobnosťou signalizujú prítomnosť vody v podloží. Vrcholy na ľavej strane grafu pravdepodobne odzrkadľujú križovanie paleomeandra s hrádzou. Na začiatku Humlovej lúky (lokalita 1) sa v síce v rôznych polohách, ale vždy približne lokalizované vedľa seba, nachádzalo v minulosti hlavné koryto Moravy. Na konci, na pravej strane grafu na obr. 8, dochádza k vystúpeniu hodnoty fázy nad hodnotu konduktivity. V tomto mieste sa opäť v nedávnej minulosti vyskytovalo koryto hlavného toku, avšak smerom ďalej po hrádzi (smer od lokality 1 k lokalite 2) sa tesne za týmto bodom vystúpenia hodnoty fázy nachádza násyp hrádze, ktorý vystupuje mierne z hrádze. Je pravdepodobné, že tu bola umiestnená návážka na vyrovnanie terénu. Pôdne sondy č. 14 a 15 potvrdzujú tento predpoklad, ale zároveň aj prítomnosť ílu.



Obr. 7. Porovnanie podłożia pod hrádzou mimo paleomeandra (A) a na styku paleomeandra (B) pomocou georadaru; modré obrysy na obrázku A predstavujú náplavy alebo návažku štrku, príp. zmiešaného s pieskom, biele obrysy, resp. nemerateľné hodnoty, predstavujú zvodnené podložie, pričom tesne pod obrysmi je náznak kompaktnej vodorovnej línie na oboch profiloch – hladina podzemnej vody



Obr. 8. Výsledky merania elektromagnetickej konduktivity vedľa hrádzového valu na lokalite 1, modrá farba – konduktivita (ľavá os) [ohm.m], červená farba – fáza (pravá os) [ppt. = part per thousand], dĺžka profilu v metroch (spodná os)



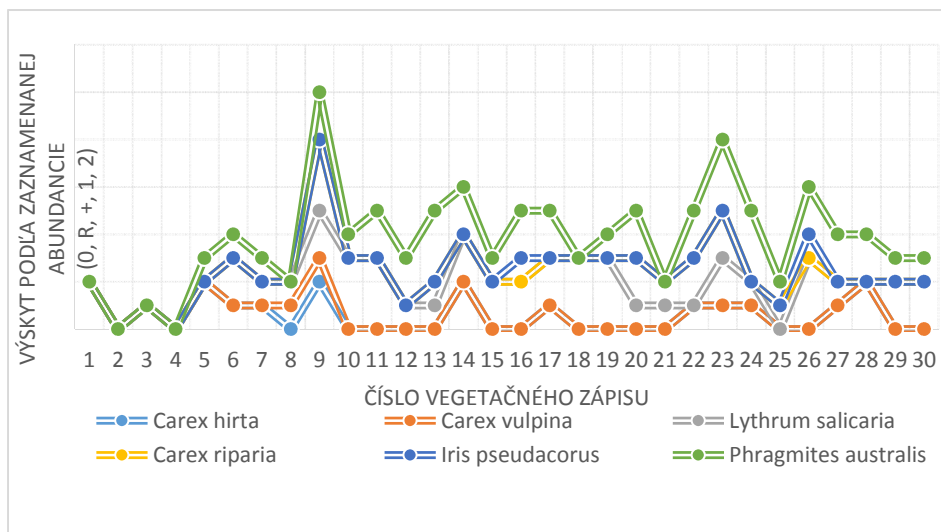
Obr. 9. Odporové profilovanie vedľa hrádzového valu na lokalite 2,

Vysvetlivky: A – kvartérny pokryv (hlinité fluvialne sedimenty), B – fluvialne sedimenty – štrky a piesky, C – neogénny íl, 1 – štrková výplň/ navážka, 2 – pôvodné dno paleomeandra (íl, piesok, prípadne malé obliaky do 2 cm), 3 – fluvialne sedimenty - štrk, 4 – podložná hornina (zhrnutné pestré/piesčité íly), 5 – hlinité fluvialne sedimenty

Na lokalite 2 na prvom profile (Obr. 9) je zreteľne viditeľný kvartérny pokryv (A) a pod ním fluvialne sedimenty štrkov a pieskov (B). V najhlbších častiach vystupujú neogénne sedimenty – tvorené neogénnym ílom (C). Na obrázku 9 na profile 2 je už zreteľne rozčlenená riečna niva, kde vystupuje štrková výplň paleomeandra alebo navážka (fialová farba označená číslom 1), naložená na pôvodnom dne paleomeandra – v podobe ílom zhrnutných štrkov alebo pieskov (ozn. číslom 2). Zvýšenie odporu priamo pri povrchu je potrubie – alebo opäť povrchová navážka na paleomeandri. Neogén tvoria ílovité sedimenty, pravdepodobne v podobe pestrých ílov (ozn. číslom 4), ktoré sa nachádzajú aj v okolitých geologických vrtoch (Šíkula 2002). Mocnosti rôzne obohatených neogénnych ílov sa na tomto území vyskytujú aj v okolitých geologických vrtoch (Šíkula 2002, Ostrolúcky 2003). V okolí bolo hlavne v 50. a 60. rokoch minulého storočia preskúmaných viacero hlbokých vrtov (siahajúcich približne do 1000 m) pre potencionálnu ťažbu ropy a zemného plynu (Ostrolúcky 2003). Nález korešponduje aj s polohou pôvodného koryta Moravy, ktoré sa tu nachádzalo ešte v roku 1949 (viditeľné aj na grafických výstupoch vyššie).

Zarastené polia s vlhkomilnými druhmi ripariálnej vegetácie naznačujú pôvodné spoločenstvá hlavne brehového charakteru - porasty trstín a bylín (trst' a vrbica), prípadne hygrofilné druhy bylín (ostrica pobrežná), ktoré boli zaorané a dlhé roky využívané ako orná pôda. Takže doplnujúcim vegetačným výskumom je možné odhadnúť potenciálne miesta zvýšeného prevlhčenia pôdneho profilu pri hrádzovom vale. Mapovanie vegetácie zachytilo viaceré miesta s vlhkomilnejšou vegetáciou, dokonca až prítomnosť brehových druhov triedy *Phragmites* – *Magnocaricetea*, kde sa vyskytovala trst' obyčajná (*Phragmites australis*), ktorá sa vyskytuje na území s hladinou podzemnej vody do 3 metrov od povrchu. Spoločenstvo na kosenej lúke však už prešlo výraznými zmenami a ovplyvnené je hlavne prítomnosťou blízkej cestnej komunikácie – hraničný priechod Kúty-Lanžhot a diaľnice D2 Bratislava – Brno, a nachádzajú sa tu početné invázne druhy, prevažne zlatobyľ obrovská (*Solidago gigantea*). Invázne druhy sa bežne šíria aj popri vodných tokoch, avšak so zvyšujúcou sa vzdialenosťou od hlavných

cestných komunikácií počet týchto druhov klesá (porovnanie lokalita 1 a lokalita 2) a spoločnosť naberá na diverzite. Priamo na hrádzovom vale prevláda ovsík vyvýšený (*Arrhenatheretum elatius*). Ďalšie druhy, ktoré môžu celkovo skresľovať druh spoločnosti, sú zošľapávané druhy, keďže ide o pravidelne kosenú lúku, a v blízkosti lesnej nespevnenej cesty prevládajú skôr zošľapávané druhy ako skorocel kopijovitý (*Plantago lanceolata*) a skorocel väčší (*Plantago media*), ktoré sa nachádzajú na poľnej ceste priamo pod valom. Prípadné náznaky existencie koryta v minulosti vo vegetácii boli prítomné len na brehoch pôvodného meandra, kde sme zaznamenali napríklad prítomnosť vrbice prútnatej – *Lythrum salicaria*.



Obr. 10. Skladaný čiarový graf výskytu vlhkomilných a brehových druhov vegetácie (čísla zápisov v grafe korešpondujú s očíslovaním zápisov v Tabuľke v prílohe 1. a s Obr. 4

V niektorých častiach bývalého poľa bola prítomná eliptická depresia s relatívnou hĺbkou 20–50 cm (nie je zreteľne viditeľná na DMR 5G), keďže daná lokalita už bola pravdepodobne zarovnaná a využívaná ako orná pôda. Táto depresia a obnovenie vlhkomilných spoločenstiev práve tu naznačuje pravdepodobne pôvodné dno koryta a v týchto miestach následne prebieha zavodnenie v prípade väčších zrážok. Prítomnosť zrážkovej vody je podmienená ílovitou výplňou na jej dne. Časté zamokrenie je signalizované aj prítomnosťou vlhkomilných druhov vegetácie, ktoré tu takto pretrvávajú. Ide o trvalé porasty ostrice pobrežnej (*Carex riparia*) a vrbice prútnatej (*Lythrum salicaria*), trsti obyčajnej (*Phragmites australis*) a kosatca žltého (*Iris pseudacorus*).

Fytocenologické zápisy sú priložené v prílohách (príloha 1 a príloha 2). V zázname vlhkomilných a brehových druhov vegetácie (obr. 10) sa vyskytuje zvýšená početnosť týchto druhov na dvoch miestach – vrcholoch abundancie, ktoré predstavujú dná paleomeandrov aktívnych tesne pred rokom 1950. Práve toto koryto je zreteľné ešte na snímke z roku 1949, tesne po odpojení, kedy tento meander bol ešte aktívnym a v prípade vyššieho vodného stavu predstavoval prietochné rameno. Čím skôr dôjde k odstaveniu meandra (vznik paleomeandra), tým menej je možné ho sledovať v krajine, a platí to aj pri výskyte týchto lokálnych hygrolilných druhov vegetácie. Lokalita 1 bola od polovice 50. rokov minulého storočia poľnohospodársky využívaná ako orná pôda. Ako kosienok je využívaná len niekoľko rokov. Lokalita 2 zaznamenáva vyššiu pestrosť druhov, ale aj menej zreteľné odlišenie pôvodného dna paleomeandra. Abundancie hygrolilných druhov vystupovali sporadicky a nie natoľko výrazne. Tu boli smerodajnejšie práve výsledky geofyzikálnych meraní pomocou odporovej tomografie, kde bol jasne zreteľný nález výplne paleomeandra.

Záver

Geofyzikálny výskum priniesol výsledky v podobe potvrdenia difúzneho prenikania vlhkosti v okolí vodného toku Morava na prieniku paleomeandrov a hrádze na testovanom území. Táto konektivita okolitých alúvií je pozitívnym prínosom pre obnovu lokálnych vlhkomilných spoločenstiev aluviálnych lúk, avšak je potrebné toto prúdenie sledovať, keďže ide o rizikové miesta. Dôležitým faktorom podmáčania hrádze je práve sedimentárna výplň paleomeandrov a jej charakter, ako aj jej zachovanie v krajine už výrazne pozmenenej vplyvom človeka. Pôdne sondy v kombinácii s vegetačným mapovaním lokalizovali výplň paleomeandrov a spolu s geofyzikálnym výskumom presne identifikovali rizikové body na hrádzovom vale, kde sa nachádza križovanie bývalých meandrov Moravy a súčasnej hrádze. Tieto miesta treba pozornejšie monitorovať vzhľadom na okolité sídla ako aj neďaleký plynovod. Vybrané body na hrádzi, ktoré boli geofyzikálnym výskumom potvrdené ako rizikové (prevlhčenie pôdneho profilu a podložia), by mali vstupovať do metodiky vyhodnocovania povodňového rizika. Najviac rizikové sú body, ktoré predstavujú križovanie najmladších paleomeandrov, ktoré sú tak tiež najviac zreteľné v krajine, ako aj najlepšie identifikovateľné pomocou využitých metód výskumu.

Literatúra

- BRAUN - BLANQUET, J. 1964: *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde* (3rd edition). Wien et New York (Springer).
- BRACKEN, L. J., CROKE, J. 2007: The concept of hydrological connectivity and its contribution to understanding runoff-dominated geomorphic systems. *Hydrological processes*, 21. 1749-1763. DOI: <https://doi.org/10.1002/hyp.6313>.
- BRIERLEY, G., FRYIRS, K., A JAIN, V. 2006: Landscape connectivity: The geographic basis of geomorphic applications. *Area*, 38(2), 165-174. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-4762.2006.00671.x>.
- DANIŠOVIČ, P. 1965: *Projekt využitia Dunaja a ochrana prírody*. Sborník Projekt sústavy vodných diel na Dunaji a tvorba životného prostredia. Riaditeľstvo vodohospodárskeho rozvoja (RVR). Bratislava, 8-23.
- FEKETE, Š., LÁNG, A. 1967: *Povodeň na československo-maďarskom úseku Dunaja v roku 1965 a jej ochrannárske dôsledky*. Sborník 5. Slovenského ústavu pamiatkovej starostlivosti a ochrany prírody v Bratislave. ČSR ochrana prírody. Budapešť. 11-31.
- FRYIRS, K. 2013: (Dis)connectivity in catchment sediment cascades: A fresh look at the sediment delivery problem. *Earth Surface Processes and Landforms*, 38(1), 30-46. DOI: <https://doi.org/10.1002/esp.3242>.
- GAJDOŠ, V., ROZIMANT, K., PUTIŠKA, R. 2000: Geofyzikálny výskum pohybu podzemnej vody v príbrežnej zóne rieky Moravy. *Podzemná voda*, 6(2), 150-155.
- GF INSTRUMENTS 2016: *Short Guide for electromagnetic conductivity mapping and tomography*. GF Instruments s.r.o. (Geophysical Instruments and services). Brno. 82 pgs. Dostupné online 7.2.2018: http://www.gfinstruments.cz/version_cz/downloads/CMD_Short_guide_Electromagnetic_conductivity_mapping-10-10-2016.pdf
- HOOKE, J. M. 2003: Coarse sediment connectivity in river channel systems: A conceptual framework and methodology. *Geomorphology*, 56(1-2), 79-94. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(03\)00047-3](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(03)00047-3).
- JANIŠOVÁ, M., HÁJKOVÁ, P., HEGEDUŠOVÁ, K., HRIVNÁK, R., KLIMENT, J., MICHÁLKOVÁ, D., RUŽIČKOVÁ, H., ŘEZNÍČKOVÁ, M., TICHÝ, L., ŠKODOVÁ, I., UHLIAROVÁ, E., UJHÁZY, K. A ZALIBEROVÁ, M. 2007: *Travinnobylinná vegetácia Slovenska – elektronický expertný systém na identifikáciu syntaxónov*. Bratislava (Botanický ústav SAV).

- JAROLÍMEK, I., ŠIBÍK, J. eds. 2008: *Diagnostic, constant and dominant species of the higher vegetation units of Slovakia*. Bratislava (Veda).
- LEHOTSKÝ, M., RUSNÁK, M., KIDOVÁ, A., A DUDŽÁK, J. 2018: Multitemporal assessment of coarse sediment connectivity along a braided-wandering river. *Land Degradation and Development*, 29(4), 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.2870>.
- MARHOLD, K., HINDÁK, F. eds. 1998: *Zoznam nižších a vyšších rastlín Slovenska*. Bratislava (Veda), 687 p.
- MUNSELL COLOR 2010: *Munsell Soil Color Charts: with Genuine Munsell Color Chips. Grand Rapids, MI :Munsell Color. Print.*
- OSTROLÚCKY, P. 2003: *Vyhľadávaci a podrobný ložiskový prieskum v prieskumnom území Viedenská panva, obdobie 1993 - 2001*. NAFTA. a. s. Gbely. Geofond GÚDŠ. Arch. no. 84606.
- PETR, P. 1974: Výskum filtračných porúch z hľadiska stability dunajských hrádzi. *Geologický průzkum*. (7/1974). Vysoká škola technická. Bratislava. 199-203.
- PIŠŮT P., TIMÁR, G. 2007: *História územia ostrova Kopáč*. Bratislava (Fytoterapia OZ), 30 p.
- SEDLÁČEK, J., BÁBEK, O., KIELAR, O. 2016: Sediment accumulation rates and high-resolution stratigraphy of recent fluvial suspension deposits in various fluvial settings, Morava River catchment area, Czech Republic. *Geomorphology*, 254, 73-87. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.11.011>.
- SLÁDEK, J. 2014: Aplikácia elektrickej rezistentnej tomografie (ERT) pri výskume dŕn dolín a zmien korytovo - nivných systémov (príklad vybraných tokov na území Slovenska). *Geomorphologia Slovaca et Bohemica*, 2/2014, 44-54.
- SLÁDEK, J., RUSNÁK, M. 2014: *Changes in channel pattern – applications of several approaches (river reach of the Ondava River)*. 8. vedecká konferencia Asociácie Slovenských Geomorfológov (6.-8.10.2014). Snina.
- SCHROTT, L., SASS, O. 2008: Application of field geophysics in geomorphology: Advanced and limitations exemplified by case studies. *Geomorphology*, 93(1-2), 55-73. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.12.024>.
- STACKE, V., PÁNEK, T., SEDLÁČEK, J. 2013: Late Holocene evolution of the Bečva River floodplain (Outer Western Carpathians, Czech Republic). *Geomorphology*, 206, 440-451. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.10.015>.
- ŠEPPER, J., STANOVÁ V. eds., 1999: *Aluviálne lúky rieky Moravy - význam, obnova a manažment*. Bratislava (DAPHNE - Centrum pre aplikovanú ekológiu).
- ŠIKULA, G. 2002: *Záverečná správa Inžiniersko geologických prác: Rekonštrukcia hrádze Moravy km 71.0 – 89.0: podrobný inžinierskogeologický prieskum*. EkoGeos spol. s r.o. (Bratislava). Geofond GÚDŠ. Arch. no. 84385.
- TAYLOR, P. D., FAHRIG, L., HENEIN, K. A MERRIAM, G. 1993: Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 68(3). 571-573. DOI: <https://doi.org/10.2307/3544927>.

Pod'akovanie: *Príspevok vznikol v rámci riešenia grantu financovaného nadáciou SPP pre mladých vedcov. Zároveň sa chceme veľmi pod'akovať kolegovi Mgr. Ivanovi Dostálovi, PhD. a Mgr. Dávidovi Kušnirákovi, PhD. za ich pripomienky ku geofyzikálnym výstupom.*

Príloha I: Fytoocenologické zápisy po segmentoch (s.) (10 × 10m) 30 zápisov z lokality 1 – Humľova lúka

Lokalita 1	s.1	s.2	s.3	s.4	s.5	s.6	s.7	s.8	s.9	s.10	s.11	s.12	s.13	s.14	s.15	s.16	s.17	s.18	s.19	s.20	s.21	s.22	s.23	s.24	s.25	s.26	s.27	s.28	s.29	s.30	
trieda: Festuco - Brometea																															
Carex alba	.	.	1	.	.	.	1	1	1	1	1	1	.	.	.	.	1	.	+	1	1	1	1	1	1	1	+	1	+	1	
Potentilla arenaria	2	2	3	1	+	1	1	1	1	+	1	.	.	+	1	1	+	.	.	1	+	+	.	+	1	+	+	+	+	+	
trieda: Molinio - Arrhenatheretea																															
Artemisia vulgaris	.	R	+	.	R	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Carex hirta	1	.	+	.	1	+	+	.	1	.	.	.	1	.	.	.	+	.	.	.	.	+	+	.	.	.	1	.	.	.	
Carex vulpina	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Daucus carota	1	+	+	+	.	R	.	.	.	.	+	+	.	+	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	
Deschampsia cespitosa	1	1	1	+	.	1	1	.	.	.	+	+	.	+	.	+	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	
Elytiglia repens	5	5	5	4	3	4	4	5	4	3	4	3	2	.	3	3	3	3	1	4	4	4	3	3	.	2	2	3	4	3	
Equisetum arvense	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Galium mollugo	.	+	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Lythnum virgatum	.	.	.	.	.	1	+	+	1	2	2	+	+	1	1	1	1	2	2	+	.	.	.	1	+	.	3	+	.	1	
Plantago allissima	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Rumex hydrolapatum	R	.	.	.	.	.	.	R	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	R	R	.	R	+	+	.	R	+	.	.	
Serratula tinctoria	.	R	1	1	+	1	.	.	+	.	+	+	.	+	1	1	1	+	+	.	R	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Symphytum officinale	.	.	.	.	+	+	+	R	R	+	+	+	R	+	.	+	+	R	R	.	R	R	1	1	+	.	.	.	.	.	
Urtica dioica	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	R	.	.	
trieda: Phragmito - Mognocaricetea																															
Carex riparia	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	+	1	1	.	+	.	.	.	.	.	
Iris pseudacorus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	R	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	
Phragmites australis	.	.	.	.	+	+	+	.	1	+	1	2	1	+	1	1	1	.	+	1	.	1	2	2	+	1	1	1	+	+	
Ostatné																															
Allium scorodoprasum	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	R	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Calamagrostis epigejos	+	+	.	.	.	+	+	.	.	.	+	.	.	.	1	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	1	1	.	+	.	
Carex pilosa	2	3	2	2	1	.	+	1	.	.	.	.	.	1	1	2	1	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	
Cirsium arvense	+	.	.	.	+	1	+	+	1	+	+	.	+	R	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	
Convolvulus arvensis	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Lotus corniculatus	2	+	1	.	R	+	.	.	+	+	+	.	+	1	+	+	+	+	+	+	.	.	.	.	+	+	.	1	+	.	
Plantago lanceolata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Setaria viridis	+	.	.	.	.	R	+	+	+	R	+	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Stenactis annua	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Vicia villosa	2	1	1	1	1	1	1	+	.	+	+	+	1	1	1	1	1	+	+	+	+	+	1	+	+	+	+	+	1	+	

suradnice bodov (viď obr. 4) (WGS84) – segmenty: 1: 48.688055°; 16.989562°; 2: 48.688094°; 16.989605°; 3: 48.688123°; 16.989755°; 4: 48.688151°; 16.989851°; 5: 48.688212°; 16.990002°; 6: 48.688283°; 16.990141°; 7: 48.688307°; 16.990299°; 8: 48.688344°; 16.990374°; 9: 48.688378°; 16.990481°; 10: 48.688421°; 16.990572°; 11: 48.688458°; 16.990631°; 12: 48.688481°; 16.990693°; 13: 48.688518°; 16.990752°; 14: 48.688721°; 16.991197°; 15: 48.688764°; 16.991323°; 16: 48.688798°; 16.991406°; 17: 48.688849°; 16.991473°; 18: 48.688890°; 16.991583°; 19: 48.688928°; 16.991727°; 20: 48.688958°; 16.991852°; 21: 48.689008°; 16.991994°; 22: 48.689263°; 16.992198°; 23: 48.689324°; 16.992300°; 24: 48.689373°; 16.992456°; 25: 48.689423°; 16.992517°; 26: 48.689497°; 16.992756°; 27: 48.689543°; 16.992896°; 28: 48.689599°; 16.992997°; 29: 48.689635°; 16.993099°; 30: 48.689681°; 16.993201°

Príloha 2: Fytocenologické zápisy po segmentoch (10 × 10m) 20 zápisov z lokality 2

Lokalita 2	s. 1	s. 2	s. 3	s. 4	s. 5	s. 6	s. 7	s. 8	s. 9	s. 10	s. 11	s. 12	s. 13	s. 14	s. 15	s. 16	s. 17	s. 18	s. 19	s. 20
trieda: Festuco - Brometea																				
<i>Carex alba</i>	.	1	1	.	.	.	+	+	1	+	2	1	+	2	2	2	.	1	1	1
<i>Fragaria viridis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Potentilla arenaria</i>	+	+	.	.	+	.	.	.	.	+	+	.	.	.	+	.	+	.	R	R
trieda: Molinio - Arrhenatheretea																				
<i>Arrhenatherum elatius</i>	+	+	+	.	+	.	+	+	+	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	+
<i>Artemisia vulgaris</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex hirta</i>	.	.	.	.	+	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cichorium intybus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	R	.	.	.	.	.	.
<i>Crepis biennis</i>	.	.	.	.	+	+	.	.	R	.	.	.	.	R	R	+	+	R	R	.
<i>Daucus carota</i>	.	.	.	1	+	+	.	1	.	.	+	1	1	+	1	1	R	R	+	.
<i>Deschampsia cespitosa</i>	.	.	.	.	+	.	+	+	+	.	.	.	.	.	+	+	.	.	R	.
<i>Elytrigia repens</i>	.	.	.	.	.	+	.	1	2	1	1	2	+	.	.	+	2	.	.	.
<i>Equisetum arvense</i>	+	+	.	+	+	R	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Festuca pratensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.
<i>Galium mollugo</i>	.	+	R	.	.	+	.	.	+	.	1	+	.	+	+	1	+	.	.	.
<i>Lythrum salicaria</i>	.	1	2	2	.	.	.	.	.	.	+	1	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Plantago altissima</i>	.	.	.	.	+	+	+	.	+	+	+	.	+	+	+	+	.	.	+	.
<i>Rumex hydrolapatum</i>	.	.	.	.	.	.	R	+	+	+	.	.	R	.	.	.	.	.	.	.
<i>Serratula tinctoria</i>	.	.	.	.	R	.	.	.	.	.	R	.	.	+	+	R	.	+	+	.
<i>Trifolium pratense</i>	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Symphytum officinale</i>	R	.	.	.	+	R	+	R	.	.	R	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Urtica dioica</i>	.	.	.	R	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	2	+	.
trieda: Phragmito – Magnocaricetea																				
<i>Carex riparia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Phalaroides arundinacea</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Phragmites australis</i>	.	.	.	.	1	1	1	+	+	+	1	1	.	.	.	+	+	+	1	.
<i>Veronica longifolia</i>	.	.	.	.	2	2	2	+	+	+	.	.	.	.	.	.	+	+	2	.
Ostatné																				
<i>Achillea millefolium</i>	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.
<i>Arctium lappa</i>	.	.	.	.	R	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	R	.	.	.	.
<i>Calamagrostis epigejos</i>	+	1	1	+	+	+	+	3	2	1	3	2	+	.	+	.	+	+	1	1
<i>Carduus crispus</i>	.	.	.	.	.	R	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	R	+
<i>Carex pilosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Cirsium arvense</i>	.	.	.	R	.	+	+	+	+	+	+	+	+	.	.	.	.	.	+	+
<i>Convolvulus arvensis</i>	.	.	.	.	+	+	+	+	1	+	+	+	.	.	+	+	+	+	+	R
<i>Lotus corniculatus</i>	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	R	.	.	.	.
<i>Matricaria recutita</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Plantago lanceolata</i>	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.
<i>Setaria viridis</i>	.	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Silene latifolia</i>	.	R	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Stenactis annua</i>	.	.	.	.	+	+	+	.	+	.	.	.	+	+	.	R	.	+	+	+
<i>Tanacetum vulgare</i>	.	.	.	.	.	+	+	+	+	.	+	+	1	1	1	+	+	+	+	+
<i>Vicia villosa</i>	+	R	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

súradnice bodov (viď obr. 5) (WGS84) – segmenty: 1: 48.705921°, 16.995776°; 2: 48.706009°, 16.995750°; 3: 48.706094°, 16.995691°; 4: 48.706151°, 16.995669°; 5: 48.706204°, 16.995653°; 6: 48.706669°, 16.995690°; 7: 48.706347°, 16.995728°; 8: 48.706388°, 16.995709°; 9: 48.706471°, 16.995693°; 10: 48.706503°, 16.995685°; 11: 48.706552°, 16.995682°; 12: 48.706609°, 16.995674°; 13: 48.706664°, 16.995669°; 14: 48.706713°, 16.995663°; 15: 48.706761°, 16.995658°; 16: 48.706828°, 16.995663°; 17: 48.706901°, 16.995682°; 18: 48.706959°, 16.995690°; 19: 48.707400°, 16.995840°; 20: 48.707464°, 16.995856°

Adresy autorov

Mgr. Šárka Horáčková
Katedra fyzickej geografie a geoekológie
Prírodovedecká fakulta
Univerzita Komenského v Bratislave
Ilkovičova 6, 84215 Bratislava
Slovensko
sarka.horackova@uniba.sk

Mgr. Libor Burian, PhD.
Katedra fyzickej geografie a geoekológie
Prírodovedecká fakulta
Univerzita Komenského v Bratislave
Ilkovičova 6, 84215 Bratislava
Slovensko
libor.burian@uniba.sk

RNDr. Aleš Létal, PhD.
Oddělení fyzické geografie
Katedra geografie
Přírodovědecká fakulta
Univerzita Palackého v Olomouci
17. listopadu 12, 771 46 Olomouc
Česká republika
ales.letal@upol.cz

Mgr. Stanislav Ruman
Katedra fyzické geografie a geoekologie
Ostravská Univerzita v Ostravě
Chitussiho 10, 710 00 Ostrava
Česká republika
stanislav.ruman@osu.cz

Mgr. Ing. Pavel Krajčí, PhD.
Stredisko lavínovej prevencie Horskej zá-
chrannej služby
Dr. J. Gašperika 598
Liptovský Hrádok 033 01
Slovensko
gis.slp@hzs.sk