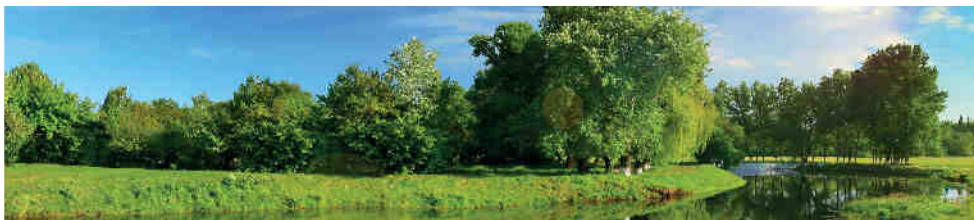




CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING



DEPARTMENT OF IRRIGATION, DRAINAGE
AND LANDSCAPE ENGINEERING



Water & Landscape 2014

Proceedings of conference
held on 17th September 2014

WATER & LANDSCAPE 2014 – CONFERENCE PROCEEDINGS

Conference Convener:

Department of Irrigation, Drainage and Landscape Engineering, Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University in Prague
Thákurova 7, 166 29, Prague 6, Czech Republic
<http://storm.fsv.cvut.cz/>

Location and Date of Event:

Prague, Faculty of Civil Engineering, CTU, September 17, 2014

Expertise guarantors:

Prof. Ing. Zdeněk Kos, DrSc.
Ing. Martin Dočkal, Ph.D.

Editorial team:

Ing. Miroslav Bauer
Ing. Jan Devátý
Ing. Michal Lipták
Ing. Martin Štich
Ing. Markéta Vlácilová

Reviewers:

Ing. Václav David, Ph.D.
Ing. Pavel Doležal, CSc.
Doc. Ing. Dr. Tomáš Dostál
Prof. Ing. Zdeněk Kos, DrSc.
Doc. Ing. Václav Kuráž, CSc.
Doc. Mgr. Jana Nábělková, Ph.D.
Ing. Petr Sklenář, Ph.D.
Doc. Ing. Karel Vrána, CSc.

Publication was supported by SVK 11/14/F1

Copyright © Faculty of Civil Engineering, Department of Irrigation, Drainage and Landscape Engineering, 2014.

ISBN 978-80-01-05533-5



TABLE OF CONTENTS

VLIV NOVĚ VZNIKLÉ JEZERNÍ PLOCHY NA TEPLITU VZDUCHU	5
<i>Kristýna Bartůňková, Zbyněk Sokol, Lukáš Pop</i>	
FYZIKÁLNÍ VÝZKUM PROUDĚNÍ VODY NA PŘELIVECH HYDROTECHNICKÝCH STAVEB.....	15
<i>Jiří Bezouška, Mikuláš Exner, Petra Kopecká, Martin Králík, Ladislav Satrapa, Milan Zukal</i>	
HODNOCENÍ LOKÁLNÍCH ZMĚN KVALITY OVZDUŠÍ V PRŮBĚHU NAPOUŠTĚNÍ JEZERA MOST	25
<i>Jan Brejcha</i>	
VÝZNAM OBNOVY VODNÍCH PLOCH V KRAJINĚ Z HLEDISKA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ.....	37
<i>Václav David, Tereza Davidová, Petr Koudelka</i>	
MĚŘENÍ VODNÍ EROZE POMOCÍ DEŠŤOVÉHO SIMULÁTORU	49
<i>Tereza Davidová, Barbora Janotová, Václav David, Miroslav Bauer, Tomáš Dostál, Jan Devátý, Petr Kavka, Josef Krása, Markéta Vláčilová</i>	
HLEDÁNÍ KRITICKÉ DOBY TRVÁNÍ DEŠŤE PRO ÚČELY MODELOVÁNÍ ODTOKOVÉ REAKCE MALÉHO POVODÍ NA PŘÍVALOVÝ DEŠŤ	61
<i>Pavel Ježík, Miloš Starý</i>	
LES KRÁLOVSTVÍ – MODELOVÝ VÝZKUM ŠACHTOVÉHO BEZPEČNOSTNÍHO PŘELIVU.....	71
<i>Martin Králík, Vladimír Burian, Eliška Adámková</i>	
PLNĚNÍ RETENČNÍHO PROSTORU PŘÍČNÉHO SPÁDOVÉHO OBJEKTU NA EXPERIMENTÁLNÍM POVODÍ V PRŮBĚHU LET 2011 - 2013.....	83
<i>Kateřina Krámská</i>	
JAK VYHODNOTIT KVALITU PODZEMNÍ VODY Z VRTU V PRACHATICKÉM GRANULITOVÉM MASIVU PRO HROMADNÉ ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU.....	93
<i>Jana Krejsová Gabriela Strnadová</i>	
12 LET EXPERIMENTÁLNÍHO VÝZKUMU EROZE PŮDY NA LABORATORNÍM DEŠŤOVÉM SIMULÁTORU ČVUT	103
<i>Tomáš Laburda, Pavla Schwarzová, Petra Kopecká, † Jana Veselá, Josef Krása</i>	



TERÉNNÍ MĚŘENÍ INFILTRACE MINIDISKOVÝM INFILTROMETREM NA POZEMCÍCH S PŮDNÍ KRUSTOU	115
<i>Lucie Larišová</i>	
POHYB FOSFORU VO VODE A KRAJINE	123
<i>Miroslava Sedmáková, Ing. Ľuboš Jurík, Saltanat Abikenova</i>	
MODELOVÁNÍ HISTORICKÉ HYDROLOGICKÉ SÍTĚ NA ZÁKLADĚ STARÝCH MAP	135
<i>Silvie Semerádová, Kateřina Křováková, Michaela Mudrochová, Jan Skaloš</i>	
TESTOVÁNÍ HLINITÉ PŮDY NA LABORATORNÍM DEŠŤOVÉM SIMULÁTORU ČVUT	145
<i>Pavla Schwarzová, Tomáš Laburda, Petra Kopecká, † Jana Veselá, Nikola Uliarczyková, Ondřej Pavlík</i>	
CHARAKTERISTIKA POVRCHOVÉHO SPLACHU ZE ZPEVNĚNÝCH PLOCH	155
<i>Lucie Doležalová, Renata Nováková, Kristýna Soukupová, Jana Nábělková, Marcela Synáčková</i>	
VZTAH ŠÍŘE ÚDOLNÍ NIVY, VLNOVITOSTI A MIGRACE KORYTA VODNÍHO TOKU	165
<i>Martin Štich, Petr Sklenář</i>	
DOPADY HYDRICKÉ REKULTIVACE HNĚDOUHELNÝCH LOMŮ NA MIKROKLIMA, KVALITU OVZDUŠÍ, EKOSYSTÉMY VODY A PŮDY	175
<i>Milena Vágnerová</i>	
LIDSKÝ IMPAKT NA VÝVOJ ŘÍČNÍ ARCHITEKTURY A PŮDNÍHO POKRYVU BĚHEM POSLEDNÍCH VÍCE NEŽ 150 LET; PŘÍKLADOVÁ STUDIE ZE STŘEDNÍHO POLABÍ.....	183
<i>Lenka Vejrostová</i>	
GIS NÁSTROJ „USLE THRESHOLD“ A JEHO VYUŽITÍ PRO IDENTIFIKACI EROZNĚ OHROŽENÝCH MÍST, SPADAJÍCÍCH MIMO PLATNOST USLE	195
<i>Markéta Vlácilová, Petr Kavka, Josef Krása</i>	
VLIV URBANISMU PRŮMYSLOVÉHO PODNIKU NA VODOPISNOU SÍŤ ÚZEMÍ NA PŘÍKLADU PODNIKU IGNAZ KLINGER V NOVÉM MĚSTĚ POD SMRKEM	205
<i>Tereza Vokurková</i>	
ZDROJE ZNEČISTENIA AKO POTENCIÁLNY ZDROJ ENVIRONMENTÁLNYCH POVODŇOVÝCH ŠKÔD V POVODIACH JUHOVÝCHODNÉHO SLOVENSKA.....	215
<i>Martina Zeleňáková, Lenka Gaňová, Lenka Zvijáková</i>	
PŮSOBNÍ KRYOPEDOLOGICKÝCH JEVŮ NA VODOSTABILITU PŮDNÍCH AGREGÁTŮ	225
<i>Aneta Žabenská</i>	

VLIV NOVĚ VZNIKLÉ JEZERNÍ PLOCHY NA TEPLITU VZDUCHU

INFLUENCE OF NEW WATER AREA ON AIR TEMPERATURE

Kristýna Bartůňková, Zbyněk Sokol, Lukáš Pop

Abstract

We use the COSMO NWP model to estimate the influence of newly originated water area (lake) on local air temperature and air humidity. The impact of the lake was simulated for flat terrain, different meteorological conditions and different lake sizes. COSMO NWP model was used with very high horizontal resolution 333 m. On the basis of results given from the model COSMO we developed a simple physical model ALAKE. Easily accessible input data for the model are lake size, air temperature and humidity in 2m above the surface, the temperature of the mixing layer of the lake, wind speed and direction in 10 m above the surface and, optionally, the surface skin temperature.

The application of ALAKE is planned in Podkrusnohorské Valley in the Czech Republic.

Keywords

Microclimate, air temperature, lake, COSMO model, NWP model

1 ÚVOD

V regionu severních Čech, Podkrusnohorské pánvi, je v současné době v provozu velké množství uhelných lomů. Mnohé z nich končí svou činnost. Krajina, která zůstává po skončení těžby, je zničena a je nezbytné tuto krajinu rekultivovat.

Jedním ze způsobů rekultivace je hydrická rekultivace, která spočívá v zatopení jámy bývalého lomu vodou. Některé takové rekultivace byly již v oblasti severních Čech realizovány (jezero Milada-Chabařovice, jezero Most) a další jsou v plánu.

Protože vznik nové vodní plochy způsobuje změny v charakteristikách zemského povrchu (odlišné albedo pevného povrchu a vody, odlišná drsnost, jiné teplotní charakteristiky), je nasnadě, že změny se budou dotýkat také atmosféry.

Proto byla do projektu, který se zabývá vlivem jezera na různé složky životního prostředí (půdu, kvalitu ovzduší, biologické komponenty krajiny), zahrnuta také část



věnující se vlivu jezera na mikroklima. Projekt vznikl za podpory Technologické agentury ČR pod názvem „Dopady na mikroklima, kvalitu ovzduší, ekosystémy vody a půdy v rámci hydrické rekultivace hnědouhelných lomů“.

Do analýzy jsou zahrnuty vlivy na teplotu a vlhkost vzduchu včetně výskytu mlhy. V předkládaném příspěvku se budeme věnovat vlivu jezera na teplotu vzduchu. Analýzy byly prováděny pomocí numerického předpovědního modelu COSMO s vysokým rozlišením.

2 ZÁJMOVÁ OBLAST

Výzkum byl aplikován na bývalém lomu Ležáky v severních Čechách, které dostalo název podle města, vedle kterého se nachází – Most. Mostecké jezero leží v nadmořské výšce 199 m n. m., jeho velikost je 311 hektarů a maximální hloubka dosahuje 75 m.

Stavební práce na bývalém lomu, v rámci kterých bylo zpevněno dno a břehy budoucího jezera, byly provedeny v roce 2002. Od roku 2002 do roku 2008 bylo pak jezero ponecháno, a jediným zdrojem vody mu byly srážky a voda z břehových pramenů. V roce 2008 začalo napouštění přivaděčem z řeky Ohře. V roce 2011 jezero bylo již téměř napuštěné a dosáhlo bezmála svojí konečné velikosti. Dopouštění s přestávkami ale pokračuje dodnes.

3 DATA

Pro analýzy byla využita především data z profesionální meteorologické observatoře Kopisty, která leží asi 1 km vzdušnou čarou od břehů jezera, v nadmořské výšce 240 m. Kromě základních meteorologických veličin, jako je teplota a vlhkost vzduchu, rychlost a směr větru, sluneční svit a podobně, je observatoř vybavena také 80 m vysokým meteorologickým stožárem.

Vedle zmíněné observatoře máme k dispozici data ze tří stanic, které byly zbudovány v roce 2011 v rámci našeho projektu. Dvě z nich, AK Most a CELIO, jsou klasické meteorologické stanice, které jsou umístěné blízko břehů jezera. Třetí stanice leží přímo na jezeře a kromě teploty a vlhkosti vzduchu, rychlosti a směru větru a intenzity slunečního záření, měří také teplotu vody v 16 vertikálních profilech do hloubky 20 m.

Poslední zdroj dat, která využíváme pro naše analýzy, jsou data vertikálních profilů teploty vzduchu, vlhkosti vzduchu, rychlosti větru apod. z objektivních analýz Evropského centra pro střednědobou předpověď (ECMWF).

4 METODIKA

Pro simulace vlivu jezera na mikroklima jsme použili německý numerický předpovědní model COSMO [1], propojený s půdním modelem a modelem jezera FLAKE [2]. Protože horizontální rozlišení 2,8 km, které se běžně v tomto modelu využívá pro předpovědi počasí, bylo pro naše účely příliš nízké, aplikovali jsme model s velmi vysokým horizontálním rozlišením 333 m. Na modelové oblasti (graf 1) 159 x 200 uzlových bodů, bylo použito celkem 70 vertikálních hladin. Vertikální rozložení přitom nebylo pravidelné, ale s výškou se snižovalo. Nejvyšší bylo v blízkosti zemského povrchu, kde na spodních 20 výškových metrech bylo 10 vertikálních hladin.

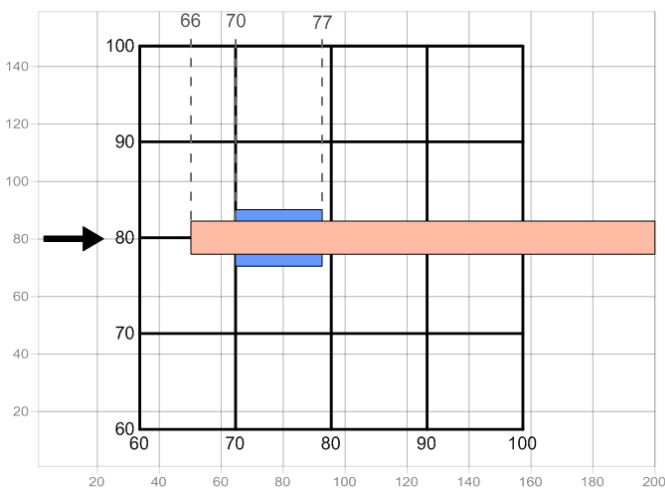
Jezero je v modelu zjednodušené a má obdélníkový tvar, jak je vidět na grafu 1. Pruh, který jezero protíná je oblastí, ve které jsme prováděly výpočty minimálního, maximálního a průměrného vlivu jezera na teplotu vzduchu.

Modelové simulace probíhaly ve čtyřech variantách velikosti jezera – L8, L4, L3 a L2, přičemž L8 odpovídá velikostně přibližně jezeru Most, jehož rozměry jsou cca 2,7 x 1,6 km.

Před započítáním samotných výpočtů jsme museli určit řadu parametrů, z nichž nejobtížnější byl parametr turbulence. Po řadě zkušebních výpočtů, jejich analýze a diskusi s jedním ze spoluautorů modelu COSMO, jsme se rozhodli pro použití parametru turbulence $itype_turb = 8$

Protože naším cílem je získat obecnější výsledky, které budou použitelné nejen pro jezero Most, ale také pro další, v budoucnu vzniklá, jezera, museli jsme některé parametry zobecnit a zjednodušit. Konstantními jsme proto určili parametr rovinného terénu (200 m), hloubku kořenů, půdní typ, vegetace (rozdílné pro letní a zimní půlrok) a drsnosti povrchu.

Samotné analýzy jsme prováděli odděleně pro teplý (duben, květen, červen, červenec, srpen a září) a chladný (říjen, listopad, prosinec, leden, únor a březen) půlrok. Všechny použité termíny začínaly v 00, 06, 12 a 18 hodin světového času. Celkem bylo zpracováno 113 integrací v teplém a 152 integrací v chladném půlroce.



Graf 1: Modelová oblast velikosti 159 x 200 uzlových bodů. Jezero je označeno modrým obdélníkem, šipka značí směr větru a pruh, který protíná jezero, značí oblast, ve které se prováděly výpočty minimálního, maximálního a průměrného vlivu jezera na teplotu vzduchu

5 VÝSLEDKY

5.1 Analýzy modelu COSMO

Při zpracování modelových výstupů jsme zjistili, že vliv jezera na teplotu vzduchu záleží především na:

$$\Delta = T_{ML} - T_{2m},$$

kde T_{ML} je teplota směšovací vrstvy vody v jezeře a T_{2m} je teplota vzduchu ve 2 m, a na rychlosti větru.

Největší vliv na teplotu vzduchu má jezero v teplém ročním období v situaci, kdy je teplota vody nižší než teplota vzduchu. Voda má na vzduch ochlazující účinek a tento účinek sílí se zvyšující se rychlostí větru. Tyto situace nastávají při teplém počasí, většinou v letních měsících, v době okolo poledne a během odpoledních hodin.

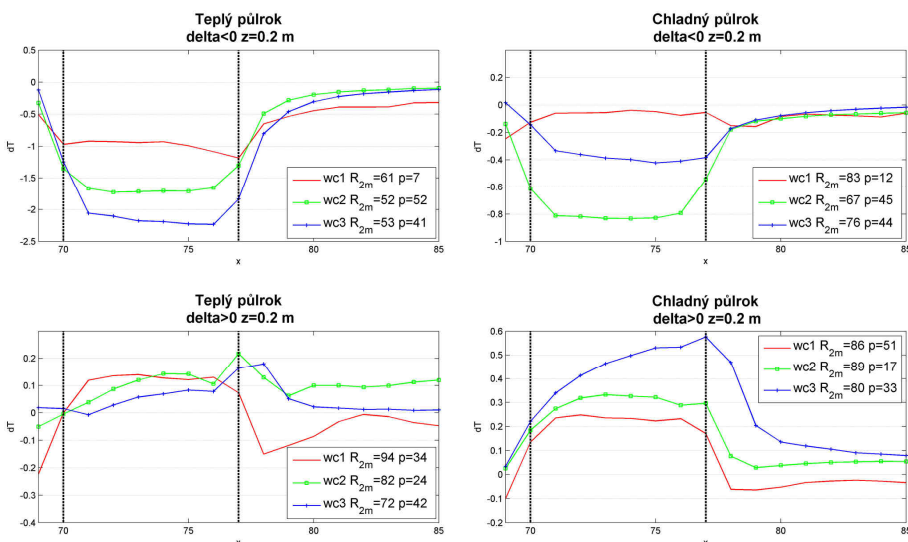


V případech, kdy je v teplém půlroce teplota vody vyšší než teplota vzduchu, je vliv jezera méně znatelný. Tyto případy pozorujeme většinou v nočních a ranních hodinách, někdy ale i po celý den.

V chladném půlroce v případech, kdy je teplota vzduchu nižší než teplota vody, dochází při bezvětrí k nasávání chladnějšího okolního vzduchu nad jezero a vzduch je pak od vody oteplován jen velmi málo. Tyto situace nastávají asi v 70 % případů, nejčastěji v prosinci a lednu přes celý den.

Když je v chladném období teplejší vzduch než voda a rychlosti větru se pohybují v rozmezí 1 a 3 m/s, je vzduch v důsledku přítomnosti jezera ochlazován. Tehdy, kdy se rychlosti větru pohybují mimo uvedený interval, není vliv jezera na teplotu významný.

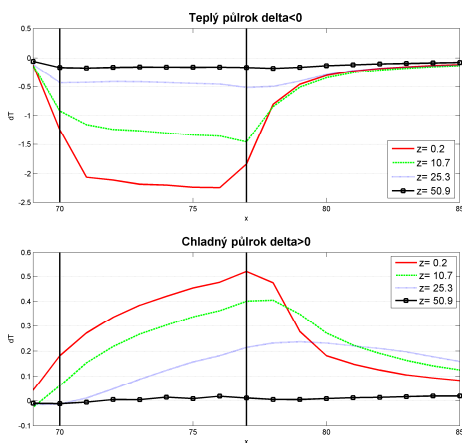
Vliv jezera na teplotu vzduchu (dT) v teplém i chladném období a v situacích, kdy je voda teplejší nebo chladnější než vzduch, jsou zobrazeny na grafu 2. Delta přitom znamená rozdíl mezi teplotou vody a vzduchu, x je pozice, w_1 , w_2 a w_3 jsou kategorie rychlostí větru, kde w_1 odpovídá bezvětrí, w_2 průměrným rychlostem větru a w_3 nadprůměrným rychlostem větru. R_{2m} je průměrná relativní vlhkost a p je množství případů v %. Graf znázorňuje výsledky ve vertikální hladině 0,2 m.



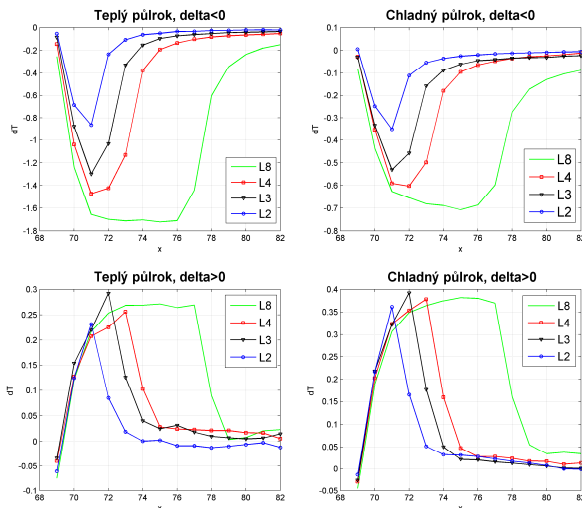
Graf 1: Průměrný dT jako funkce pozice x a rychlosti větru. Jezero leží v rozmezí $x = 70$ a $x = 77$ a je označeno vertikálními čarami. Data jsou rozdělena do 12 částí podle ročního období, rozdílu T_{ML} a T_{2m} (Δ) a rychlosti větru ($w1$, $w2$, $w3$ jsou třídy rychlosti větru od nejnižší rychlosti). R_{2m} je relativní vlhkost vzduchu v % a n udává počet případů v %.

Byla testována závislost na výšce nad zemským povrchem. Jak ukazuje graf 3, s výškou nad zemským povrchem klesá vliv jezera na teplotu vzduchu. Ve výšce 50 m a výše pak tento vliv není znatelný.

V rámci analýz bylo realizováno i porovnání vlivu různých velikostí jezera. Podle předpokladu se ukázalo, že čím větší jezero je, tím větší má vliv. Tato skutečnost je zobrazena na grafu 4.



Graf 3: Závislost vlivu jezera na teplotu vzduchu (dT) na výšce nad zemským povrchem z ve dvou případech s nadprůměrnými rychlostmi větru (i) v teplém půlroce při $\Delta > 0$ (nahore) a (ii) v chladném půlroce při $\Delta < 0$ (dole), při $z = 0,2, 10,7, 25,3$ a $50,0$ m.



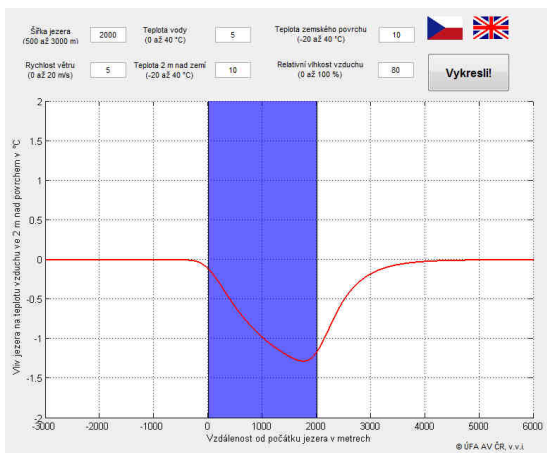
Graf 4: Průměrné hodnoty dT ve výšce $0,2$ m nad zemským povrchem pro čtyři velikosti jezera, které odpovídají 8, 4, 3 a 2 uzlovým bodům (L8, L4, L3, L2). Levý břeh jezera odpovídá $x = 69$. Průměrné hodnoty byly vypočteny pro teplý i chladný půlrok v závislosti na Δ

5.2 ALAKE

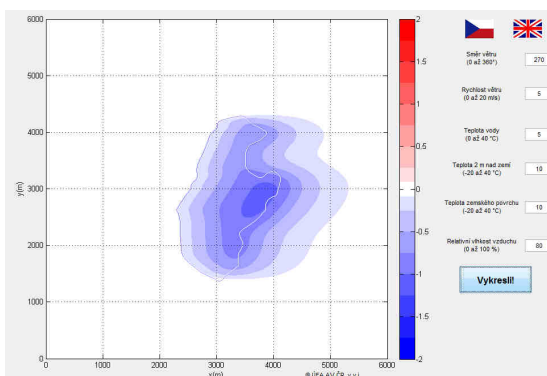
Na základě výpočtů modelu COSMO jsme sestrojili jednoduchý fyzikální model ALAKE. Tento model počítá vliv jezera na teplotu vzduchu ve 2 m v určitém bodě. Jako prediktory výpočtu byly určeny tyto parametry:

- Délka jezera ve směru větru (m)
- Teplota vzduchu ve 2 m ($^{\circ}\text{C}$)
- Relativní vlhkost vzduchu ve 2 m (%)
- Rychlost větru v 10 m (m/s)
- Teplota zemského povrchu ($^{\circ}\text{C}$)
- Směr větru ($^{\circ}$)

Zároveň byl vytvořen i software, který vliv jezera na teplotu počítá. Software existuje ve dvou variantách. Ve variantě 1D (graf 5) není potřeba zadávat do vstupních parametrů směr větru, ve variantě 2D (graf 6) ano.



Graf 5: 1D verze modelu ALAKE



Graf 6: 2D verze modelu ALAKE

6 ZÁVĚR

Po zpracování simulací v modelu COSMO a jejich analýze lze konstatovat, že model v jeho nastavení je způsobilý k simulacím vlivu nově vzniklé vodní plochy na teplotu vzduchu na plochem terénu.

Na základě výpočtů COSMO modelu byl vyvinut model ALAKE a stejnojmenný software, který počítá po zadání vstupních parametrů vliv na teplotu vzduchu ve 2 m nad zemským povrchem. Model je vhodný jako pomocný nástroj při rozhodování o revitalizacích severočeských lomů. Podrobnější výsledky byly publikovány [3].

Literatura

- [1] BALDAUF, M., SEIFERT, A., FÖRSTNER, J., MAJEWSKI, D., RASCHENDORFER, M., REINHARDT, T. *Operational convective-scale numerical weather prediction with the COSMO model - description and sensitivities*. Mon. Weather Rev. 2011.
- [2] MIRONOV, D., HEISE, E., KOURZENEVA, E., RITTER, B., SCHNEIDER, N., TERZHEVIK, A. *Implementation of the lake parametrisation scheme FLAKE into the numerical weather prediction model COSMO*. 2010. Boreal Environ. Res. 15, s 218 – 230.
- [3] BARTUŇKOVÁ, K., SOKOL, Z., POP, L. *Simulations of the influence of lake area on local temperature with the COSMO NWP model*. 2014. Atmospheric Res. 147 – 148, s 51 – 67.



FYZIKÁLNÍ VÝZKUM PROUDĚNÍ VODY NA PŘELIVECH HYDROTECHNICKÝCH STAVEB

PHYSICAL RESEARCH OF THE OVER FLOW ON SPILLWAYS OF HYDRAULIC STRUCTURES

**Jiří Bezouška, Mikuláš Exner, Petra Kopecká, Martin Králík,
Ladislav Satrapa, Milan Zukal¹**

Abstract

The aim of this research was to obtain characteristics of three new types of spillways and to compare them with characteristics of known and commonly used types of spillways. At first, 8 types of spillways were selected: spillway with a broad crest, spillway with a low sharp crest, spillway with a high sharp crest, ogee spillway, spillway with a inclined sharp edge, trapezoidal labyrinth weir, rectangular labyrinth weir and piano key weir type D. Once the spillway dimensions were determined, characteristics were theoretically defined according to the literature, mainly discharge of rating curves of individual spillways. Models were made at CTU water research lab. They were placed in the measuring flume width of 1 m. The spillways were tested using a uniform flow range. Water level and pressure conditions on the model crest were monitored. Characteristics of spillways obtained from these measurements were compared with theoretically derived ones.

Keywords

Spillway, dam, piano key weir, labyrinth weir, hydraulic model

1 ÚVOD

Tento článek se zabývá provedeným výzkumem proudění vody na přelivech, který byl proveden ve výzkumné vodohospodářské laboratoři ČVUT, v rámci

¹ Jiří Bezouška, Ing., Mikuláš Exner, Ing., Petra Kopecká, Ing., Martin Králík, Ing. Ph.D., Ladislav Satrapa, doc. Ing. CSc., Milan Zukal, Ing. Ph.D., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydrotechniky, Thákurova 7, 166 29, Praha 6, jiribezouska@gmail.com, mikulas.exner@gmail.com, zukal@fsv.cvut.cz



Studentské grantové soutěže. Výzkum byl prováděn za účelem získání charakteristik osmi typů přelivů, mezi které byly zařazeny i tři typy přelivů, které jsou konstrukčním uspořádáním přelivné hrany poměrně nové a v praxi prozatím využívány jen minimálně. Konkrétně se jedná o dva typy labyrintových přelivů a o přeliv pianový v typovém provedení D.

Hlavním cílem tohoto výzkumu, bylo ověřit vhodnost použití těchto nových typů přelivů v porovnání s přelivy běžné konstrukce. Ověření bylo možné uskutečnit porovnáním charakteristik jednotlivých přelivů. Charakteristiky přelivů byly získány teoretickou cestou s využitím odborné zahraniční literatury a výpočtem z hodnot získaných měření na fyzikálním hydraulickém modelu. Bylo tak možné i srovnání obecných teoretických postupů s reálně naměřenými charakteristikami přelivů.

Využití fyzikálního modelu pro získání charakteristik bylo nutné, z důvodu složitého trojrozměrného proudění na nových typech přelivů.

2 PŘEPAD VODY

„Přepad vody lze definovat jako pohyb s volnou hladinou přes objekt, pro který je charakteristický rozdíl hladin horní a dolní vody a při němž dochází ke konvexnímu zakřivení proudových vláken, spojenému se změnami rychlostního a tlakového pole.“ [1]

Přepad vody v korytech vodních toků vzniká na stupních ve dně, nebo na korunách jezů a přehrad, kde voda přepadá nejčastěji přes pohyblivé uzávěry. Přepad vody lze ve většině případů považovat za rovinný jev, a tak lze proudění posuzovat pouze v rovinném řezu, který je kolmý k přelivné hraně. Přepadající proud vody přes přelivnou hranu nazýváme přepadový paprsek, který může volně procházet ovzduším po parabolické dráze, nebo může být veden po vhodně zakřivené přelivné ploše. Rozdíl mezi úrovní přelivné hrany a výškou hladiny horní vody měřené v dostatečné vzdálenosti od přelivu ($l=3\div5\cdot h$), kde se již neprojevuje snížení hladiny, se nazývá přepadová výška. Poloha čáry energie přítokového proudu nad korunou je udávána hodnotou energetické výšky přepadu [1].

2.1 Faktory ovlivňující přepad vody

Faktory ovlivňující přepad vody, můžeme rozdělit do čtyř skupin [1]:

- charakteristiky kapaliny (měrná hmotnost, dynamická viskozita aj.),
- charakteristiky proudu (přepadová výška, rozdělení rychlostí v korytě aj.),
- charakteristiky přelivu (druh a tvar přelivu, výška přelivné konstrukce aj.),

- charakteristiky koryta (tvar a drsnost koryta, rozměry podjezí aj.).

2.2 Typy přelivných hran

Na proudění vody přes přeliv má podstatný vliv tloušťka a tvar přelivné stěny (konstrukce), a proto můžeme přelivy rozdělit dle konstrukce na [3]:

- ostrohranné přelivy,
- přelivy se širokou korunou,
- jezové nebo přehradní přelivy,
- zvláštní (speciální) typy přelivů.

Ostrohranné přelivy se především využívají pro měření průtoků, protože jsou tvarově stálé a experimentálně nejlépe ověřeny. Jako ostrohranný přeliv jsou označovány přelivy, které splňují podmínku, kdy tloušťka přelivné stěny $t < 0,67 \cdot h$ (kde h je výška přepadového paprsku). Pro přesné měření průtoku přes tyto přelivy je nutné dosažení dokonalého přepadu a dobrého uklidnění přítoku. Dle tvaru přelivné hrany lze ostrohranné přelivy rozdělit na přeliv Bazinův, Ponceletův, Thomsonův, Cipolettiho, kruhový, parabolický a lineární [1], [3].

Za přeliv se širokou korunou označujeme konstrukci vystupující nad dno toku, s vodorovnou korunou, která musí splňovat podmínku $(2 \text{ až } 3) \cdot h < t < (10 \text{ až } 15) \cdot h$ (kde t je šířka koruny a h je přepadová výška). Pro tento typ přelivu je charakteristické snížení hladiny na vtokové části a tvorba vlny nad korunou přelivu. Jestliže je šířka koruny větší ($t > 10 \cdot h$), může docházet k tvorbě více vln s hloubkami kolem kritické hloubky [1], [3].

Jezové (či přehradní) přelivy lze rozdělit na dvě hlavní kategorie [1], [3]:

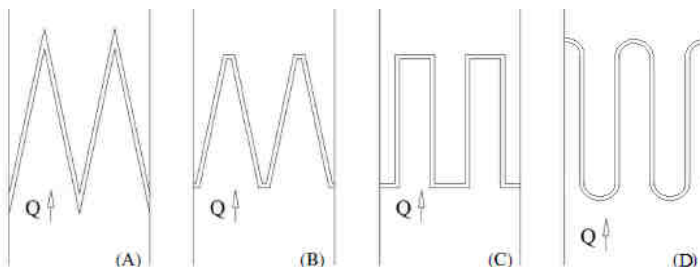
- pevné jezy (nemožnost manipulace s přelivnou hranou),
- pohyblivé jezy (na konstrukci nízkého pevného jezu je umístěna pohyblivá hradící konstrukce různých typů).

U starších pevných jezů se můžeme setkat s obdélníkovým nebo lichoběžníkovým tvarem přelivného tělesa s vodorovnou korunou. Tento typ konstrukce jezu je stavebně velmi jednoduchý, ale hydraulicky zcela nevhodný. K jednoduchým a hydraulicky účinným úpravám patří kruhové zaoblení koruny jezu. Při větších přepadových výškách však může vlivem nedostatečného poloměru zaoblení r dojít na koruně ke vzniku podtlaků, které mají negativní vliv na jezovou

konstrukci. Nejvhodnější hydraulické vlastnosti mají parabolické proudnicové přelivné plochy. Jejich tvar kopíruje zakřivení volného přepadového paprsku. Díky tomu je paprsek plynule veden v celé oblasti koruny [1], [3].

Mezi speciální typy přelivů lze zařadit šachtový přeliv, násoskový přeliv, labyrintový přeliv nebo přeliv pianový. Labyrintové a pianové přelivy mají společnou výhodu, kdy díky jejich půdorysnému uspořádání dosáhneme na stejné šířce kanálu (přelivného pole) několikanásobně větší délky přelivné hrany. Labyrintové přelivy lze rozdělit dle půdorysného uspořádání (obr. 1) na [1], [3]:

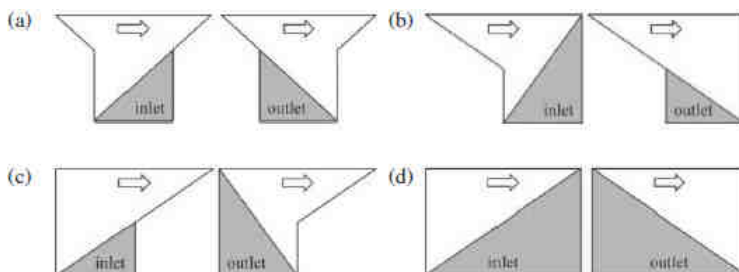
- trojúhelníkové (A),
- lichoběžníkové (B),
- obdélníkové (pravoúhlé) (C),
- ve tvaru U (D).



Obr. 1: Půdorysné rozdělení labyrintových přelivů [3]

Pianové přelivy jsou z hlediska vývoje nejnovější typy přelivů, které se v praxi začaly využívat teprve v roce 2006, kdy byl první postaven ve Francii na přehradě Goulours. Konstrukčně se jedná o adaptaci pravoúhlých labyrintových přelivů. Adaptace spočívá v úpravě dna jednotlivých cyklů, kdy dno není vodorovné jako u labyrintových přelivů, ale je vedeno ve sklonu.

Podle zvoleného sklonu dna v jednotlivých cyklech dochází na vrcholu k tvorbě převisu, a to jak proti tak i po proudu. Vzhledem ke geometrii lze pianové přelivy rozdělit na čtyři základní typy (obr. 2). Typ A má převisy na nátokovém (inlet) i odtokovém (outlet) vrcholu cyklu, typ B má převis pouze na odtokovém vrcholu cyklu, typ C má převis pouze na nátokovém vrcholu cyklu a typ D je zcela bez převisů [4], [5].



Obr. 2: Typy pianových přelivů A (a), B (b), C (c), D (d) [4]

3 FYZIKÁLNÍ MODEL

Vzhledem k proměnnému charakteru proudění vody přes jezová tělesa různých tvarů, mohou být někdy analytické metody pro jejich popis a porovnání nedostačující. Proto byl pro jejich popis charakteristik a následné porovnání vyhotoven fyzikální hydraulický model. Celkem bylo vytvořeno osm různých přelivů (obr. 3), konkrétně se jednalo o tyto přelivy:

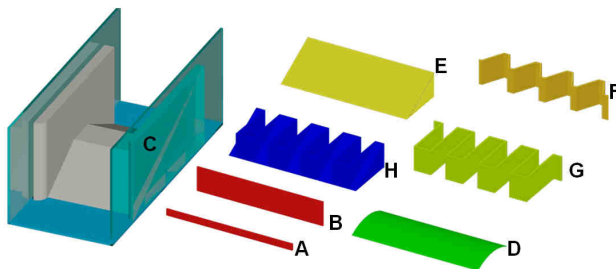
- přeliv s nízkou ostrou hranou,
- přeliv s vysokou ostrou hranou,
- široká koruna,
- Jamborův práh (resp. přeliv s proudnicově zakřivenou korunou s parametry odvozených z Jamborova prahu),
- pilířový přeliv (přeliv se skloněnou šikmou ostrou hranou),
- lichoběžníkový labyrintový přeliv,
- pravoúhlý labyrintový přeliv,
- pianový přeliv (typu D).

Na některých modelech bylo provedeno měření dvakrát. Při prvním měření šlo vždy o model bez zavzdušnění prostoru pod přepadovým paprskem a při druhém měření byly přidány prvky, které umožnily proudění vzduchu pod přepadovým paprskem. Tím bylo dosaženo stabilního volného přepadového paprsku.

V tomto případě se jednalo o základní hydraulický výzkum, jehož cílem bylo porovnání charakteristik jednotlivých variant přelivů. Nejednalo se tedy o model skutečného vodního díla, a tak pro model nebylo nutné stanovit modelové měřítko.

Model byl navržen pro umístění do laboratorního žlabu o šířce 1 m. Pro získání vyšších přepadových paprsků, byla šířka modelu zmenšena na 0,8 m. Zúžení bylo

provedeno dvojicí pilířů s hydraulicky vhodně zaoblenými čely. Pro umístění jednotlivých přelivných hran byla vytvořena lichoběžníková základna o výšce 0,3 m. Výška jednotlivých přelivných hran byla stanovena 0,15 m a 0,04 m (druhá výška se týká pouze nízké ostré hrany a přelivu s proudnicově zakřivenou korunou).



Obr. 3: 3D vizualizace modelu a různých typů přelivů: A – přeliv s nízkou ostrou hranou, B – přeliv s vysokou ostrou hranou, C – široká koruna, D – Jamborův práh, E – pilířový přeliv, F – lichoběžníkový labyrintový přeliv, G – pravoúhlý labyrintový přeliv, H – pianový přeliv (typu D). Zdroj: Jiří Bezouška

4 MĚŘENÍ PROVÁDĚNÁ NA FYZIKÁLNÍM MODELU

Pro konečné vyhodnocení charakteristik osmi výše uvedených typů přelivů, bylo nutné na každém jednotlivém typu přelivu provést vždy řadu měření. Mezi tyto měření patřilo:

- měření aktuálního průtoku,
- měření výšky hladiny ultrazvukovými sondami,
- měření výšky hladiny hrotovým měřidlem,
- měření tlakových poměrů před a za přelivnou hranou konstrukce,

Měření průtoků bylo zpočátku prováděno pomocí Thomsonova měrného přelivu. Po nainstalování do soustavy magneticko-indukčního průtokoměru byla zjištěna odchylka (5 – 10 %) mezi průtoky měřenými měrným přelivem a mag.-ind. průtokoměrem. Měření na přelivech bylo nakonec celé provedeno s průtokovou řadou (1; 2; 3; 5; 10; 15; 20; 25; 35; 45; 55; 65l/s) měřenou Thomsonovým přelivem a pomocí sestavené kalibrační křivky, byly reálné průtoky dopočteny zpětně.

Měření výšky hladiny bylo prováděno čtyřmi ultrazvukovými sondami. Sondy byly nad modelem umístěny vždy na stejném místě (-0,50; -0,15; 0,00 = osa přelivné hrany; +0,15 m).

Výška hladiny byla také měřena pomocí posuvného hrotového měřidla. Hladina byla vždy měřena v 18 místech v určité vzdálenosti od osy přelivné hrany. Pokud byla měřená hladina rozvlněná, byla vždy zaznamenána průměrná hodnota.

Sondy měřící relativní tlak byly s modelem propojeny pomocí tlustostěnných silikonových hadiček. Tyto hadičky byly vždy vyvedeny na základovou desku daného přelivu a seříznuty, aby nevytvářely nežádoucí úplavy. Sondy byly umístěny před i za přelivnou hranou přelivu.

5 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ NA FYZIKÁLNÍM MODELU

V první řadě byly pomocí kalibrační křivky přepočteny hodnoty průtoků (tab. 1). Aby bylo možno vytvořit měrné křivky přelivů (obr. 4), byly vyhodnoceny výšky přepadových paprsků z jednotlivých měření hrotovým měřidlem.

Výšky přepadového paprsku (tab. 2) byly odečítány ve vzdálenosti 1,0 m od středové osy základové stavby. Tato vzdálenost byla zvolena z důvodu, že proudění vody v této vzdálenosti není ovlivněno sklonem hladiny, není deformováno nátokovými pilíři a ani návodním lícem základové stavby.

Dále byla vypočtena přítoková rychlost v před přelivem. Díky přítokové rychlosti bylo možné vypočítat rychlostní výšku h_0 a zpětně dopočítat hodnotu součinitele přepadu m (tab. 3).

Tab. 1: Upravené průtoky dle získané kalibrační křivky

Průtoková řada [l/s]	Nizká ostrá hrana (nezavzd.)	Vysoká ostrá hrana (nezavzd.)	Vysoká ostrá hrana (zavzd.)	Široká koruna	Jamoborův práh	Pilířový přeliv	Pilířový přeliv (zavzd.)	Lichoběž. labyrint	Pravoúhlý labyrint	Pianový přeliv
Průtok přepočtený dle kalibrační křivky [l/s]										
1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	1,2
2	2,1	2,2	2,3	2,2	2,2	2,1	2,2	2,2	2,2	2,1
3	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,2	3,2	3,3	3,2
5	5,3	5,4	4,2	5,3	5,4	5,3	5,5	5,4	5,4	5,4
10	10,6	10,7	10,6	10,6	10,5	10,6	10,6	10,8	10,6	10,7
15	16,0	15,9	15,9	16,0	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9
20	21,2	21,2	21,2	21,7	21,3	21,2	21,3	21,2	21,2	21,2
25	26,5	26,5	26,5	26,4	26,5	26,5	26,5	26,4	26,5	26,4
35	37,3	37,2	37,1	37,2	37,3	37,3	37,4	37,2	37,2	37,1
45	49,0	48,2	48,0	48,2	48,2	48,1	48,2	48,1	48,1	48,2
55	59,6	59,6	59,5	59,5	59,6	59,5	59,4	59,4	59,7	59,5
65	70,9	71,5	71,2	71,7	71,5	71,4	71,4	71,4	71,4	71,4



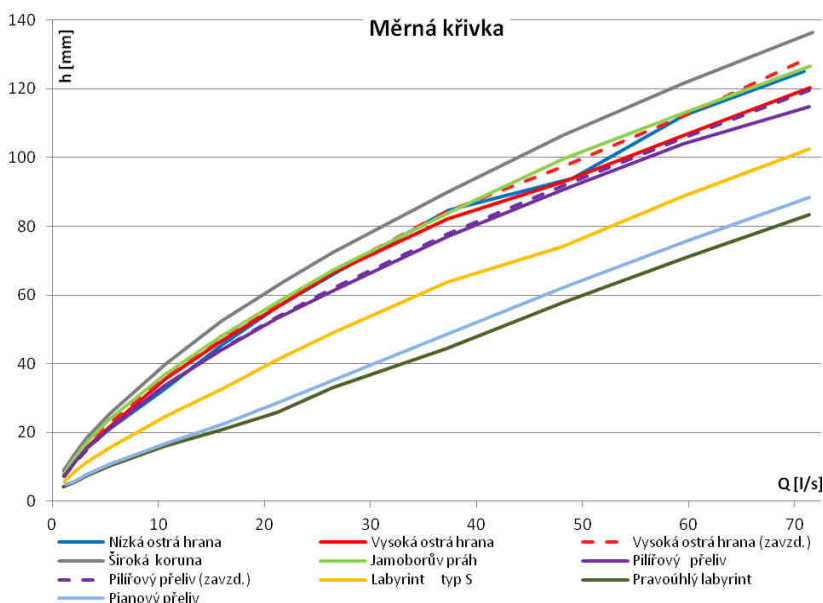
Tab. 2: Výšky přepadových paprsků měřené 1,0 m od osy základové stavby

Průtoková řada [l/s]		Nízká ostrá hrana (nezavzd.)	Vysoká ostrá hrana (nezavzd.)	Vysoká ostrá hrana (zavzd.)	Široká koruna	Jamoborův práh	Píliřový přeliv	Píliřový přeliv (zavzd.)	Lichoběž. labyrint	Pravouhlý labyrint	Pianový přeliv
PŮVODNÍ	UPRAVENÁ										
Výška přepadového paprsku [mm]											
1	1,1	0,36	0,39	0,39	0,35	0,43	0,49	0,49	0,72	1,07	1,03
2	2,2	0,47	0,45	0,41	0,37	0,43	0,50	0,51	0,73	1,44	1,36
3	3,2	0,48	0,47	0,43	0,36	0,41	0,47	0,50	0,75	1,45	1,32
5	5,4	0,50	0,48	0,43	0,37	0,41	0,49	0,48	0,78	1,45	1,37
10	10,6	0,51	0,45	0,44	0,38	0,42	0,48	0,48	0,78	1,47	1,37
15	15,9	0,46	0,45	0,43	0,38	0,42	0,48	0,48	0,76	1,50	1,33
20	21,3	0,44	0,44	0,43	0,38	0,43	0,48	0,48	0,71	1,42	1,23
25	26,5	0,44	0,43	0,43	0,38	0,42	0,49	0,48	0,68	1,22	1,12
35	37,2	0,42	0,44	0,43	0,39	0,43	0,49	0,48	0,64	1,10	0,97
45	48,3	0,47	0,48	0,44	0,39	0,43	0,49	0,48	0,67	0,96	0,86
55	59,5	0,44	0,48	0,44	0,39	0,43	0,49	0,48	0,62	0,87	0,80
65	71,4	0,44	0,48	0,43	0,39	0,44	0,51	0,48	0,60	0,82	0,75

Tab. 3: Zpětně dopočtené součinitele přepadu pro jednotlivé typy přelivných hran

Průtoková řada [l/s]		Nízká ostrá hrana (nezavzd.)	Vysoká ostrá hrana (nezavzd.)	Vysoká ostrá hrana (zavzd.)	Široká koruna	Jamoborův práh	Píliřový přeliv	Píliřový přeliv (zavzd.)	Lichoběž. labyrint	Pravouhlý labyrint	Pianový přeliv
PŮVODNÍ	UPRAVENÁ										
Hodnota součinitele m											
1	1,1	0,36	0,39	0,39	0,35	0,43	0,49	0,49	0,72	1,07	1,03
2	2,2	0,47	0,45	0,41	0,37	0,43	0,50	0,51	0,73	1,44	1,36
3	3,2	0,48	0,47	0,43	0,36	0,41	0,47	0,50	0,75	1,45	1,32
5	5,4	0,50	0,48	0,43	0,37	0,41	0,49	0,48	0,78	1,45	1,37
10	10,6	0,51	0,45	0,44	0,38	0,42	0,48	0,48	0,78	1,47	1,37
15	15,9	0,46	0,45	0,43	0,38	0,42	0,48	0,48	0,76	1,50	1,33
20	21,3	0,44	0,44	0,43	0,38	0,43	0,48	0,48	0,71	1,42	1,23
25	26,5	0,44	0,43	0,43	0,38	0,42	0,49	0,48	0,68	1,22	1,12
35	37,2	0,42	0,44	0,43	0,39	0,43	0,49	0,48	0,64	1,10	0,97
45	48,3	0,47	0,48	0,44	0,39	0,43	0,49	0,48	0,67	0,96	0,86
55	59,5	0,44	0,48	0,44	0,39	0,43	0,49	0,48	0,62	0,87	0,80
65	71,4	0,44	0,48	0,43	0,39	0,44	0,51	0,48	0,60	0,82	0,75

Vypočtené hodnoty z měření byly následně porovnány s hodnotami získanými analytickými výpočty. Z tohoto porovnání by byla možná korekce analytických rovnic pro výpočet součinitele přepadu, avšak námi získané hodnoty součinitelů přepadu jsou do značné míry ovlivněny celou konstrukcí modelu a také nepřesnostmi, které mohly vzniknout při měření. Proto nelze tyto hodnoty plnohodnotně srovnávat s tabulkovými hodnotami uvedenými v odborné literatuře.



Obr. 4: Měrná křivka jednotlivých typů přelivů

6 ZÁVĚR

Tento článek shrnuje výsledky, kterých bylo dosaženo při výzkumu proudění vody přes přelivy. Tento výzkum byl prováděn ve vodohospodářské laboratoři ČVUT v rámci Studentské grantové soutěže.

Z měření, která byla provedena na modelu, byly vyhodnoceny charakteristiky jednotlivých přelivů a ty byly poté konfrontovány s výsledky získanými teoretickými výpočty. Z porovnání těchto charakteristik, především tedy konzumních křivek, je patrná velmi dobrá shoda (s odchylkou do 5 %) pro konstrukčně známé přelivy. Především, pokud jsou dodrženy stanovené okrajové podmínky. V případě dvojice labyrintových přelivů, je shoda s teoretickým měřením výrazně horší. Rozdíl mezi přepadovými výškami při daném průtoku dosahoval až 25 %. To bylo způsobeno nevhodně zvoleným postupem výpočtu součinitele dle Magalhaese. V případě pianového přelivu byla shoda obou křivek velmi dobrá a rozdíl přepadových výšek byl nejvýše do 6 %. Vzhledem k tomu, že pro pianový přeliv typu D byl použit obecně stanovený vzorec, je tento výsledek velmi dobrý.

Hlavním cílem však bylo samotné porovnání zkoumaných přelivů s ohledem na možnou výhodnost nových typů přelivů (labyrintové a pianové). Z dat, získaných



měřením bylo prokazatelně dokázáno, že tyto nové typy přelivů mají až o 30 % vyšší kapacitu v porovnání s ostatními zkoumanými přelivy. Průběh jejich měrných křivek má od začátku spíše lineární průběh, oproti ostatním přelivům, které mají začáteční průběh měrných křivek spíše logaritmický. Na druhou stranu, při zahlcení těchto nových přelivů, jejich kapacita výrazně poklesne a proudění přes jejich konstrukci probíhá jako při přepadu přes širokou korunu. Tohoto stavu se nám při výzkumu vlivem nízké kapacity přírodního potrubí, nepodařilo dosáhnout. Ono výrazné snížení kapacity lze tak pouze dedukovat z výsledků výzkumů provedených v zahraničí.

Nové typy konstrukcí přelivů (labyrintové a pianové) se tedy ukázaly jako velmi výhodné řešení pro využití na vodních dílech, kde je nutné navýšení kapacity přelivů při zachování omezené konstrukční šířky stávajícího přelivního pole. Vzhledem i k minimálnímu zásahu do stávající konstrukce vodního díla a dispozicím konstrukce se jedná o velmi ekonomické řešení. Proto by bylo vhodné provést další výzkumy, pro získání obecných pravidel pro jejich návrh. Pro případný konkrétní návrh, který by měl být umístěn na vodním díle, je doporučeníhodné podrobit jej zkouškám na fyzikálním nebo alespoň matematickém modelu.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory grantu SGS13/054/OHK1/1T/11 „Výzkum proudění vody na přelivech a na skluzech hydrotechnických staveb“.

Literatura

- [1] KOLÁŘ, PATOČKA a BÉM. *Hydraulika*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1983.
- [2] JANDORA, Jan a Jan ŠULC. *Hydraulika: MODUL 01*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007, 178 s. ISBN 978-80-7204-512-9.
- [3] CROOKSTON, Bruan Mark. *Labyrinth weirs*. Logan, Utah, 2010.
Dostupné z: <http://digitalcommons.usu.edu/etd/802/>. Dizertační práce. Utah State University.
- [4] LEITE RIBEIRO a kol. *Hydraulic design of A-type Piano Key Weirs*. Journal of Hydraulic Research. 2012, Vol. 50, No. 4
- [5] SCHLEISS, A.J. *From Labyrinth to Piano Key Weirs: A historical review*.
Dostupné z: http://infoscience.epfl.ch/record/167394/files/2011-776_Schleiss_from_labyrinth_and_piano_key_weirs.pdf

Celý výzkum je podrobněji popsán v diplomové práci Bc. Jiřího Bezoušky – Fyzikální výzkum proudění vody na přelivech hydrotechnických staveb, 2013, FSv ČVUT v Praze.



HODNOCENÍ LOKÁLNÍCH ZMĚN KVALITY OVZDUŠÍ V PRŮBĚHU NAPOUŠTĚNÍ JEZERA MOST

EVALUATION OF LOCAL AIR QUALITY CHANGES IN THE COURSE OF
FILLING OF THE MOST LAKE

Jan Brejcha¹

Abstract

Brown coal open pit mines in the North Bohemia region are slowly approaching their limits of lifetime and they are going step by step to the end of their operation. Planned and even already realized reclamation procedure in the region is based on the formation of artificial lakes. The nature of the surface cover in the studied area has changed from mining landscapes without vegetation to the water area with “green” surroundings after the hydrological reclamation of the residual pit of the quarry Most – Ležáky. The local climate is significantly influenced within the warm part of the year, when the temperature of the water in the Lake is higher than the air temperature. The period of daily temporarily degraded local dispersion conditions is extended under certain meteorological conditions and thus the time for the possible dilution of cumulated pollutants is shorter. The evaluation of the air pollution development in the foothills of the “Krušné hory” Mountain during the gradual filling of the Lake in the years 2008 to 2013 proved an anomalous increase in the number of the days with the exceeded limit of the 24-hour average of the PM₁₀ concentration of aerosol particles on the stations in the vicinity of Lake Most in the comparison with the other stations in the region. This situation was typical for the spring and summer months of the years 2010 to 2013. The similar phenomenon was not detected within the years 2008 and 2009, when only a small part of the Lake was filled. The subject of the current research is the classification of the real dispersion conditions in the context with the meteorological situation in the area and the selection of such situations in which a significant influence on the local air pollution can be expected thanks to the microclimate change. The model

¹ Jan Brejcha, Ing, Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., tř. Budovatelů 2830/3, 43401 Most, brejcha@vuhu.cz



evaluation will be done for such selected situations to evaluate their spatial extent and the significance of this influence.

Keywords

hydric reclamation, Most Lake, air quality PM_{10} , local climatic effect

1 ÚVOD

V severočeském regionu (Podkrušnohoří) dochází v současné době k postupnému dotěžování hnědouhelných lomů a k jejich následnému uzavírání. Plánovaný a realizovaný postup rekultivace v Podkrušnohoří spočívá ve vytváření umělých jezer určených převážně k rekreačnímu využití. Zároveň dochází k zalesnění okolí takto vzniklých vodních ploch. Rekultivace představuje významný pozitivní zásah do krajiny. Hodnocení kvality ovzduší v revitalizované lokalitě Jezera Most je jednou ze součástí komplexního projektu „Dopady na mikroklima, kvalitu ovzduší, ekosystémy vody a půdy v rámci hydrologické rekultivace hnědouhelných lomů“ č. TA 1020592. Řešení projektu v oblasti kvality ovzduší je zaměřeno na posouzení významnosti změn stavu ovzduší okolí jezera, ke kterým dochází v důsledku změn místního klimatu zájmového území. Jezero Most je postupně napouštěno od 24.10.2008 [1]. Nejvýznamnější složkou, která se podílí na znečištění ovzduší lokality, jsou aerosolové částice PM_{10} . Aerosolové částice (**P**articulate **M**atter) PM_{10} jsou částice, které projdou při odběru vzorku znečištěného vzduchu velikostně-selektivním vstupním odlučovacím zařízením, které vykazuje pro aerodynamický průměr 10 μm odlučovací účinnost 50% [2], [3]. Vyhodnocení vývoje koncentrace PM_{10} vychází z převzatých dostupných dat z měřicích stanic ČHMÚ [4], z let 2008 až 2013. Od roku 2012 jsou do hodnocení zahrnuta data ze stanic VÚHU a.s. z měření prováděných v rámci řešení projektu.

2 CHARAKTERISTIKA LOKALITY

Kvalitu ovzduší obecně ovlivňují dva faktory, kterými jsou množství emisí znejišťujících látek a rozptylové podmínky. Na znečištění ovzduší v regionu se podílí převážně spalovací zdroje. V jednotlivých obdobích lze považovat emise znejišťujících látek meziročně za přibližně vyrovnanou. Významný vliv na imisní situaci má proto v jednotlivých kalendářních letech četnost výskytu zhoršených rozptylových podmínek. Před vlastním vyhodnocením dopadů naplnění jezera

na imisní situaci okolí je nutné popsat podmínky, vlivy a procesy, které významně ovlivňují zhoršení rozptylových podmínek a dobu jejich trvání v lokalitě.

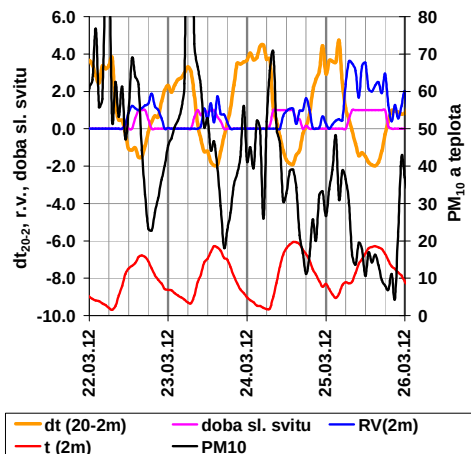
Jezero Most je položeno v poměrně nedokonale provětrávané centrální části severočeské pánve. Je obklopeno řadou významných zdrojů, např. Elektrárna Ledvice, Teplárna Komořany, Unipetrol RPA, skládka odpadů Celio. Nedokonalé provětrávání lokality souvisí uzavřením prostoru centrální části pánve mezi Krušnými horami a Českým středohořím. V období od října do února následujícího roku dochází v centrální části severočeské pánve (východní část okresu Most a západní část okresu Teplice) k častým několikadenním zhoršením rozptylových podmínek při vzniku teplotní inverze. Důsledkem je významné zvýšení úrovně koncentrace PM_{10} . Obvyklá je i vyšší úroveň koncentrací PM_{10} ve srovnání s lokalitami položenými mimo centrální oblast pánve. Lokálně mají významný vliv i malé zdroje, jako je individuální vytápění tuhými palivy a zejména v centrech městských aglomerací i automobilová doprava [5].

V závislosti na morfometrii zemského povrchu a na charakteru jeho pokryvu se vytváří místní klima, které se za určitých meteorologických podmínek může významněji lišit od okolního makroklimatu [6]. Lze předpokládat, že při změně charakteru zemského pokryvu v lokalitě jezera Most z těžební krajiny bez vegetace na vodní plochu s ozeleněným okolím, může být změna místního klimatu významně zřetelná. Z hlediska změny charakteru pokryvu zde má významnou roli zejména změna absorpce slunečního záření a intenzity zpětné dlouhovlnné radiace i změna intenzity výparu vody z povrchu.

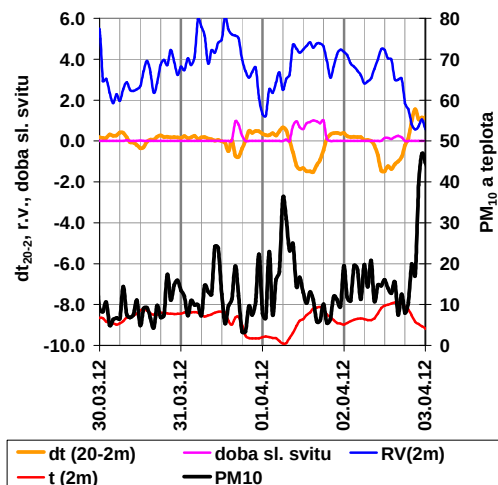
Rozptylové podmínky podmiňují promíchávání a ředění emisí zdrojů a tím ovlivňují úroveň imisních koncentrací. V případě dobrých rozptylových podmínek se emise znečišťujících látek v důsledku mechanické a termické turbulence průběžně rozptylují horizontálně a vertikálně do velkého prostoru [7]. Teplotní gradient je záporný (teplota se snižuje s výškou). V případě nepříznivých rozptylových podmínek (při vzniku teplotních inverzí) je rozptyl emise znečišťujících látek omezen výškou směšovací vrstvy, která souvisí s výškou vrstvy teplotní inverze. V inverzní vrstvě je kladný teplotní gradient (teplota se zvyšuje s výškou). Významně se na úrovni znečištění ovzduší podílí několikadenní trvání nepříznivých rozptylových podmínek. K těmto stavům dochází převážně v zimním období. Po celý rok však běžně dochází ke zhoršení rozptylových podmínek na přechodnou dobu během dne zejména v nočních a ranních hodinách v důsledku inverze teplotního zvrstvení vzniklého radiací (ochlazování dlouhovlnným vyzařováním zemského povrchu v nočních hodinách). Tomu v těchto dnech odpovídají i denní chody koncentrací znečišťujících látek. Na obr. 1 a obr. 2 jsou porovnány denní chody vybraných meteorologických veličin a koncentrace PM_{10} ze stanice Kopisty z období přechodně periodicky zhoršených rozptylových podmínek (22.3 - 27.3.2012) a z období dobrých rozptylových podmínek (30.3. - 2.4.2012). Vybrány byly meteorologické parametry, které významně ovlivňují nebo odrážejí lokální

rozptylové podmínky: **RV(2m)** - rychlost větru ve 2 m v m.s^{-1} , **t (2m)** - teplota ve 2 m nad terénem ve $^{\circ}\text{C}$, **dt (20–2m)** – výškový teplotní gradient (rozdíl mezi teplotami ve 2 a 20 m) ve $^{\circ}\text{C}$, **doba sl. svitu** - doba slunečního svitu v hodinách, **PM10** – koncentrace částic PM_{10} v $\mu\text{g.m}^{-3}$. Doba integrace veličin je 1 hodina.

Meteorologická data byla převzata z databáze výsledků měření observatoře Kopisty, kterou provozuje Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i.



Obr.1: Denní chody vybraných meteorologických veličin a koncentrace PM_{10} při přechodně zhoršených rozptylových podmínkách



Obr.2: Denní chody vybraných meteorologických veličin a koncentrace PM_{10} při dobrých rozptylových podmínkách

V noci se mění výškový teplotní gradient do kladných hodnot, snižuje se rychlost větru a koncentrace znečišťujících látek v ovzduší se zvyšují. Ve dne, zejména při osvětlení sluncem, se výškový teplotní gradient vrací do záporných hodnot, zvyšuje se rychlost větru a znečišťující látky v ovzduší se postupně rozptylují do většího prostoru [7]. Za určitých podmínek může jezero stabilizovat teplotu přízemní vrstvy okolí a tím lokálně ovlivnit dobu trvání zhoršených rozptylových podmínek, což se může odrazit i na úrovni znečištění ovzduší. Nejvýznamněji se tento vliv projeví ve dnech, kdy zhoršené rozptylové podmínky trvají pouze část dne v obdobích, kdy teplota vody v jezeře je trvale významně nižší než teplota okolního vzduchu (jaro a léto). Při opakování těchto situací může být ovlivněna nepříznivě imisní hladina látek, jejichž koncentrační úroveň se v lokalitě vyskytuje v okolí hodnoty imisních limitů. V lokalitě jezera Most to jsou aerosolové částice PM_{10} .

3 HODNOCENÍ VLIVU NAPLNĚNÍ JEZERA NA IMISNÍ SITUACI OKOLÍ

Při zhodnocení vývoje imisní situace na vybraných měřicích stanicích severočeské pánve v průběhu napouštění jezera Most (2008 až 2013) bylo zjištěno anomální zvýšení počtu překročení imisního limitu pro 24-hodinové koncentrace aerosolových částic PM_{10} na stanicích dislokovaných v okolí jezera Most (stanice

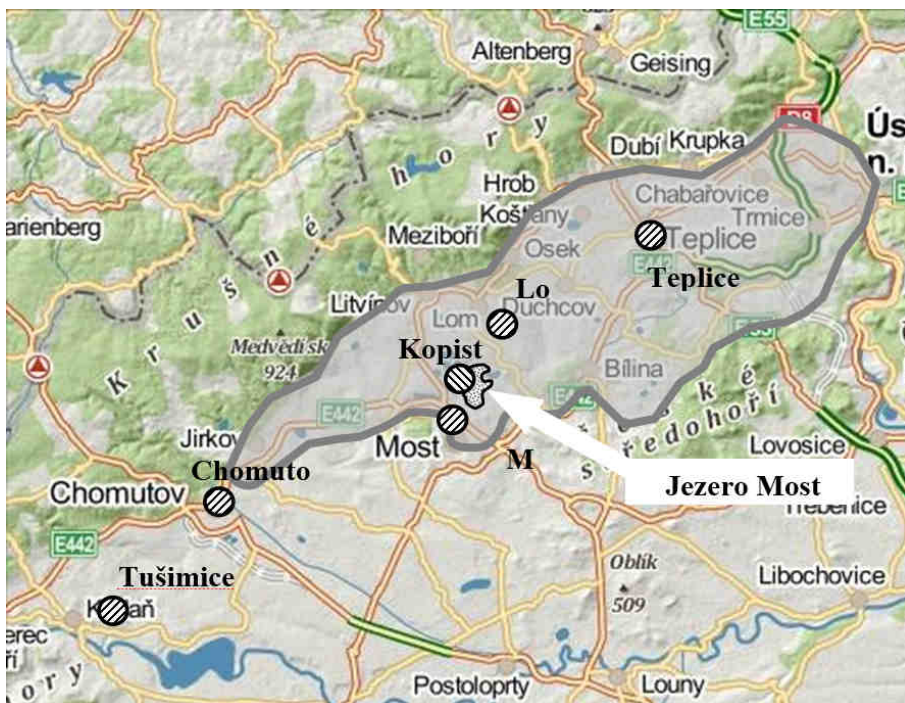


Most-ČHMÚ a Kopisty-VÚHU) v jarních a letních měsících let 2010 až 2012 oproti ostatním stanicím v regionu. V roce 2013 byla tato anomalie méně významná.

Tab. 1: Porovnání stavu naplnění jezera v období 2008 až 2013 s vývojem imisní situace na vybraných měřicích stanicích v regionu

rok	plocha hladiny [ha]	objem vody [mil.m ³]	počet překročení I.L. (jaro a léto)					
			Tušimice	Chomutov	Most	Kopisty	Lom	Teplice
2008	25	2	0	0	3	-	5	0
2009	84	15	7	4	8	-	19	4
2010	171	37	1	0	9	-	2	0
2011	255	58	0	0	12	-	0	0
2012	298	72	0	0	11	6	1	0
2013	298	72	0	3	7	8	6	0

V tabulce 1 je porovnáván stav naplnění jezera v období 2008 až 2013 s vývojem imisní situace na jezeru nejbližších měřicích stanicích i s na vybraných měřicích stanicích lokalizovaných v prostoru severočeské pánve. Hodnotícím kritériem byl počet překročení 24-hodinového imisního limitu pro PM₁₀ (50 µg.m⁻³) [2]. Stanice provozuje ČHMÚ. Data byla převzata z tabelárních ročenek nebo nevalidovaných přehledů (2013) uveřejněných na internetových stránkách ČHMÚ [4]. Od roku 2012 je jsou zde použita i data ze stanice Kopisty-VUHU. Poloha stanovišť je vyznačena na obr. 3. Prostor zhoršeného provětrávání je vymezen světle šedou barvou a ohraničen tmavě šedou čarou [8].

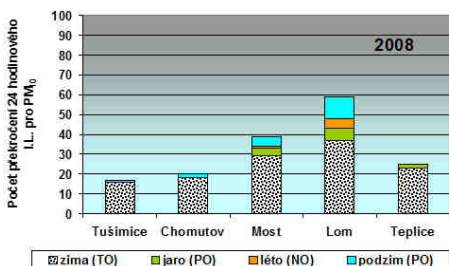


Obr. 3: Poloha vybraných měřicích stanic v severočeské pánvi

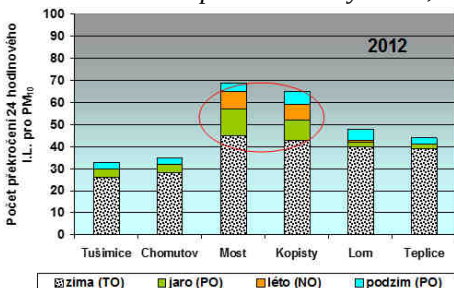
Anomální zvýšení úrovně znečištění v okolí jezera v jarních a letních měsících v letech 2010 až 2013 lze vysvětlit dvěma způsoby:

- jedná se o náhodnou souvislost mezi stavem naplnění jezera a meziroční prostorovou fluktuací úrovně sezónního znečištění ovzduší v lokalitě.
- vodní plocha stabilizuje okolní atmosféru. Důsledkem může být za určitých meteorologických podmínek prodloužení doby denních přechodně zhoršených lokálních rozptylových podmínek a tím i zkrácení doby možného rozředění nakumulovaných znečišťujících látek.

Na obrázcích 4 a 5 je porovnán stav naplnění jezera s počtem překročení imisního limitu pro 24-hodinové koncentrace PM_{10} na jezeru nejbližších měřicích stanicích a na vybraných měřicích stanicích lokalizovaných v prostoru severočeské pánve [4] v roce 2008 před zahájením napouštění jezera a v roce 2012 před dokončením napouštění jezera. Grafy jsou doplněny obrázky stavu naplnění jezera [9].



Obr. 4: Porovnání stavu naplnění jezera s počtem překročení imisního limitu pro 24 hodinové koncentrace PM_{10} na vybraných stanicích v jednotlivých ročních obdobích v roce 2008 (snímek z 10/2008 – před zahájením řízeného napouštění, plocha hladiny 25 ha, objem vody 2 mil.m³) [9]



Obr. 5: Porovnání stavu naplnění jezera s počtem překročení imisního limitu pro 24 hodinové koncentrace PM_{10} na vybraných stanicích v jednotlivých ročních obdobích v roce 2012 (snímek z 5/2012, plocha hladiny 298 ha, objem vody 72 mil.m³) [9]

Další řešení projektu je proto zaměřeno na:

- zjištění kombinace meteorologických podmínek, při kterých může k tomuto ovlivnění docházet
- stanovení doby trvání tohoto vlivu
- stanovení významu tohoto vlivu na úroveň znečištění ovzduší v komunální zástavbě severovýchodní části Mostu

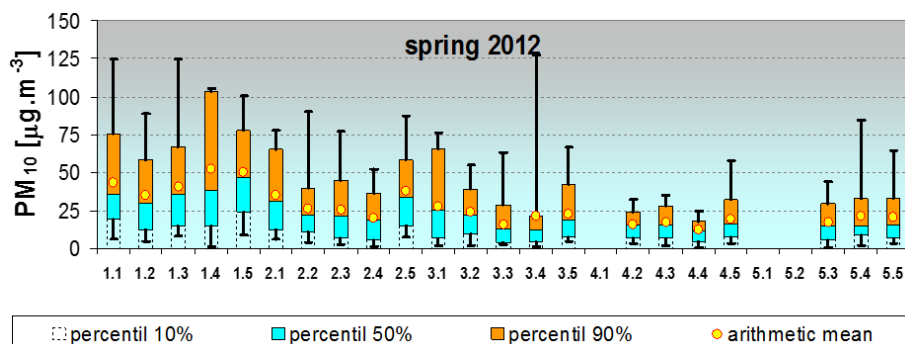
Vyhodnocení vývoje imisní situace se provádí na základě porovnání databáze meteorologických dat z observatoře Kopisty Ústavu fyziky atmosféry ČAV a databáze výsledků měření znečištění ovzduší a doprovodných meteorologických veličin z období 2008 až 2013. Doba integrace dat je 1 hodina. Databáze představuje matici o 56 sloupcích (imisní a meteorologické veličiny z vybraných stanic)

a o 56 000 řádcích. Pro prvotní šetření byla data z jednotlivých (klimatologických) ročních období let 2008 až 2013 byla roztržena do 25 tříd rozptylových podmínek podle rychlosti větru ve 2m a teplotního gradientu mezi 2 a 80 m. Třídy jsou označeny kódem X.Y (X = rychlost větru, Y= teplotní gradient). Rozsahy parametrů jsou uvedeny v tabulce 2.

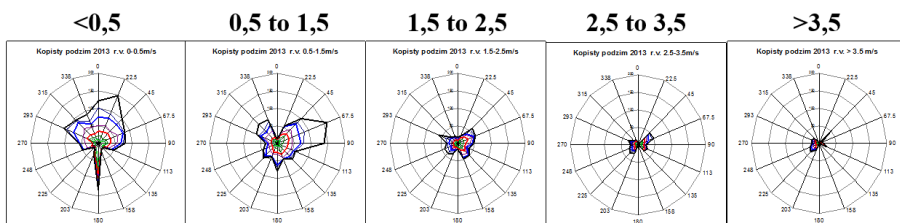
Tab 2: Rozsahy třídících parametrů

rychlost větru [m/s]		teplotní gradient v přízemní vrstvě atmosféry [°C/100m]	
třída	rozsah	třída	rozsah
1	<0,5	1	>1,6
2	0,5 až 1,5	2	0,7 až 1,6
3	1,5 až 2,5	3	-0,5 až 0,7
4	2,5 až 3,5	4	-0,8 až -0,5
5	>3,5	5	<-0,8

Jako příklad výstupů uvádíme na obrázku 6 porovnání hodnot percentilů koncentrací PM₁₀ v jednotlivých třídách rozptylových podmínek a na obrázku 7 porovnání koncentračních růžic PM₁₀ v jednotlivých třídách rychlosti větru (percentily 98%, 95%, 90%, 50%, 10%, 5%, 2%) z období “jaro 2012” ze stanice Kopisty.



Obr. 6: Porovnání hodnot percentilů koncentrací PM₁₀ v jednotlivých třídách rozptylových podmínek – jaro 2012, Kopisty



Obr. 7: Porovnání koncentračních růžic PM_{10} v jednotlivých třídách rychlosti větru (hodnoty percentilů 98%, 95%, 90%, 50%, 10%, 5%, 2%) z období “jaro 2012” ze stanice Kopisty.

4 SHRnutí

V letech 2010 až 2013, tj. v době, kdy již byla naplněna větší část jezera, bylo zjištěno, že v jarním a letním období došlo k anomálnímu zvýšení počtu překročení imisního limitu pro 24-hodinové hodnoty koncentrace PM_{10} na stanovištích v okolí jezera Most (stanice Most – vzdálenost od okraje jezera 1,6 km a v roce 2012 i stanice Kopisty – vzdálenost od okraje jezera 1,2 km) oproti ostatním porovnávaným stanovištím v regionu. V letech 2008 a 2009 kdy byla napuštěna pouze malá část jezera, tento jev zjištěn nebyl. Anomální zvýšení úrovně znečištění v okolí jezera v jarních a letních měsících v letech 2010 až 2013 lze vysvětlit dvěma způsoby. Jedná se buď o náhodnou shodu mezi stavem naplnění jezera a meziroční prostorovou fluktuací úrovně sezónního znečištění ovzduší v lokalitě, nebo vodní plocha stabilizuje okolní atmosféru. Důsledkem toho může být za určitých meteorologických podmínek prodloužení doby denních přechodně zhoršených lokálních rozptylových podmínek a tím i zkrácení doby možného rozředění nakumulovaných znečišťujících látek. Detailní rozbor příčin zvýšení úrovně znečištění v okolí jezera v jarních a letních měsících je zaměřen na zjištění meteorologických podmínek a jejich denních průběhů (průběh a úroveň teploty, doba a intenzita slunečního záření, směr a rychlost větru, relativní vlhkost, výškový teplotní gradient apod.), při kterých může k tomuto lokálnímu jevu docházet, a navazuje na poznatky části projektu, která hodnotí mikroklima lokality.

Poděkování

Tento výzkum je realizován v rámci projektu výzkumu a vývoje č. TA 1020592 “Dopady na mikroklima, kvalitu ovzduší, ekosystémy vody a půdy v rámci hydrologické rekultivace hnědouhelných lomů“, který je podporován Technologickou agenturou České republiky.

Literatura

- [1] KRUŽÍKOVÁ L: *Vývoj napouštění jezera Most*, sborník konference Jezera a mokřady ve zbytkových jamách po těžbě nerostů, Most, 04/2013, str. 89 – 93, ISBN 978-80-260 -4172-6
- [2] Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší
- [3] ČSN EN 12341 Kvalita ovzduší - Stanovení frakce PM₁₀ aerosolových částic - Referenční metoda a postup při terénní zkoušce ověření požadované těsnosti shody mezi výsledky hodnocené a referenční metody, Český normalizační institut, duben 2000, ICS 13.040.20
- [4] <http://portal.chmi.cz>
- [5] BREJCHA J., SVOBODA P., VÁGNEROVÁ M., VAIDIŠOVÁ L.: *Air quality in the revitalized locality of the most lake*, Konference 13th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2013 - proceedings Energy and Clean Technologies, June, 2013, Bulgaria, Albena, Pages 527-534, ISBN 978-619-7105-04-9, ISSN 1314-2704
- [6] VYSOUDIL, M.: *Klasifikace místních klimatických efektů*, Geografický časopis 61(2009) 3, Geografický ústav SAV, 2009, Pages 229-241, ISSN 0016-719
- [7] PAVLICOVÁ, I.: *Teplotní inverze v oblasti Ostravské průmyslové aglomerace*, Diplomová práce, Masarykova universita v Brně, Brno 2007
- [8] <http://www.ufa.cas.cz/vetrna-energie/vetrna-mapa>
- [9] http://www.pku.cz/pku/site.php?location=5&type=napousteni_most,



VÝZNAM OBNOVY VODNÍCH PLOCH V KRAJINĚ Z HLEDISKA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ

THE IMPORTANCE OF THE RESTORATION OF WATER BODIES IN
LANDSCAPE FROM THE POINT OF VIEW OF WATER MANAGEMENT

Václav David¹, Tereza Davidová², Petr Koudelka³

Abstract

Water reservoirs are one of the most important factors which has strongly shaped the landscape in Czech Republic since 10th century. These were historically mainly fishponds founded for purposes of fish production. Their number had been changing a lot and many of them ceased to exist. The retention of the landscape is discussed a lot mainly with respect to floods and droughts which are expected to become more frequent as a result of climate change. One of possible ways to increase water retention in the landscape is building of small water reservoirs. The number of suitable profiles is limited in Czech Republic and the restoration of extinct ponds is considered as a good way to hold water in the landscape.

The number of extinct ponds is very high. This paper presents the results of analysis carried out in order to identify extinct ponds situated in locations with low water income. Further criterion consisted in the spatial density of water bodies in surrounding area. By this analysis, in total 279 extinct ponds were identified in regions which are potentially endangered by water shortage and which are located in areas with low presence of water bodies. For these the restoration can be considered as desirable if there are not facts which avoid it. The number is relatively high which means that the restoration of extinct ponds is an important possibility to increase landscape retention.

¹ Ing. Václav David, Ph.D., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, Thákurova 7, Praha 6 - Dejvice, email: vaclav.david@fsv.cvut.cz

² Ing. Tereza Davidová ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, Thákurova 7, Praha 6 - Dejvice, email: tereza.davidova@fsv.cvut.cz

³ Ing. Petr Koudelka, Ph.D., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, Thákurova 7, Praha 6 - Dejvice, email: koudelka@fsv.cvut.cz



Keywords

Extinct pond, water bodies, water management, flood, drought, climate change

1 ÚVOD

Jedním z předpokládaných dopadů očekávaných klimatických změn na území České republiky je změna v rozložení srážek, která se má projevit jednak častějším výskytem povodňových událostí s vyššími hodnotami průtoků a čtenějšími a déle trvajícími období sucha [1]. Nejčastěji diskutovaným prostředkem, který by měl negativní dopady těchto hydrologických extrémů snižovat, je zvyšování retenční schopnosti krajiny. Například Kvítek [2] uvádí jako nejvhodnější prostředek ke zvyšování retence půdy. Byť s některými uváděnými skutečnostmi by bylo možné polemizovat, půdu jako prostředek pro retenci krajiny je nutno uvažovat jako jeden z nejdůležitějších faktorů. Na druhou stranu má i půdní prostředí z hlediska retenční kapacity své limity a mimo to je nutno rozlišovat účely, pro něž je retenční schopnost zvyšována. Proto je nutno chápat retenci v širším kontextu a z toho důvodu je vhodné uvažovat i další prostředky jejího zvýšení.

Velmi významným prostředkem zvýšení celkové retence v krajině jsou vodní plochy. V tomto případě je z určitého pohledu nutno rozlišovat vodní plochy velkých nádrží (přehrad) a menší vodní plochy rozptýlené v krajině. V případě přehrad se jedná o velmi velké objemy zadržené vody a zpravidla i retenčního prostoru, které jsou však koncentrovány vždy v jednom místě. Z pohledu vodního hospodářství tak jsou významné především s ohledem na průtokový režim velkých vodních toků. Nejmarkantnějším příkladem je Vltavská kaskáda, v roce 2002 dokázala transformovat v srpnu první povodňovou vlnu, která dosahovala magnitudy 500-leté vody, tak, že v Praze nepřekročila Vltava průtok s dobou opakování 5 let [3]. Oproti tomu jsou menší nádrže významné s ohledem na menší toky, byť princip jejich působení je jiný, a to z několika důvodů. Tím prvním je skutečnost, že tyto nádrže jsou zpravidla bezobslužné. Díky tomu není zpravidla možné dosáhnout významnější transformace prostřednictvím manipulace s hladinou vody v nádrži. Dalším faktem je, že vzhledem k velikosti nádrží je jejich ovladatelný retenční objem zpravidla velmi malý, velmi často je dokonce nulový, jelikož úroveň hladiny normálního nadržení je navrhována na úroveň přelivné hrany bezpečnostního přelivu, aby bylo dosaženo co největšího objemu zásobního prostoru. I s tím souvisí obecně relativně malá transformační schopnost malých vodních nádrží, byť v případě soustav zahrnujících i větší rybníky nelze zanedbat ani jejich transformační funkci [4]. Na druhou stranu je nutno vyzdvihnout význam

malých vodních nádrží s ohledem na suchá období. V těchto obdobích je voda zadržena malými vodními nádržemi významná jak s ohledem na zajištění minimálních průtoků ve vodotečích, tak s ohledem na dostupnost vody pro nejruznější účely. Velkou výhodou je v tomto případě rozptýlení nádrží v krajině.

Aktivita související s budováním vodních ploch v krajině i s ohledem na výše uvedené skutečnosti narůstají, přičemž jsou mimo jiné podporovány formou různých dotačních programů. Jelikož možnosti budování velkých vodních nádrží jsou velmi omezené, soustřeďují se tyto aktivity na malé vodní nádrže [5]. I v tomto případě jsou však možnosti omezené. Z tohoto důvodu je nutno brát v úvahu i obnovu nádrží zaniklých, jelikož v tomto případě je možno s výhodou využít původních těles hrází i proto, že profily, v nichž se nádrže historicky nacházely, jsou zpravidla svou morfologií k tomuto účelu vhodné.

Mapováním zaniklých nádrží se zabývá výzkumný projekt NAZV KUS QJ1220233 „Hodnocení území na bývalých rybníčních soustavách (vodních plochách) s cílem posílení udržitelného hospodaření s vodními a půdními zdroji v ČR“. V rámci řešení tohoto projektu jsou pak identifikované zaniklé rybníky posuzovány z různých hledisek tak, aby bylo možno doporučit jejich optimální budoucí využití zejména s ohledem na hospodaření s půdními a vodními zdroji. Posuzovány byly mimo jiné aspekty ochrany přírody [6], dostupnost vody pro účely hašení lesních požárů [7] nebo současné využití ploch zaniklých rybníků [8]. V celkovém hodnocení zaniklých rybníků je pak akcentována možnost zvýšení celkové retence krajiny [9]. Jedním z dalších významných kritérií, která je nutno při takovémto multikriteriálním hodnocení brát v úvahu, je dostupnost vody pro nejruznější účely, zejména pak pro zemědělství. V tomto ohledu jsou významnými faktory hodnoty srážkových úhrnů, teploty a stávající hustota vodních ploch v dané lokalitě. Tento příspěvek prezentuje výsledky analýzy zaměřené na uvedený typ posouzení.

2 METODIKA

S ohledem na cíl prováděných analýz je nejvýznamnějším faktorem množství srážek v daném území. Nejjednoznačnějším ukazatelem je v tomto případě průměrný roční srážkový úhrn (P_o). Ten definuje množství vody dostupné pro další využití. Dalším významným faktorem, který je nutno brát v úvahu, jsou teploty, jelikož ty ovlivňují proces evaporace, který uvedené množství vody snižuje. Jedním z ukazatelů, které teplotní poměry v území charakterizují, je hodnota průměrné teploty (T_o). Pomocí těchto dvou ukazatelů je možno orientačně posoudit dostupnost



vody v každé uvažované lokalitě. Vzhledem k tomu, že cílem je posouzení potřebnosti zvýšení zastoupení vodních ploch v území obnovou zaniklých rybníků, je však nutno brát v úvahu i stávající stav, tedy zastoupení vodních ploch v krajině. To lze hodnotit v každém bodě například pomocí hustoty ploch v daném okruhu, tedy poměrem vodních ploch k ploše uvažovaného okruhu (SD_n – plošná hustota vodních ploch v okruhu n km). Tento ukazatel však je značně ovlivňován výskytem velkých vodních ploch v případě malých hodnot n . V případě vysokých hodnot n pak je jeho vypovídací hodnota poměrně nízká s ohledem na posuzování malých vodních ploch. Alternativně lze použít euklidovskou vzdálenost (l_e) k nejbližší vodní ploše. Tento ukazatel dobře vyhovuje cíli spočívajícímu v posouzení možností zvýšení hustoty vodních ploch bez uvažování jejich velikosti.

Pro potřeby dalších analýz byl nejprve proveden rozbor všech identifikovaných zaniklých rybníků s ohledem na uvažované parametry. K tomuto účelu byla použita vrstva rybníků zakreslených na mapách z období 2. vojenského mapování. Ty jsou nejstarším kompletním mapovým podkladem s dostatečnou přesností a podrobností k danému účelu [10].

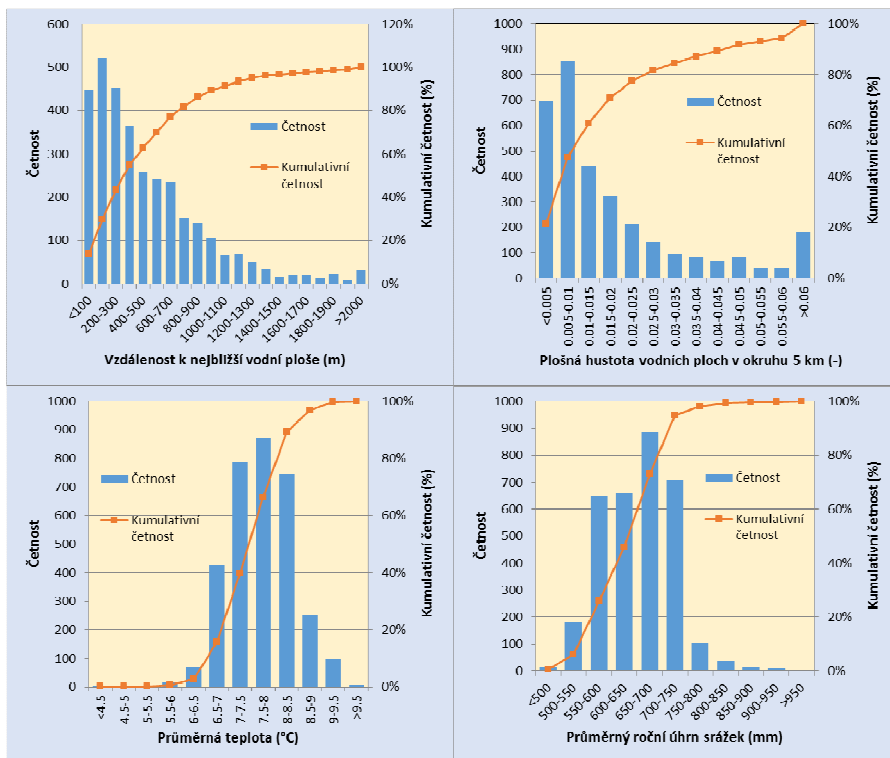
Na pracovišti Univerzity Palackého v Olomouci bylo zdigitalizováno celkem 11 064 ploch větších než 0.5 ha. Z tohoto množství bylo celkem 3 267 ploch vyhodnoceno jako kompletně zaniklých s tím, že se v daném místě v současnosti nenachází ani jiná vodní plocha. Pro všechny tyto plochy byly v prvním kroku stanoveny hodnoty zmíněných čtyř ukazatelů a pro soubor byly vytvořeny histogramy četností. Ty jsou znázorněny na Obr. 2.

Z hodnocení ročních srážkových úhrnů vyplývá, že více než čtvrtina ploch se nachází v oblastech s úhrnem menším než $600 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$, což je množství, které lze považovat za limitní pro zemědělskou výrobu. Hodnoty v souboru se pohybují v rozsahu od 485 do $1\,075 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$, přičemž hodnoty pro celou republiku dosahují až více než $1\,300 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$.

V případě průměrných teplot se hodnoty v souboru pohybují v rozmezí 4.4 až 9.6°C , zatímco pro území celé České republiky začíná rozsah na hodnotě 1.3°C . Průměrná hodnota i medián pro soubor pak činí 7.7°C , pro území celé republiky 7.4°C . Obecně roste s narůstající teplotou výpar, a tudíž se snižuje množství dostupné vody. U tohoto ukazatele nelze stanovit limitní hodnotu, jelikož se jedná o vliv sekundární.

Co se týče hustoty vodních ploch, byly primárně uvažovány dva ukazatele: SD_5 a l_e . V případě analyzovaného souboru se hodnoty SD_5 pohybují od 0 do téměř 27 %, ovšem průměr dosahuje 1.9 % a medián 1.1 %. Celková hustota stávajících vodních ploch v České republice činí 1.06 %, což je hodnota blízká mediánu souboru. Vzdálenosti k nejbližší vodní ploše se pohybují od 0 do téměř 3.5 km

s průměrem 480 m a mediánem 350 m. V obou případech nelze jednoduše stanovit limitní hodnotu, ovšem je zřejmé, že vysoké hodnoty l_e a nízké hodnoty SD_5 znamenají, že vytvoření vodní plochy případnou obnovou zaniklých nádrží je v těchto případech více žádoucí než v případě, že je zastoupení vodních ploch v území vyšší. V návaznosti na to byl stanoven takový postup, že nejprve byly identifikovány zaniklé nádrže, které se nachází v území s nízkými srážkovými úhrny a vyšší průměrnou teplotou a z těch pak byly vybrány ty, které se nachází v území s malým zastoupením vodních ploch.



Obr. 2: Histogramy četností pro uvažované ukazatele: průměrné srážky (vlevo nahoře), průměrná teplota (vpravo nahoře), plošná hustota vodních ploch v okruhu 5 km (vlevo dole) a vzdálenost k nejbližší vodní ploše (vpravo dole).

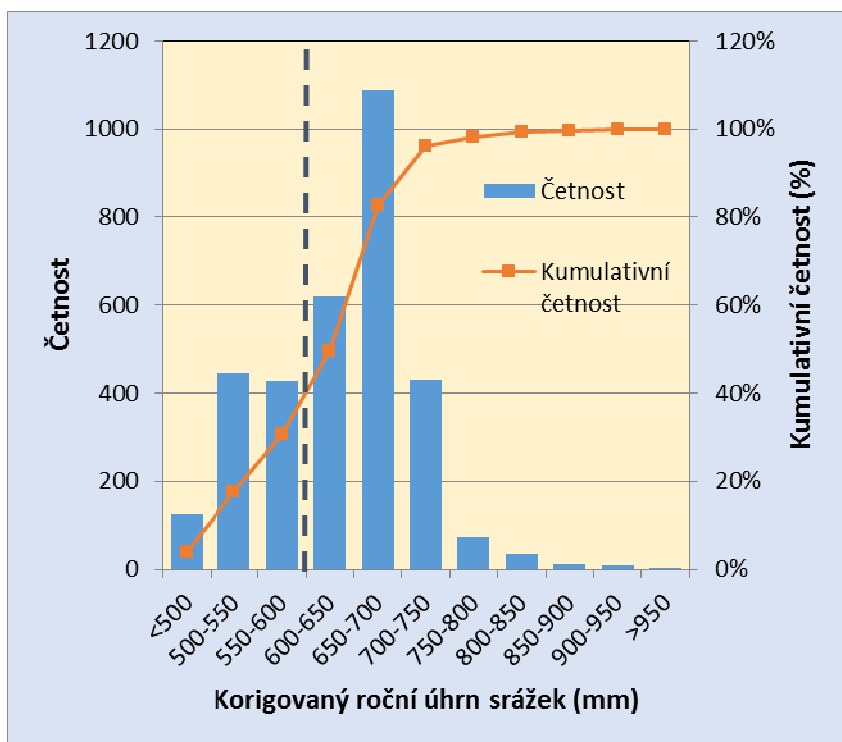


3 VYHODNOCENÍ

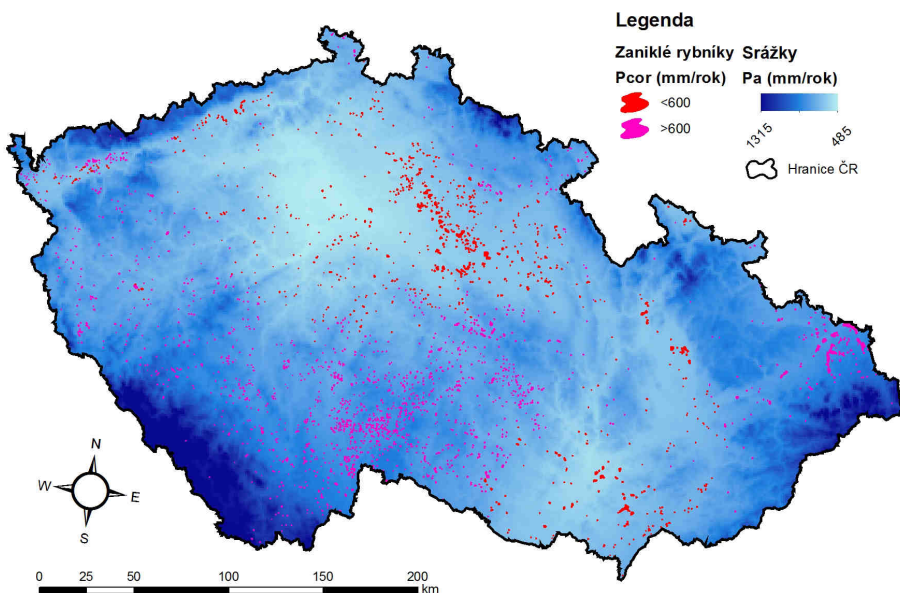
Jak bylo uvedeno v předchozí kapitole, byl stanoven postup vycházející nejprve z posouzení dostatku vody. Ten je založen primárně na hodnotách průměrných ročních srážkových úhrnů, v druhé řadě jsou pak zahrnuty korekce těchto úhrnů pomocí průměrných teplot. Hodnota korekce byla stanovena na 40 mm na 1°C nad hodnotu republikového průměru, tedy 7.4 °C. Tuto korekci vyjadřuje rovnice (1).

$$P_{cor} = P_a - (T_a - 7.4) \cdot 40 \quad \forall T_a \geq 7.4 \quad (1)$$

Po aplikaci korekce došlo ke změně počtu nádrží v lokalitách s množstvím srážek menším než 600 mm·rok⁻¹ z 846 na 1000, což představuje přes 30 % z celkového počtu. Výsledné rozdělení četností je znázorněno na Obr. 3. Na mapě na Obr. 4 jsou zaniklé rybníky znázorněny nad vrstvou průměrných ročních srážkových úhrnů. Z mapy je patrné, že největší koncentrace zaniklých rybníků s hodnotou P_{cor} nižší než 600 mm·rok⁻¹ je ve východních Čechách, četnější výskyt je dále soustředěn také na Olomoucku, jižní Moravě a v Podkrušnohoří.



Obr. 3: Histogram četností pro korigované srážkové úhrny v lokalitách zaniklých rybníků.

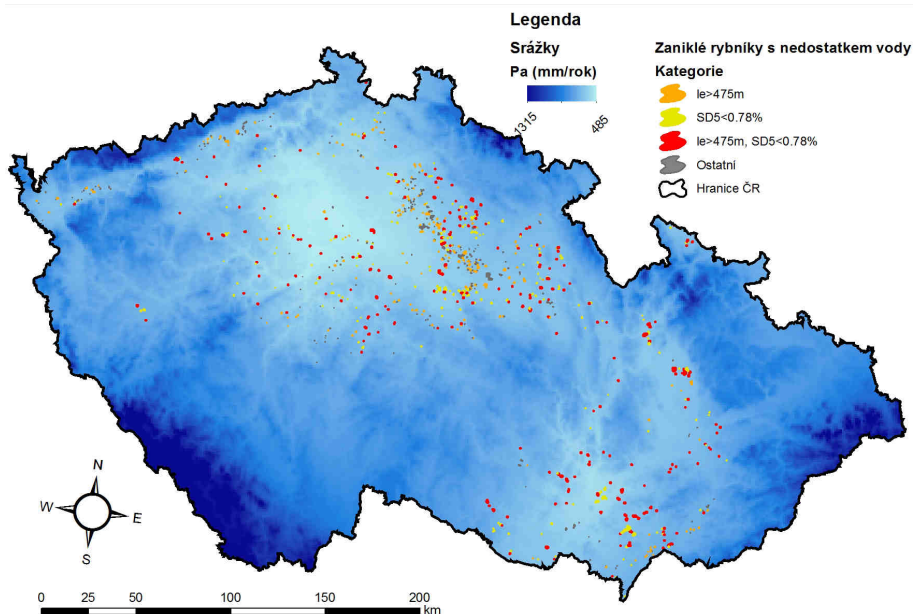


Obr. 4: Znáznornění zaniklých rybníků na podkladu průměrných ročních srážkových úhrnů se zvýrazněním těch, u kterých je hodnota P_{cor} nižší než $600 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Dalším krokem hodnocení bylo zohlednění zastoupení vodních ploch v okolí každé zaniklé nádrže s nízkými srážkami. Pro tento účel byly opět zpracovány frekvenční analýzy pomocí histogramů na souboru redukovaném na prvky s $P_{cor} < 600 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$. Pro vymezení nádrží nejvhodnějších k obnově s ohledem na daný cíl bylo využito hodnot mediánu. Ten činí 0.78 % pro hustotu vodních ploch v okolí 5 km a 475 m pro vzdálenost k nejbližší vodní ploše.

Po aplikaci těchto limitů byl redukovaný soubor rozdělen do 4 kategorií:

- zaniklé rybníky s velkou vzdáleností k nejbližší vodní ploše
- zaniklé rybníky v oblastech s nízkou hustotou vodních ploch
- zaniklé rybníky v oblastech s nízkou hustotou vodních ploch a velkou vzdáleností k nejbližší vodní ploše
- ostatní zaniklé rybníky v oblastech s nízkým přísunem vody



Obr. 5: Kategorizace zaniklých rybníků z hlediska hustoty vodních ploch.

Dosažené výsledky ukazují, že celkem 279 zaniklých rybníků se nachází v lokalitách, kde je nízká hustota vodních ploch a současně se v blízkosti nenachází žádné stávající vodní plochy. Celková plocha těchto zaniklých rybníků činí 1 877 ha. Dalších 228 se nachází v lokalitách s nízkou hustotou vodních ploch ale v blízkosti stávající vodní plochy a 223 ve vzdálenosti větší než 475 m od nejbližší vodní plochy ale v lokalitě s celkově nízkou hustotou vodních ploch.

4 ZÁVĚR

Provedené analýzy je nutno považovat především za orientační, jelikož použité limitní hodnoty byly stanoveny na základě statistického posouzení a ne na základě skutečné potřeby. I přesto je však možné konstatovat, že nádrže identifikované v lokalitách s nízkou hustotou vodních ploch a situované ve vzdálenosti větší než 475 m od nejbližší vodní plochy by bylo vhodné obnovit, jelikož by se tím zvýšila celková retence i dostupnost vody v těchto lokalitách. Ty se nachází zejména ve východních Čechách a na jižní Moravě. Potřeba zvýšení zastoupení vodních ploch



na jižní Moravě koresponduje i s poznatky získanými v rámci terénních průzkumů od obyvatel na Moravskobudějovicku. Zde je nutno zdůraznit, že zdaleka ne všechny identifikované nádrže bude možno obnovit. Důvodů k tomu je řada, mimo jiné mezi ně patří výskyt zástavby v prostorách bývalé zátopy.

Uvedené počty nádrží je možno považovat za nezanedbatelné. Celková rozloha 279 zaniklých rybníků v lokalitách s nízkou hustotou vodních ploch a ve vzdálenosti větší než 475 od nejbližší vodní plochy činí 1 877 ha. Z toho důvodu je možné považovat obnovu zaniklých rybníků za vhodný způsob zvýšení retence vody v krajině zejména v oblastech, kde lze předpokládat nedostatek vody.

Další výzkum prováděný v souvislosti s řešením projektu bude nutno zaměřit mimo jiné na zpřesnění limitů s ohledem na vláhovou potřebu pro hlavní plodiny pěstované v jednotlivých oblastech a na zpřesnění korekčních hodnot pro zahrnutí teploty vycházející z fyzikálních modelů pro určení výparu.

Poděkování

Tento článek prezentuje výsledky řešení výzkumného projektu NAZV KUS QJ1220233 „Hodnocení území na bývalých rybníčních soustavách (vodních plochách) s cílem posílení udržitelného hospodaření s vodními a půdními zdroji v ČR“ financovaného Ministerstvem zemědělství ČR“.

Literatura

- [1] BATES, B.C., KUNDZEWICZ, Z.W., WU, S., PALUTIKOF, J.P. (eds.). *Climate Change and Water. IPCC Technical Paper IV*. Geneva: IPCC Secretariat. 2008. 210 s. ISBN 978-92-9169-123-4.
- [2] KVÍTEK, T. Nedávné povodně, současná sucha a retence vody. *Vodní hospodářství*, 12, 2013. s. 423-424.
- [3] ŘÍHA, J. Dams and floods in Czech Republic. In: BREGA, L., BUIL, J.M., BOFILL, E., DE CEA, J.C., GACIA PEREZ, J.A., Mañueco, G., Polimon, J., Soriano, A., Yagüe, J. *Dams and Reservoirs, Societies and Environment in the 21st Century*. Taylor & Francis. 2006. s. 193-198. ISBN 1-134-13850-4
- [4] LHOTSKÝ, R. *The role of historical fishpond systems during recent flood events*. Journal of Water and Land Development, 14, 2010. s. 49-65.
- [5] ČSN 752410 *Malé vodní nádrže*. Praha: Vydavatelství ÚNMZ. 2011. 48 s.
- [6] DAVID, V., VRÁNA, K., DAVIDOVÁ, T. *Aspects preventing the restoration of extinct ponds*. In: 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2014.



-
- [7] David, V., Davidová, T., Vrána, K., Vokurka, A., Pavelková Chmelová, R. *Obnova zaniklých nádrží v lesních porostech*. In: Konference Krajinné inženýrství 2014, Praha: Česká společnost krajinných inženýrů, 2014.
- [8] DAVID, V., DAVIDOVÁ, T. *Současné využití území na plochách zaniklých rybníků*. In: *Voda a krajina 2013*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, 2013, s. 67-75. ISBN 978-80-01-05318-8.
- [9] DAVID, V., VRÁNA, K., DAVIDOVÁ, T., PAVELKOVÁ CHMELOVÁ, R. *Posouzení retence území z pohledu možné obnovy zaniklých rybníků*. In: Konference Krajinné inženýrství 2013. Praha: Česká společnost krajinných inženýrů, 2013, s. 45-54. ISBN 978-80-87384-04-6.
- [10] ZIMOVÁ, R., PEŠTÁK, J., VEVERKA, B. (2006): *Historical military mapping of the Czech lands – cartographic analysis*. In: Proceedings of the First International Conference on Cartography and GIS. Borovets. s. 25-28.



MĚŘENÍ VODNÍ EROZE POMOCÍ DEŠŤOVÉHO SIMULÁTORU

MEASUREMENT OF WATER EROSION USING THE RAINFALL SIMULATOR

**Tereza Davidová, Barbora Janotová, Václav David,
Miroslav Bauer, Tomáš Dostál, Jan Devátý, Petr Kavka,
Josef Krása, Markéta Vláčilová¹**

Abstract

Rainfall simulators are commonly used to study rainfall-runoff and erosion processes in detail worldwide. Individual devices are very different from each other. Its construction and settings are trying to achieve the rainfall parameters which are close to the natural conditions. This paper presents the results obtained by 15 experiments for two plants (oat and wheat) measured in 2012 and 2013 with the rainfall simulator which has been constructed at the Department of Irrigation, Drainage and Landscape Engineering at the Czech Technical University in Prague in the year 2011. Canopy cover and LAI index are used for the vegetation description. In this paper, the influence on soil loss is clearly demonstrated. The influence on volume of surface runoff is not so clear, because the initial soil moisture content is also very important.

Keywords

Water Erosion, Surface Runoff, Vegetation, Canopy Cover, LAI Index

1 ÚVOD

S narůstajícím výskytem erozně účinných intenzivních srážek se vodní eroze v České republice stává stále významnějším problémem. Janeček uvádí, že přes 50% plochy zemědělsky využívaných pozemků je erozně ohroženo [1]. Během srážkové

¹ Tereza Davidová, Ing., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, Tháškova 7, 166 29, Praha 6, e-mail: tereza.davidova@fsv.cvut.

události dochází ke vzniku povrchového odtoku a transportu půdních částic, na jejichž povrchu jsou vázány různé živné látky. Významnou roli v množství transportovaných nutrientů představuje zrnitostní složení půdního smyvu, které se během srážkové události mění. Živiny jsou vázány především na jemné částice, které mají větší měrný povrch [2].

Důležitým faktorem ovlivňujícím intenzitu erozního procesu je vegetace. Rostlina chrání půdu několika způsoby: (i) svými listy brání přímému dopadu dešťových kapek na povrch půdy a zachytává na nich část dešťové srážky (intercepce), (ii) svými kořeny vytváří preferenční cesty pro infiltraci, (iii) stonky zpomaluje povrchový odtok [3]. Kořeny mají významný vliv na soudržnost půdy a dokáží chránit půdu i v počátku vegetačního vývoje rostliny [4].

Vegetační pokryvnost (Canopy Cover) je jedním z nejvíce využívaných vstupních parametrů simulačních modelů a empirických metod [5]. Používá se např. ke stanovení délky trvání jednotlivých období dílčí hodnoty C faktoru v USLE [6] a RUSLE [7], nejpoužívanějších empirických metod ke stanovení erozní ohroženosti v České republice. Kromě pokrytí povrchu má významný vliv na erozi také struktura plodiny. De Jong uvádí, že vegetace s vícepatrovou strukturou dokáže při intercepci zachytit o 10-20% více srážky [8]. Informaci o struktuře plodiny lze získat např. pomocí parametru Index plchy listové (Leaf Area Index) [9]. Oba tyto parametry byly sledovány během dvou let experimentálního měření a jsou využity k prezentaci výsledků v tomto příspěvku.

2 MATERIÁL A METODY

K měření vodní eroze byl využit dešťový simulátor Katedry hydromeliorací a krajinného inženýrství. Konstrukce simulátoru je popsána v [10]. K prezentaci výsledků jsou využita měření provedena v roce 2012 a 2013.

2.1 Lokalita

V roce 2012 a 2013 probíhala měření v blízkosti obce Třebešice ve Středočeském kraji (49°46'55.0"N, 14°49'48.4"E). Obec se nachází přibližně jedenáct kilometrů východně od Benešova ve Středočeském kraji. Lokalita experimentálního měření se nachází v mírně teplém, mírně vlhkém klimatickém regionu [10]. Průměrný roční srážkový úhrn se pohybuje mezi 550 a 750 mm [12].

V průběhu roku 2013 byly odebrány dva porušené vzorky (7. 6. 2013 a 10. 7. 2013), které byly použity pro sestavení čáry zrnitosti. Dle Novákovy klasifikace

byla půda zatříděna jako hlinitopísčité. Půdním typem v lokalitě je dle půdní mapy kambizem.

2.2 Průběh experimentu

Experiment probíhá na ploše s vegetací a na ploše s kultivovaným úhorem. Tato plocha je před každým experimentem znovu upravována dle metodiky [13].

Intenzita simulované srážky je nastavena pomocí přerušování zadeštění (elektromagnetický ventil otvírá či zavírá trysku). V zimě 2012 bylo navrženo několik režimů postřiku, které byly testovány [10]. Na základě výsledků byly zvoleny režimy pro jednotlivá experimentální měření, které jsou následně testovány v terénu. Základní parametry režimů postřiku použitých při prezentovaných simulacích jsou uvedeny v Tab. 1. Pro kontrolu homogenity postřiku se využívá tzv. Christiansenův index rovnoměrnosti (CU) [14].

Tab. 1: Základní parametry simulací v roce 2012 a 2013

Rok	Plodina	Tlak (bar)	Režim otvírání trysek (po 2 s)	Intenzita (mm.hod ⁻¹)	CU (%)
2012	Oves ozimý	0.8	1+3, 2+4	40	85
2013	Pšenice ozimá	0,6+1,4	1+3, 1+2+3+4, 2+4	70	87

2.2.1 Popis vegetace a půdních charakteristik

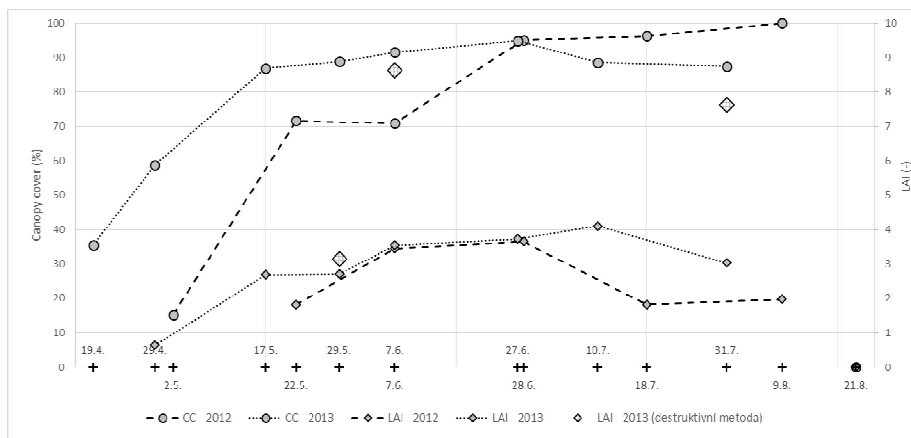
Vegetace je popisována pomocí dvou parametrů Canopy Cover (CC) a Leaf Area Index (LAI). Parametr CC vypovídá o procentu zakrytého povrchu vegetací. Pro stanovení tohoto parametru v terénu je použit kovový rám o ploše 1 m² spolu se snímkováním povrchu půdy a následně je provedena klasifikace v programu ArcGIS. LAI je parametr, který vyjadřuje poměr celkové plochy listů rostlin ku ploše, na které se rostliny nachází [9]. Při simulacích byl tento parametr měřen přístrojem LAI – 2000 Plant Canopy Analyzer. Měření je prováděno při každé simulaci na experimentální ploše s vegetací a v poli mimo tuto plochu. Hodnota mimo plochu slouží ke kontrole, zda není vegetace na experimentální ploše příliš měřením ovlivněna. V roce 2013 bylo provedeno kontrolní stanovení parametru destruktivní metodou sběru listů [14].

V rámci každé simulace je odebíráno 8 neporušených půdních vzorků pomocí Kopeckého válečků (cca 100 cm³). Následně je gravimetrickou metodou stanovena vlhkost půdy před i po simulaci.

Během simulace 7. 6. 2013 bylo v různých časech simulace na úhorové ploše odebráno celkem 5 směsných vzorků půdního smyvu pro stanovení zrnitostního složení.

2.3 Průběh změny parametrů vegetace během vegetační sezóny 2012 a 2013

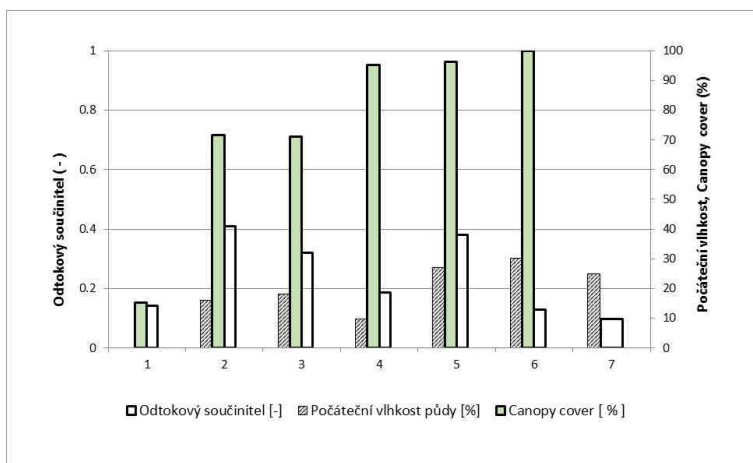
Průběh parametrů vegetace během roku 2012 a 2013 je velice podobný. Nárůst hodnoty CC byl velice rychlý a již během měsíce května a června dosahoval svého maxima. V roce 2012 (Obr. 1) došlo k poklesu hodnoty LAI vlivem dozrání a zežloutnutí plodiny. V roce 2013 je patrná stagnace parametru CC od poloviny května, ale nárůst parametru LAI až do poloviny července, což charakterizuje vývoj struktury plodiny. To, že přístroj LAI – 2000 vykazuje při žloutnutí vegetace podhodnocené hodnoty, dokazuje i kontrolní měření destruktivní metodou. Při měření č. 5 a 8 byla hodnota LAI indexu stanovena destruktivně dvakrát větší, než při měření přístrojem (viz. Obr. 1).



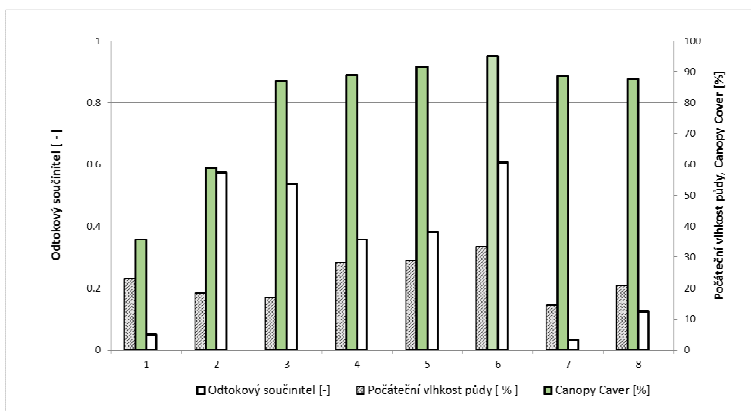
Obr. 6: Změna sledovaných parametrů vegetace v roce 2012 a 2013

2.4 Průběh změny objemu povrchového odtoku a půdní ztráty se změnou parametrů vegetace

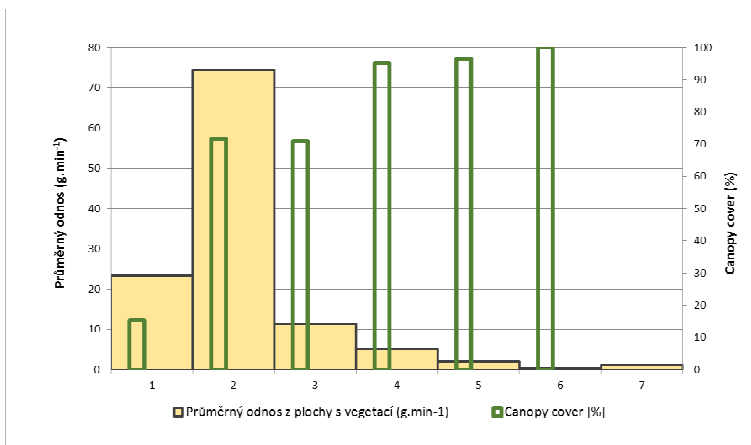
Vliv vegetace na povrchový odtok byl posuzován pomocí odtokového součinitele, neboť intenzity dosažené při jednotlivých simulacích nemohou být z technických důvodů úplně stejné. Jak je z Obr. 2 a Obr. 3 patrné, koresponduje velikost objemu povrchového odtoku spíše s počáteční objemovou vlhkostí půdy, a proto se nedá z těchto měřených dat vysledovat jasná závislost mezi povrchovým odtokem a rostoucí vegetací. Zcela opačná je situace při sledování změny růstu vegetace a půdní ztráty (viz Obr. 4 a Obr. 5). V průběhu obou roků není již od 4. simulace generován téměř žádný smyv z plochy s vegetací.



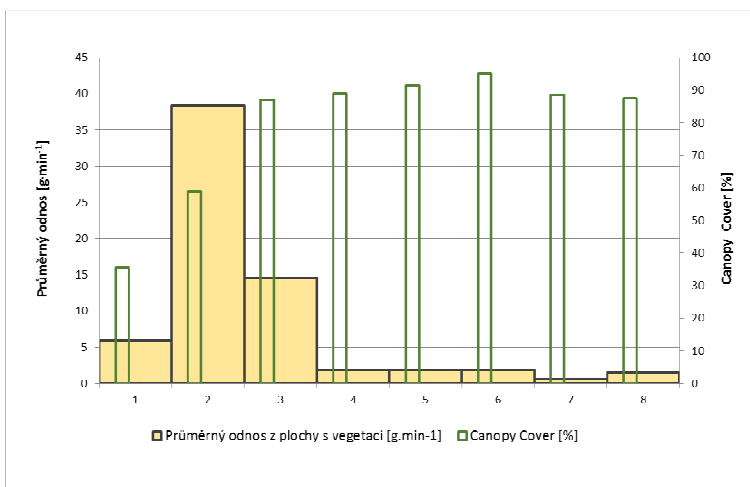
Obr. 7: Vliv rostoucí vegetace na povrchový odtok v roce 2012



Obr. 8: Vliv rostoucí vegetace na povrchový odtok v roce 2013



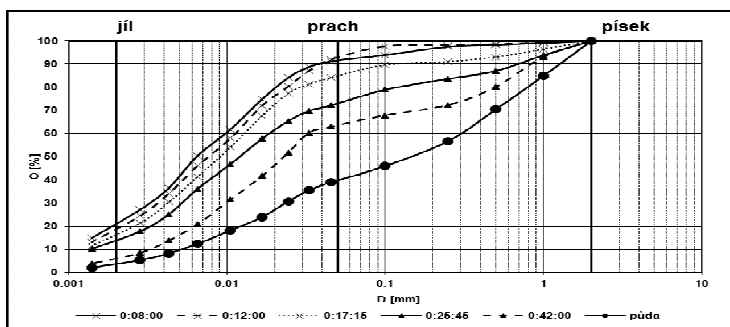
Obr. 9: Vliv rostoucí vegetace na ztrátu půdy v roce 2012



Obr. 10: Vliv rostoucí vegetace na ztrátu půdy v roce 2013

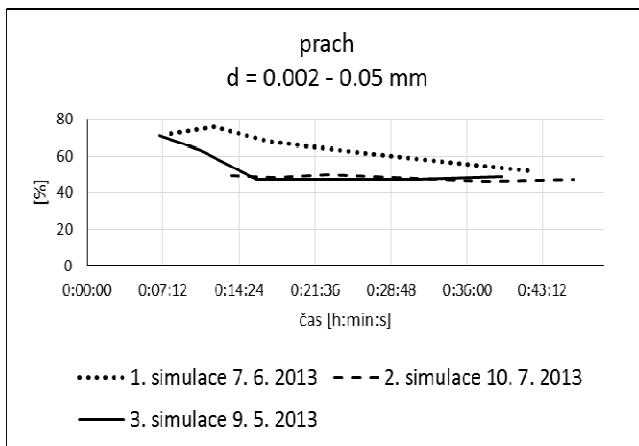
2.5 Průběh změn zrnitostního složení smyvu během simulace

Jednotlivé zrnitostní křivky smyvu během simulace 7. 6. 2013 jsou zobrazeny na Obr. 6. Z grafu vyplývá, že na počátku simulace dochází k transportu především jemných – prachových a jílovitých částic. Během trvání simulace (srážko-odtokové události) erozní schopnost povrchového odtoku roste. V důsledku toho podíl těchto jemných částic ve smyvu klesá na úkor hrubší frakce – písek. Během celé srážko-odtokové události trvající cca 45 minut je v transportovaném materiálu vždy větší zastoupení jemných frakcí než v půdním vzorku odebraném před simulací.

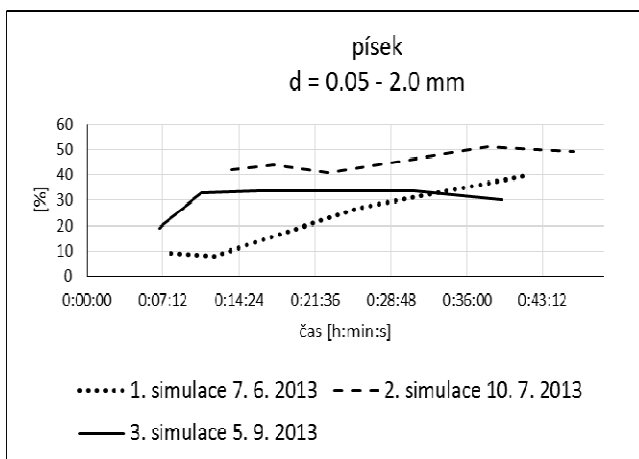


Obr. 11: Průběh zrnitostního složení smyvu během simulace 7. 6. 2013

Při zkoumání vývoje zrnitostního složení smyvu během srážko-odtokové události byl zjištěn charakteristický vývoj zastoupení prachové frakce a frakce písku (viz Obr. 7 a Obr. 8). V případě prachových částic (velikost 2 – 50 μm) dochází během experimentu k mírnému poklesu zastoupení těchto zrn ve smyvu. Naproti tomu dochází k poměrně výraznému zvýšení podílu písčitých částic (velikost 50 – 200 μm).



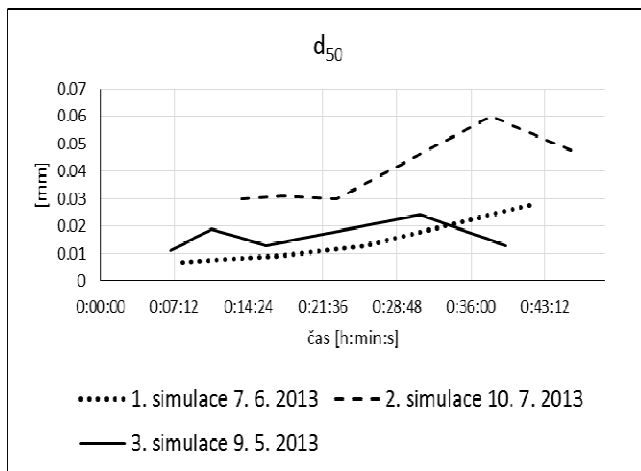
Obr. 12: Zastoupení prachových částic mírně klesá



Obr. 13: Zastoupení částic písku roste

Stejně charakteristický se ukazuje vývoj zrna d_{50} během srážko-odtokové události (viz Obr. 9), jehož velikost v čase poměrně výrazně roste.

Tyto skutečnosti jsou dány narůstajícím povrchovým odtokem, který je schopen transportovat postupně větší půdní zrna. Z tohoto důvodu během srážko-odtokové události dochází k poklesu podílu jemných frakcí (prach) ve smyvu a naopak dochází k nárůstu zastoupení hrubších frakcí (písek případně půdní skelet).



Obr. 14: Velikost zrna d_{50} během události roste

3 ZÁVĚR

Výsledky 15 provedených experimentů v letech 2012 a 2013 naznačují, že velikost objemu povrchového odtoku je významněji závislá na počáteční objemové vlhkosti půdy než na stavu vegetace. Z toho důvodu by bylo pro další experimentální činnost zaměřenou na posuzování vlivu vegetace na erozní a odtokový proces vhodnější, aby byla před každým experimentem nastavena alespoň přibližně stejná hodnota počáteční vlhkosti.

Zcela opačná situace se projevila při testování závislosti rostoucí vegetace a půdní ztráty, kdy od čtvrté simulace (hodnoty Canopy Cover nad 90 %), již nebyl pozorován téměř žádný smyv. Důvod může mimo jiné spočívat ve skutečnosti, že v průběhu vývoje vegetace dochází k postupnému odnesení erodovatelných částic, zejména těch nejjemnějších, a ke konsolidaci povrchu půdy na testovací ploše.



V průběhu simulace, při níž byly odebírány vzorky pro analýzu zrnitostního složení odnášeného materiálu, došlo ke změně zrnitostní složení smyvu. V počáteční fázi po vzniku povrchového odtoku byly transportovány zejména jemné částice, zatímco v pozdějších fázích narůstal podíl částic hrubších. Důvod spočívá v nárůstu povrchového odtoku. Díky tomu narůstá erozní a transportní kapacita, jelikož se zvyšuje rychlost povrchového proudění. Tyto výsledky však bude ještě nutno ověřit dalšími experimenty, jelikož jsou založeny pouze na jedné realizované simulaci.

Literatura

- [1] JANEČEK, M. a kol.: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha, Metodika VÚMOP v.v.i. 2012. ISBN 978-80-87415-42-9,
- [2] SHARPLEY A. N.: *Dependence of runoff phosphorus on extractable soil phosphorus*. J. Environ. Qual., 1995, 24, 920-926 s.
- [3] STYZCEN AND MORGAN: *Engineering properties of vegetation*. In *Slope Stabilization and Erosion Control: A Bioengineering Approach*. London: E&FN SPON. 1995. 58 s.
- [4] DE BAETS, S. POESEN, J.: *Empirical models for predicting the erosionreducing effects of plant roots during concetrated flow erosion*. Geomorphology 118, 2010, 425-432 s.
- [5] LALIBRETE, A.S., RANGO, A., HERRICK, J. E., FREDRICKSON, E. L., BURKETT, L.: *An object-based image analysis approach for determining fractional cover of senescent and green vegetation with digital plot photography*. Journal of Arid Environments 69 (1), 2007, 1-14 s
- [6] WISCHMEIER, W. H., SMITH D. D.: *Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning*. Agr. handbook no. 537. Us dept. of agriculture, Washington, 1978
- [7] RENARD, K. G., FOSTER, G. R., WEESIES, G. A., McCOOL, D. K., YODER, D. C.: *Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. US. Department of Agriculture Handbook 703. Washington, DC: US Government Printing Office., 1997
- [8] DE JONG, S. M., JETTEN, V. G.: *Estimation spatial patterns of rainfall interception from remotely sensed vegetation indices and spectral mixture analysis*. International Journal of Geographical Information Science 21 (5), 2007, 529-545
- [9] WATSON, D. J.: *Comparative physiological studies in the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species*

and varieties, and within and between years. Annals of Botany 11(1), 1947, 41-76.

- [10] BAUER, M., KAVKA, P., KRÁSA, J., STROUHAL, L., VLÁČILOVÁ, M.: *Modernizace a kalibrace mobilního dešťového simulátoru*, Praha, Stavení obzor (5), 2013.
- [11] (<http://www1.cenia.cz/www/>). CENIA, česká informační agentura životního prostředí. *CENIA, česká informační agentura životního prostředí* [online]. 2012 [cit. 2012-11-09]. Dostupné z: <http://www1.cenia.cz/www/>
- [12] *Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia*. Praha, Olomouc: Český hydrometeorologický ústav, 2007. ISBN 978-80-86690-26-1.
- [13] ASTM: *Standart test method for determination of rolled erosion control product (RECP) performance in protecting hillslopes from rainfall-induced erosion. D 6459-07*. American Soc. of Testing and Materials, West Conshohocken, PA., 2007
- [14] CHRISTIANSEN, J. E.: *Irrigation by sprinkling. California Agric. Exp. Sta. Bull. 670*, University of California, Berkeley, 1942
- [15] DAVIDOVÁ, T., VLÁČILOVÁ, M., DEVÁTÝ, J., BAUER, M.: *Monitoring vývoje vegetačního krytu na zemědělských plochách a jeho vliv na povrchový odtok*. In *Voda a krajina 2012*. Praha: České vysoké učení technické, ISBN 978-80-01-05107-8. 43-50 s.

HLEDÁNÍ KRITICKÉ DOBY TRVÁNÍ DEŠTĚ PRO ÚČELY MODELOVÁNÍ ODTOKOVÉ REAKCE MALÉHO POVODÍ NA PŘÍVALOVÝ DÉŠŤ

DETERMINATION OF CRITICAL RAIN DURATION FOR PURPOSE OF
MODELLING OF SMALL WATERSHED RUNOFF REACTION TO HEAVY RAINS

Pavel Ježík, Miloš Starý¹

Abstract

The text describes a way to determine critical heavy rain duration. There is described an algorithm searching for rain duration, which causes maximal runoff from selected small watershed as a reaction to fallen heavy rains. The algorithm is constructed with the purpose of sample data matrix improving. This matrix is used for fuzzy logic and possibility theory based model, and its calibration. The model is supposed to be used in the area of preventive flash flood protection. The sample data matrix consists of watershed properties (area, slope, specific runoff at outlet and average CN number) and causal rain parameters (rain duration and intensity). The aim of article is the determination of rain data.

Keywords

Heavy rains, critical rain duration, sample data matrix, modelling

1 ÚVOD

Problematika povodní z přívalových dešťů a možnosti jejich předpovídání je v posledních letech stále aktuální. Na území České republiky se přívalové deště vyskytují prakticky kdekoli a každoročně jsou zaznamenávány případy povodní z přívalových dešťů. Většina činností v této oblasti se soustřeďuje na operativní předpovědi ve vztahu k aktuální situaci na povodích a okamžité předpovědi meteorologické situace na několik hodin dopředu. Odlišným přístupem pak může

¹ Pavel Ježík, Ing.; Miloš Starý, prof., CSc., Ing., VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny, Žitkova 17, 602 00 Brno, jezik.p@fce.vutbr.cz



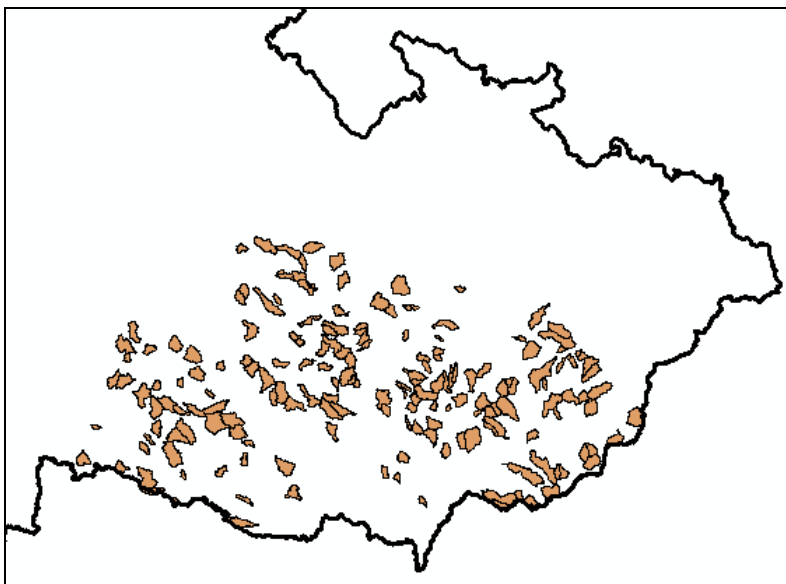
být preventivní řešení dané problematiky, kdy jsou tzv. off-line – tedy v situaci, kdy nehrozí bezpečnostní ohrožení – hledána malá povodí, která by v případě výskytu intenzivních srážek mohla být ohrožena povodněmi z přívalových dešťů. Snahou prací autora je sestavit nástroj, který by byl schopný plošně zatěžovat malá povodí srážkami o určitých parametrech a podle míry odtokové reakce jednotlivých povodí určit ta, u nichž lze předpokládat významné ohrožení povodněmi z přívalových dešťů. Jedná se o sestavení modelu, který by byl schopný algoritmizovat kauzální vztah příčina (přívalový déšť) – následek (odtoková reakce malého povodí). S příčinnou dešťovou událostí je pracováno jako se statistickou veličinou, odvozenou z dlouhodobého pozorování.

2 ZPŮSOB ŘEŠENÍ

Pro sestavení modelu byly použity vybrané metody umělé inteligence. Jedná se zejména o fuzzy logiku a teorii možností. Celá problematika povodní z přívalových dešťů a případného zjednodušeného modelování srážko-odtokového procesu je značně zatížena neurčitostmi. Parametry popisující příčinný přívalový déšť, se kterými nutně musí být nakládáno, jsou zpravidla zpětně vyhodnocovány ze záznamů srážkoměrných stanic a meteorologických radarů. Přesnost odvození těchto dat je limitována zejména hustotou srážkoměrných stanic, která vzhledem k tomu, že přívalové deště postihují plošně poměrně malá území, nemůže být dostatečná. Rovněž transformace celého proměnlivého průběhu deště do datově méně náročné formy, se kterou může model pracovat, vyžaduje přijetí množství zjednodušujících předpokladů, které vedou ke snížení přesnosti vstupních dat do modelu. Kalibrace takového modelu vyžaduje dostatečně velkou množinu vzorových dat, jejichž součástí musejí být i hodnoty průtoků, které má model určovat. V případě užití reálných (měřených) dat jsou hodnoty průtoků zpravidla odvozovány z naměřených vodních stavů na měrných profilech. V případě užití odvozených dat jsou hodnoty určovány statistickými metodami, zpracováním co možná nejdelší průtokové řady na sledovaném profilu, je-li měření na daném místě k dispozici. Na malých povodích jsou pak často hodnoty sledovaných průtoků odvozovány pomocí analogií. Významná část dat je zatížena takovou mírou neurčitosti, že užití klasických nástrojů pro modelování by bylo problematické. Proto byly použity jiné nástroje pro modelování – fuzzy logika a teorie možností. Jedná se o nástroje, které umožňují pracovat s informacemi zatíženými neurčitostmi [1]. Uvedené metody umělé inteligence nejsou z důvodu omezení rozsahu příspěvku zevrubněji popsány a lze se o nich dočíst např. zde: [2], [3], [4].

3 VZOROVÁ DATA

Vzorová data, která slouží pro kalibraci modelu, obsahují vstupní a výstupní hodnoty veličin, se kterými model pracuje. Je pracováno s veličinami, které charakterizují povodí (plocha P , sklonitost SK , hodnota specifického odtoku z povodí q_a v místě uzávěrového profilu a průměrná hodnota CN daného povodí) a parametry příčinného přívalemého deště (doba trvání T a intenzita IN). Je pracováno s náhradní intenzitou deště. Výstupní hodnotou modelu je pak předpokládaná hodnota kulminačního průtoku Q , jakožto odezva povodí na zadanou srážku. Rozměry matice vzorových dat jsou následující: počet sloupců odpovídá počtu uvažovaných vstupních/výstupních veličin a počet řádků je roven počtu epizod na jednotlivých povodích.



Obr. 15: Mapa povodí pro kalibraci modelu

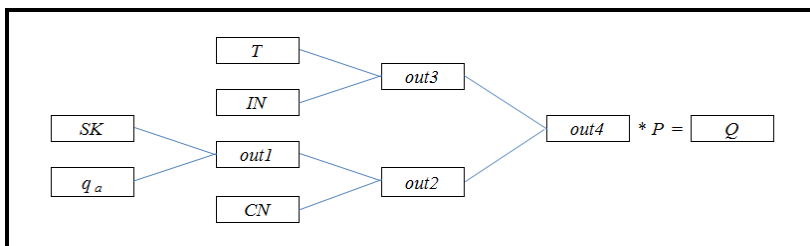
Pro sestavení matice bylo vybráno 184 povodí z oblasti místní působnosti brněnské pobočky ČHMÚ (obr. 1). Parametry charakterizující jednotlivá povodí byly odvozeny pomocí nástrojů GIS. Hodnoty průtoků byly získány z databáze hydrologických posudků brněnské pobočky ČHMÚ. Tyto posudky na požádání vypracovávají pracovníci ČHMÚ (hydrologičtí posudkáři) a jsou za úplatu vydávány zpravidla pro účely vodohospodářské projekční praxe jako podklady pro

navrhování a dimenzování vodohospodářských staveb. Výběr povodí je limitován zejména jejich velikostí (jsou vybírána malá povodí, protože na nich dochází k povodním z přívalových dešťů), dále pak předpokladem, že se jedná o pokud možno neovlivněný odtok, a rozsahem databáze hydrologických posudků. Problematickou částí při sestavení matice vzorových dat je však odvození příslušných parametrů příčinné srážky. Byl přijat zjednodušující předpoklad, že srážka o určité N -letosti způsobí odtok o téže N -letosti. Kritická doba trvání deště byla v první fázi ztotožněna s dobou doběhu, která byla určena dle Čerkašina [5]. Pro tuto dobu byla odvozena intenzita pomocí intenzitních křivek z Truplových tabulek [6] (pro nejbližší srážkoměrnou stanicí byla hodnota intenzity odečtena z intenzitní křivky pro zadanou dobu T). Pro kalibraci modelu se předpokládá, že kulminační průtok o dané N -letosti (z hydrologických posudků) je způsoben nejméně příznivou kombinací veličin T a IN . Hodnota intenzity je přímo určena dobou T (a nejbližší stanicí, pro kterou je známý průběh intenzitní křivky). Kritická doba deště je však pouze odhadována pomocí Čerkašina. Proto bylo nutné do algoritmu kalibrace modelu zahrnout i část, která vyšetřuje zvolenou oblast doby trvání příčinného deště a hledá takovou dvojici veličin T a IN , která způsobí maximální odtok z povodí.

Pro práci byla data pomocí náhodných čísel rozdělena na kalibrační a validační množinu v poměru 2:1. Pro kalibraci bylo použito 123 povodí, pro validaci 61 povodí.

4 SESTAVENÝ MODEL A JEHO KALIBRACE

Základní struktura modelu je tvořena jednotlivými dvojicemi inferenčních systémů. Do modelu jsou postupně přidávány jednotlivé vstupní veličiny a pomocí dílčích výstupních veličin *out* jsou postupně tvořeny následující dvojice (obr. 2).

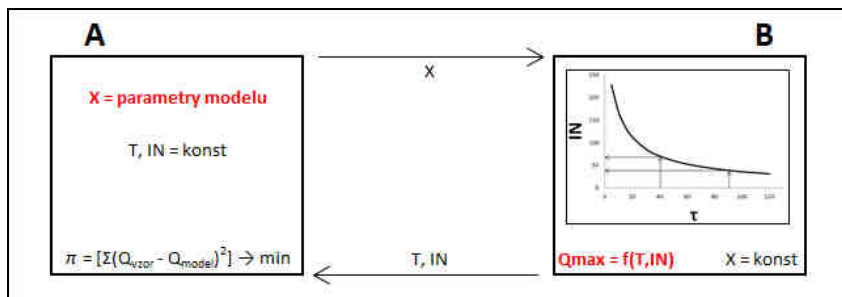


Obr. 16: Schéma základní struktury modelu

Výjimku mezi vstupními veličinami tvoří plocha povodí P . Na rozdíl od ostatních vstupů je zařazena na konec celé sekvence a poslední dílčí výstup out_4 je jí prostě přenásoben.

Kalibrace modelu probíhá pomocí opakovaného spouštění modelu s tím, že v každém cyklu jsou měněny parametry modelu – jedná se o bázi pravidel, polohy funkcí příslušnosti, které popisují daná universa, a váhy jednotlivých pravidel. Pomocí zvolené kriteriální funkce π jsou pak hledány optimální vlastnosti modelu. Tato část není hlavním námětem příspěvku, a není proto zevrubněji popsána.

Celý proces kalibrace je však zkomplikován faktem, že část dat ze vzorové matice není předem znám. Do algoritmu kalibrace je proto zahrnut blok, který pro každý řádek vzorové matice vyhledá nejméně příznivou kombinaci veličin T a IN . Schéma celého procesu kalibrace je uvedeno na obr. 3:



Obr. 17: Schéma procesu kalibrace

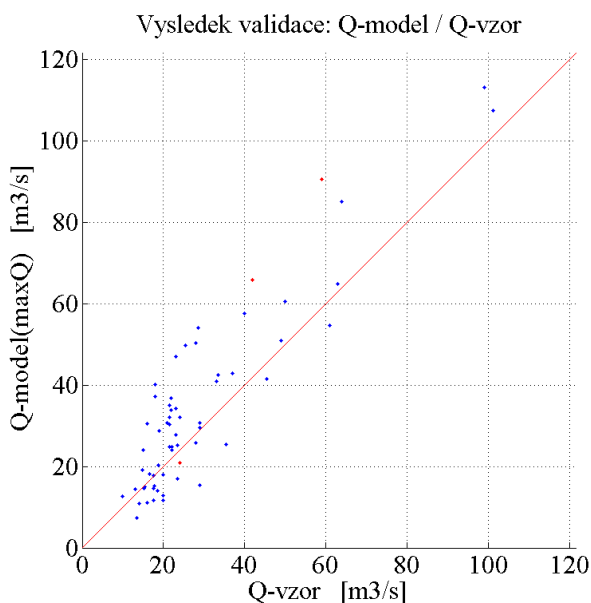
Proces kalibrace se skládá ze dvou bloků – A a B; V bloku A jsou pro daná vzorová data (s počáteční a v tomto bloku neměnnou kombinací srážkových vstupů T a IN) hledány optimální vlastnosti modelu, které jsou ve schématu označeny neznámou X . Hodnota X (parametry modelu) je následně předána do bloku B. Zde nedochází k modifikaci dílčích částí modelu, ale je zde na zvoleném intervalu vyšetřována oblast veličin T a IN tak, aby byla nalezena nejméně příznivá kombinace vstupů T a IN – tedy taková kombinace, kdy dochází k maximálnímu odtoku Q . Algoritmus bloku B je sestaven tak, že pro každý řádek matice vzorových dat je vyhledána nejbližší srážkoměrná stanice daného povodí a z Truplových tabulek je dohledána intenzitní křivka o příslušné periodicitě. Z této křivky jsou odečítány dvojice vstupů T a IN a pro takový model, který byl sestaven předchozí modifikací v bloku A, jsou spočteny všechny hodnoty výstupů Q . Časy T a intenzity IN , které způsobí maximální odtok Q z povodí, jsou pak zpětně předány jako upravený vstup (upravená matice vzorových dat) do bloku A, kde

dochází k opakované optimalizaci dle kritériální funkce π . Tento cyklický způsob kalibrace se opakuje, dokud ani v jednom z optimalizačních bloků opakovaně nedojde k nalezení lepšího tvaru modelu či nalezení nové kombinace vstupů T a IN .

Tímto způsobem jsou postupně hledány kritické doby deště a jim odpovídající náhradní intenzity na jednotlivých povodích. V průběhu kalibrace je tedy dohledávána část samotných vzorových dat. Modifikovaná matice vzorových dat pak poskytuje přesvědčivější podklad pro celkovou kalibraci modelu.

5 DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

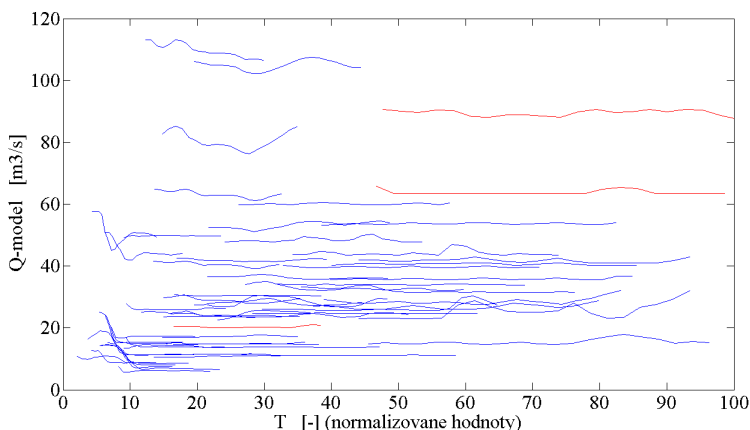
Pro hodnocení dosažených výsledků bylo použito několik kritérií. V první řadě bylo sledováno, zda modelové průtoky odpovídají hodnotám průtoků ze vzorové matice. Dále bylo sledováno, zda model na předložená data reaguje adekvátně a logicky, tedy například zda s rostoucí sklonitostí povodí roste i odtoková reakce, případně zda Q roste s rostoucím úhrnem příčné srážky. Příklady dosažených výsledků vizte na následujících vyobrazeních.



Graf 1: Výsledek validace modelu – vztah modelových a vzorových průtoků

Graf 1 ukazuje výsledek validace, která proběhla na 61 povodích. Jedná se o vztah modelových průtoků a jim odpovídajících průtoků ze vzorových dat. Dosažená korelace je v tomto případě 0,90. Každý bod představuje jedno povodí (jeden řádek testovací matice). Červené body upozorňují na situaci, kdy se ve validačním souboru objevily hodnoty mimo interval kalibrace – to znamená, že došlo k situaci, kdy maximum (resp. minimum) některé ze vstupních modelových veličin ve validační množině nabývá hodnot větších (resp. menších) než v kalibrační množině. Jinými slovy lze pomocí těchto bodů sledovat, jak se dokáže model vypořádat se vstupními hodnotami, které se pohybují (nikoli však zcela) mimo oblast kalibrace.

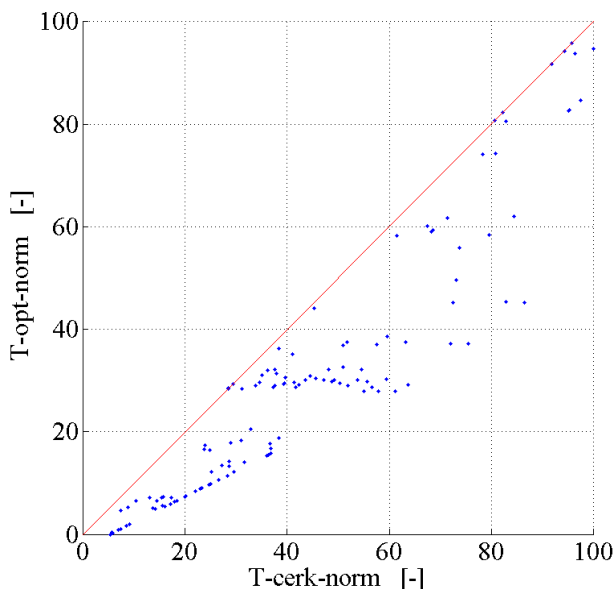
Závěrečný výsledek výstupu z kalibračního bloku *B* – tedy testování odtokových reakcí povodí na zvolené oblasti dvojic *T* a *IN* již nakalibrovaného modelu – je zobrazen na grafu 2.



Graf 2: Výsledek kalibračního bloku *B*

Jednotlivé křivky představují jednotlivá sledovaná povodí (1 řádek matice). Jejich průběh naznačuje, k jaké dochází změně velikostí odtokové reakce povodí *Q*, jsou-li měněny hodnoty doby trvání *T* a jim příslušné intenzity *IN*; jinými slovy dochází k testování všech možných dvojic *T* a *IN* na zvolené oblasti Truplovy křivky o příslušné době opakování. Červené křivky představují testovaná povodí s některými vstupními hodnotami mimo oblast kalibrace.

Poslední uvedený graf (graf 3) ukazuje, k jaké došlo změně kritické doby trvání deště v průběhu kalibrace oproti původní zvolené hodnotě, která byla ztotožněna s dobou doběhu dle Čerkašina.



Graf 3: Vztah počáteční a odvozené kritické doby deště

Na vodorovné ose (graf 3) leží počáteční zvolená kritická doba deště ($T\text{-cerk-norm}$), na svislé ose odvozená kritická doba ($T\text{-opt-norm}$) pomocí bloku B. Graf uvádí hodnoty normalizované na interval [0 100], na kterém pracuje celý model.

6 SHRNUÍ VÝSLEDKŮ A ZÁVĚR

Předložené výsledky ukazují, že v průběhu kalibrace dochází k postupnému dohledávání takové doby, která vede k maximálnímu odtoku z povodí. Hranice oblasti, ve které byla kritická doba hledána, byly subjektivně zvoleny jako doba doběhu odvozená dle Čerkašina (maximum) a její polovina (minimum). Dřívější testování nad touto hranicí nepřineslo žádné výrazné výsledky. Navíc by docházelo k situaci, kdy jsou mezi vstupy tak dlouhé doby trvání deště, kdy už nelze hovořit o přívalových deštích (např. kolem 400 min). Naopak snížení spodní hranice pod polovinu počáteční doby trvání deště vede u malých povodí ke kombinacím vstupů T a IN na hranicích reality (extrémně vysoké intenzity), se kterými si model neumí dobře poradit. V takové situaci vycházejí modelové průtoky extrémně vysoké. Náznak tohoto chování modelu je vidět i na grafu 2, kde je u několika křivek (tedy

epizod) vidět strmý nárůst modelového průtoku při zkracování doby trvání deště (v levé části grafu).

Z grafu 3 je patrné, že při tomto způsobu hledání kritické doby trvání deště dochází v průběhu výpočtu u většiny povodí ke zkracování této doby oproti počáteční hodnotě. Tím dochází k postupné modifikaci dvojic hodnot T a IN v matici vzorových dat a upřesnění dat pro kalibraci modelu.

Matice vzorových dat byla rozdělena na kalibrační a validační soubor v poměru 2:1. Výsledek validace modelu je zobrazen na grafu 1. Lze říci, že výsledek je velmi uspokojivý; korelace modelových průtoků a odpovídajících průtoků z matice vzorových dat je 0,90. Model je schopný adekvátně a logicky reagovat na vstupní veličiny, což bylo testováno pomocí citlivostní analýzy, která je však nad rozsah tohoto příspěvku.

Obecně lze říci, že slabinou takto nakalibrovaného modelu je jeho reakce na nízké srážkové hodnoty, kdy dochází k výraznému nadhodnocování odtokové reakce povodí. Výsledky obsažené v tomto příspěvku byly získány při kalibraci modelu za užití matice čítající 184 řádků – 184 povodí s odezvou povodí o N -letosti 100 let. Předpokládá se, že při užití více N -letostí (s kratší dobou opakování) se podaří nadhodnocování modelu zmírnit. Rozšíření matice však povede ke zpomalení výpočtu a prodloužení doby kalibrace modelu. Výsledky s užitím takto rozšířené matice však nejsou v době zpracování tohoto příspěvku k dispozici.

Poděkování

Prezentované výsledky byly získány za podpory specifického výzkumu FAST-J-14-2400 s názvem „Softwarová aplikace pro určení ohroženého povodí přívalovým deštěm“.

Literatura

- [1] ZADEH, Lofti, A. *Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility*. Fuzzy Sets and Systems. 1978. č. 1, s. 3-28.
- [2] DUBOIS, Didier. *Possibility theory and statistical reasoning*. Computational Statistics & Data Analysis. 2006, roč. 51, č. 1, s. 47-69.
- [3] NACHÁZEL, Karel, STARÝ, Miloš, ZEŽULÁK, Jiří: *Využití metod umělé inteligence ve vodním hospodářství*, Praha: Academia, nakladatelství Akademie věd České republiky, 2004. ISBN 80-200-02229-4.
- [4] POKORNÝ, Miroslav. *Umělá inteligence v modelování a řízení*. Praha: BEN - technická literatura, 1996. ISBN 80-901984-4-9.



-
- [5] ČERKAŠIN, Alexandr. *Hydrologická příručka*. Praha: Hydrometeorologický ústav, 1964. 224 stran + přílohy.
- [6] TRUPL, Josef. *Intensity krátkodobých dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský, 1958. 76 stran.

LES KRÁLOVSTVÍ – MODELOVÝ VÝZKUM ŠACHTOVÉHO BEZPEČNOSTNÍHO PŘELIVU

LES KRÁLOVSTVÍ – MODEL RESEARCH OF SHAFT SPILLWAY

Martin Králík¹, Vladimír Burian², Eliška Adámková³

Abstract

This paper deals with the dam Les Království. In hydrotechnical laboratory was built physical model of bellmouth spillway on this dam and the model was placed into a channel. This work describes measurement pressures in spillway and water level. There were 6 types of technical options, it depended on landscaping. The research's results are comparison teoretical and measured discharge rating curve and determine the course of pressures in the entire lenght of the outfall pipe.

Keywords

Physical modeling, model similarity, overflow equation, bellmouth spillway

1 ÚVOD

Tato práce se zabývá výzkumem šachtového bezpečnostního přelivu na vodním díle Les Království. Jedná se o speciální typ bezpečnostního přelivu převádějící zvýšené průtoky svislou šachtou, na kterou navazuje vodorovná štola spojující prostor nádrže s podhrázím. Při návrhu kapacity je nutné, aby návrhový průtok byl vždy převeden beztlakovým prouděním. V případě zahlcení odpadní šachty přelivu se velmi výrazně snižuje jeho kapacita. Tento typ bezpečnostního přelivu se v novodobé historii navrhuje především u sypaných přehrad, u starších vodních děl je však možné se s ním setkat i u zděných, gravitačních přehrad, jako je tomu i zde na Lese Království (obr. 1) [6].

¹ Ing. Martin Králík, Ph.D., martin.kralik@fsv.cvut.cz

² Ing. Vladimír Burian, vladimir.burian@fsv.cvut.cz

³ Ing. Eliška Adámková, eliska.adamkova@fsv.cvut.cz



Obr. 1: Šachtový bezpečnostní přeliv na VD Les Království

V rámci této práce byl sestaven fyzikální model ve vodohospodářské laboratoři Fakulty stavební, ČVUT. Cílem bylo zjistit chování bezpečnostního přelivu za různých průtoků a různých technických úprav. Z naměřených hodnot se získaly průběhy hladin, které se porovnály s 1D výpočty, a tlakové poměry v odpadní šachtě.

2 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O VODNÍM DÍLE

2.1 Identifikační údaje

Název vodního díla:	Les Království
Vodní tok:	Labe
ČHP:	1-01-01-067
Kraj:	Královéhradecký

2.2 Základní technické údaje vodního díla

Typ hráze:	oblouková, gravitační, zděná
Kóta koruny hráze:	327,31 m n. m.
Délka koruny hráze:	218 m
Šířka koruny hráze:	7,2 m
Max. výška koruny hráze nad terénem	32,7 m

Vodní dílo Les Království disponuje 5 spodními výpustmi (1 je umístěna v tělese hráze, 4 jsou umístěny v obtokových štolách). Jejich profily se pohybují od DN 1000 mm po DN 2000 mm.

Bezpečnost proti přelití vodního díla zajišťují 3 bezpečnostní přelivy. Jeden je korunový s celkovou délkou přelivné hrany 54,70 m umístěnou na kótě 324,00 m n. m. Zbýlé dva jsou pak přelivy šachtové, přičemž každý je umístěn na jednom z břehů. Levý má korunu přelivu na kótě 323,40 m n. m., s délkou přelivné hrany 21,86 m a průměrem odpadní šachty 4,20 m. Modelový výzkum se věnoval šachtovému bezpečnostnímu přelivu umístěnému na pravém břehu. Přelivná hrana o délce 33,63 m je umístěna na kótě 323,40 m n. m. Na odpadní šachtu o průměru 5,10 m navazuje vodorovná štola o průměru 6,0 m. Maximální kapacita tohoto objektu je pak uváděna 111,70 m³/s.

Na pravém břehu je pod hrází vodního díla umístěna vodní elektrárna se dvěma horizontálními turbínami typu Francis, každá o výkonu 1,105 MW. Maximální hltnost každé z turbín je 6,0 m³/s.

Kóta hladiny stálého nadržení je na úrovni 307,60 m n. m. Zásobní objem nádrže činí v letním období až 1,42 mil. m³, kdy je kóta hladiny na úrovni 315,60 m n. m. Les Království disponuje i ochranným prostorem. Ovladatelný je o velikosti až 4,87 mil. m³ v zimním období a neovladatelný o velikosti 1,18 mil. m³. Kóta hladiny vody v nádrži je pak na úrovni 323,40, resp. 324,85 m n. m. [3] [7].

3 MODELOVÉ PODMÍNKY

Model byl navržen a sestaven v měřítku 1:36 (obr. 2). K tomuto měřítku se dospělo rozбором geometrických, tíhových, průtokových, časových a kvalitativních podmínek a dostupností pro model nejvhodnějších součástí. Díky tomu bylo možné model umístit do laboratorního žlabu, který umožnil simulovat i vysoké průtoky.

U Frouдова typu modelové podobnosti jsou vyjádřeny podmínky dynamické podobnosti hydrodynamických jevů za výhradního působení gravitačních sil. Kromě gravitačních sil však mohou zkoumané proudění ovlivňovat i další síly – odpor třením vazké kapaliny, síly kapilární, síly objemové apod. Podle Frouдова zákona podobnosti můžeme určitý hydrodynamický jev zkoumat tehdy, jestliže účinky těchto sil jsou zanedbatelné v porovnání s gravitačními silami. Mezní podmínky vymezují oblasti a měřítka, v nichž lze hydrodynamický jev modelovat. Kinematicky podobné jevy, které ovlivňuje výhradně gravitační síla, jsou

dynamicky podobné, jestliže ve vzájemně příslušných průřezech budou stejná Froudova čísla [1] [2].



Obr. 2: Model umístěný ve žlabu s čidlem snímajícím výšku hladiny

3.1 Variantní řešení

Modelový výzkum byl rozdělen na 6 variant podle technické úpravy okolí vtoku ale i samotné přelivné hrany.

Varianta 1 – tato varianta byla počítána bez úprav, tedy samotný válcový objekt šachtového přelivu (obr. 3, vlevo)

Varianta 2 – v této variantě je model doplněn o „terén“, který zpřesňuje proudění vody do přelivu bez možnosti vlivu svislého proudění (obr. 3, vpravo)



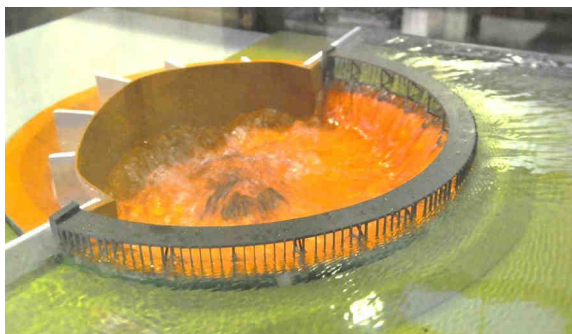
Obr. 3: Varianta 1, Varianta 2

Varianta 3 – model byl doplněn o svislý terén zasahující do prostoru přelivu, což má simulovat současný stav na VD Les Království (obr. 4)



Obr. 4: Varianta 3

Varianta 4 – model byl doplněn o česle umístěné po celém obvodu přelivné hrany, čímž byl dosažen přesný model současného stavu (obr. 5)



Obr. 5: Varianta 4

Varianta 5 – tato varianta byla doplněna o čtyři levostranné usměrňovače proudění umístěné na vtoku do šachty modelu (obr 6, vlevo)

Varianta 6 - tato varianta byla doplněna o čtyři pravostranné usměrňovače proudění umístěné na vtoku do šachty modelu (obr 6, vpravo)



Obr. 6: Varianta 5, Varianta 6

Na všech variantách bylo odměřeno deset návrhových průtoků odpovídajících m-denním průtokům M_{180} , 130, 30 a N-letým průtokům N_1 , 2, 5, 10, 20, 50, 100 v profilu limnigrafické stanice umístěné na odtoku z nádrže Les Království.

4 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ

4.1 Konzumní křivky

Jedním z úkolů laboratorního modelového výzkumu bylo porovnání konzumních křivek získaných měřením na modelu s konzumními křivkami dosaženými klasickým 1D výpočtem.

Rovnice použitá pro výpočet přepadu byla ve tvaru:

$$Q = \sigma \cdot m \cdot b_0 \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_0^{3/2}$$

kde σ je součinitel zatopení zohledňující vliv dolní vody,
 m je součinitel přepadu, který byl odvozen na základě poměrů výšky přepadajícího paprsku a šířky přelivné hrany,

b_0 je délka přelivné hrany po odečtení vlivu kontrakce, v našem případě se jednalo o skokové zúžení v místě napojení česlí a terénu a samotný vliv česlí,

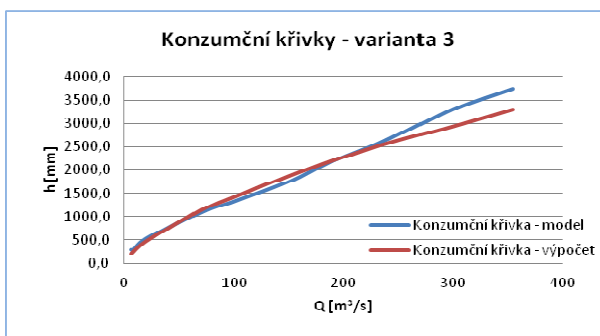
g je tíhové zrychlení,

h_0 je energetická výška s kterou bylo v rovnicích počítáno jako s výškou geodetickou.

Při porovnání dosažených výsledků byla vyhodnocena relativně velká přesnost výpočtů s modelem. Takřka totožných hodnot bylo dosahováno u většiny variant při vyšších průtocích. To lze vysvětlit drobnými nepřesnostmi na modelu, které se nejvíce projevují právě při malých průtocích.

Níže na obrázku (obr. 7) je uveden příklad konzumních křivek. Na grafu pro variantu 3 je patrné výrazné odchýlení křivky modelu při vyšších průtocích. To je způsobeno průběžným zahlcováním odpadní šachty a tedy snižováním její kapacity. Při nižších průtocích lze však konstatovat, že přesnost vypočtených hodnot a hodnot naměřených na modelu je uspokojivá.

Nejvýraznější rozdíl v naměřených a vypočtených hodnotách byl patrný u varianty 2 a 5. U varianty 2 je to pravděpodobně díky vlivu „terénu“, který omezuje vliv svislého proudění. U varianty 5 se negativně projevil vliv levostranných usměrňovačů, které způsobily snížení kapacity již při nižších průtocích a to až o 30 % oproti stavu s usměrňovači pravostrannými nebo bez těchto prvků.



Obr. 7: Konzumční křivky pro variantu 3

4.2 Kapacita přelivů

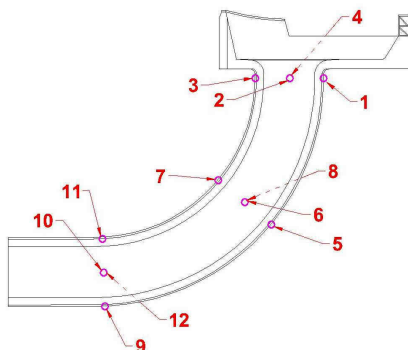
Pro všechny varianty byly stanoveny návrhové průtoky způsobující zahlcení odpadní šachty. Průběh zahlcení pro všechny varianty odpovídal takřka přesně kritériím stanoveným Bollrichem (1965). Ten uvádí, že přepad přes šachtový přeliv je dokonalý pro $h/R < 0,45$. Při $h/R > 0,60$ dojde k zahlcení vtokové části. Pro poměr h/R mezi 0,45 a 0,60 platí přechodový stav [4] [5].

Při přechodu do zahlceného vtoku bylo možné sledovat nepravidelné pulzace projevující se strhnutím paprsku do odpadní šachty následovaný mohutným vývěrem vody zpět do nádrže. Tento stav byl patrný u všech variant, přičemž pro varianty 5 a 6 nastal tento stav nejdříve, pro variantu 1 naopak nejpozději.

4.3 Tlakové poměry v odpadní šachtě

Pro všechny varianty a návrhové průtoky byly měřeny relativní hydrodynamické tlaky v reálném čase. K měření bylo použito 12 piezometrických sond, které byly z místa snímání napojeny na dataloggery hadičkami naplněnými vodou umožňující převádět signál na tlak v intervalu 1 sekundy.

Sondy byly rozmístěny ve třech výškových úrovních po 4 sondách osazených kolmo k odpadní šachtě (obr 8). Vzdálenost jednotlivých sond v jedné úrovni byla stejná.



Obr. 8: Schéma rozmístění tlakových sond

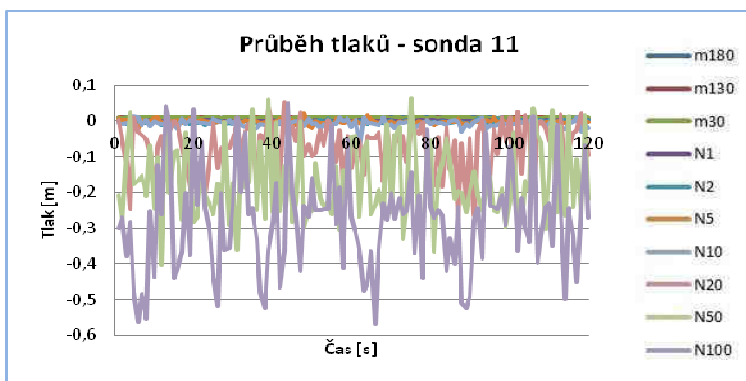
Ze získaných hodnot jsou patrné velmi výrazné rozdíly tlaků podle umístění sondy a průtoku. Nejvyšší rozpětí tlaků bylo dosahováno vždy při průtocích způsobujících zahlcení.

Nejvíce tlakem namáhaným místem byla lokalizována oblast spodních sond umístěných před rozšířením odpadního potrubí. Jedná se o sondy 9, 11, 12 a především 10.

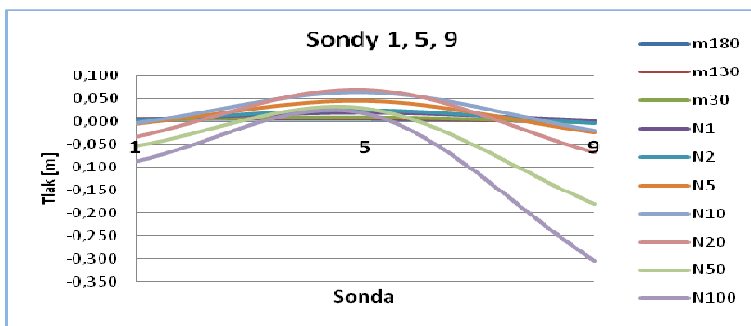
Nejméně namáhaným místem je pak horní úroveň sond, především sondy 2 a 3 a ve střední úrovni sonda 5.

Z grafů je možné identifikovat i jednotlivé fáze nasávání a opětovného vývěru vody z odpadní šachty (viz kapitola 4.2). Největší rozmezí působících tlaků pak bylo naměřeno u variant 5 a 6, tedy variant s použitím usměrňovačů proudění. V tomto případě lokálně docházelo až k trojnásobnému nárůstu tlaku oproti variantě bez jejich použití.

Zajímavé informace poskytlo i propojení výsledků jednotlivých na sebe navazujících sond. Jako příklad je uveden graf znázorňující průběh tlaků u sond 1, 5 a 9, tedy sond umístěných na spodní části odpadní šachty (obr 10). Tyto hodnoty odpovídají průměrné hodnotě vyskytlé za celkový měřený čas pro daný průtok a sondu. Z obrázku je patrné, že při vyšších průtocích dochází ve vstupní části k podtlakům, v ohybu pak k přetlakům a před rozšířením před vodorovnou odpadní štolou k velmi výrazným podtlakům. Dochází tak ke značnému namáhání celého bezpečnostního přelivu.



Obr. 9: Průběh tlaků - sonda 11 - Varianta 3



Obr. 10: Průběh tlaků sond 1, 5, 9 - Varianta 4

5 ZÁVĚR

V rámci výzkumu šachtového bezpečnostního přelivu na vodním díle Les Království byl postaven model v měřítku 1:36. Cílem bylo analyzovat chování a kapacitu přelivu za různých technických úprav, porovnat tyto hodnoty s výsledky získanými analytickou metodou a vyhodnotit a podrobněji poznat tlakové poměry v odpadní šachtě.

K určení shody kapacity dosažené modelem a 1D výpočtem se použily konzumní křivky. Ty potvrdily relativně odpovídající výsledky, avšak poukázaly i na určité detaily, které jsou významné při výsledné kapacitě přelivu. Jedná se především o vliv usměrňovacích prvků. Modelem bylo zjištěno, že levostranné zakřivení mělo oproti pravostrannému znatelný vliv na snížení kapacity

bezpečnostního přelivu a to až o 30 %. Stejně tak měla nepříznivý vliv i instalace desky zamezující svislé proudění kolem přelivu. Tento rozdíl se však pohyboval již pouze kolem 5 %.

Díky nainstalovaným piezometrickým sondám se získala podrobná data o průběhu tlaků v odpadní šachtě. Byla lokalizována nejzatíženější místa, kterým je především konec odpadní šachty před jejím rozšířením. Naopak nejméně namáhaná místa byla identifikována za vstupní částí do šachty bezpečnostního přelivu. Celkově největším tlakům je pak bezpečnostní přeliv vystaven při použití usměrňovačů proudění, kdy byly místy naměřeny hodnoty tlaků až třikrát větší než v případě bez jejich použití.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory grantu SGS14/047/OHK1/1T/11 „Výzkum proudění vody s využitím hybridního modelování“.

Literatura

- [1] KOLÁŘ, Václav, Cyril PATOČKA a Jiří BÉM. Hydraulika. Bratislava: Státní nakladatelství technické literatury (SNTL), 1983.
- [2] JANDORA, Jan a Jan ŠUL. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Hydraulika. 2006.
- [3] POVODÍ LABE, státní podnik. Manipulační řád vodního díla na Labi Les Království. Hradec Králové, 2012.
- [4] FALVEY, Henry T., Air-water flow in hydraulic structures, Colorado, 1980
- [5] SIKORA, Anton, Výskum zavzdušnenia šachtových priepadov, Bratislava, 1964
- [6] BROŽA, V., KRATOCHVÍL, J., PETER, P., VOTRUBA L., Přehrady, Praha, 1987
- [7] BROŽA, Vojtěch. Přehrady Čech, Moravy a Slezska. Vyd. 1. Liberec: Knihy 555, 2005. ISBN 80-866-6011-7

PLNĚNÍ RETENČNÍHO PROSTORU PŘÍČNÉHO SPÁDOVÉHO OBJEKTU NA EXPERIMENTÁLNÍM POVODÍ V PRŮBĚHU LET 2011 - 2013

THE FILLING OF STORAGE AREA OF CROSS SECTION TORRENT
CONTROL OBJECT AT EXPERIMENTAL AREA IN 2011-2013

Kateřina Krámská¹

Abstract

The paper deals with filling of retention area of the cross section torrent control object at the experimental catchment the Pozarsky stream. The storage area of the object has been observed since 2011. The first tacheometric measurement was done in the same year and it is considered to be referential. This was compared with another tacheometric measurement done in 2013. The amount of sediment at storage area was compared with amount calculated by the method of sediment transport calculation.

Keywords

Torrent control, stream, sediment

1 ÚVOD

Oblast Rakovnicka lze charakterizovat z vodohospodářského hlediska jako oblast bohatou na výskyt bystřinných toků a strží. Nejen v oblastech horských a podhorských, ale i v lokalitách geomorfologicky členitých, lze najít drobné vodní toky s nepravidelným podélným sklonem a se dnem tvořeným zrny písku a štěrku, valouny a někdy i balvany. Malé povodí těchto vodních toků může lehce postihnout přívalová srážka, která svou intenzitou zapříčiní rychlé zvýšení průtoku, které nemá většinou delšího trvání. To má za následek uvolňování splavenin a zemních částic ze

¹ Kateřina Krámská, Ing., katerina.kramska@fsv.cvut.cz, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, Thákurova 7, Praha 6, 166 29

dna a z břehů toku, které jsou unášeny dál po proudu a ukládají se v místech s nižším podélným sklonem. [1]

V rámci zahrazovacích úprav se budují příčné spádové objekty – přehrážky, jejichž funkce je buď konsolidační (stabilizace narušené potoční tratě) nebo retenční (zachycení splavenin v retenčním prostoru objektu). Objekt retenční přehrážky se skládá z tělesa přehrážky (to je tvořeno zavazovacími křídly, přelivnou sekci a samotným základem), ze spadiště a retenčního prostoru, kde dochází k ukládání splavenin. Pro odhad množství nesených splavenin vodním tokem se používá empiricko-teoretický výpočet dle Gavriloviče (Škopek, 1988) na jehož základě je možné zjistit objem splavenin, které můžeme očekávat v daném profilu objektu za průměrný kalendářní rok. Tím lze odhadnout velikost a dobu plnění retenčního prostoru objektu přehrážky. [2] Správnost výpočtu se posuzuje až zpětně, po několikaletém pozorování reálně uloženého množství splavenin v retenčním prostoru objektu.

1.1 Popis lokality

V tomto článku jsou uvedeny poznatky týkající se pozorování ukládání splavenin v retenčním prostoru jednoho z příčných spádových objektů na Požárském potoce v průběhu let 2011 až 2013. Experimentální povodí Požárský potok se nachází ve Středočeském kraji, v okrese Rakovník, v katastrálních územích k. ú. Městečko u Křivokláta a k. ú. Křivoklát. Předmětem zájmu je bystřina Požárský potok s č. h. p. 1-11-03-041. Tento tok je levostranným přítokem Ryšavy, která se vlévá do Rakovnického potoka a ten poté do Berounky. Plocha povodí Požárského potoka je 4,47 km² až po soutok s Ryšavou. Pozorovaným objektem je retenční přehrážka, umístěná na ř.km 0,26 a je pracovně nazvaná „Velká přehrážka“.



Obr. 1: Pohled na těleso „Velké přehrážky“

Spád objektu je 3,55 m a objem retenčního prostoru je 269 m³. Retenční prostor přehrážky byl poprvé tachymetricky zaměřen v roce 2011 a tento stav je považován za referenční.

2 METODIKA POSTUPU MĚŘENÍ A ZPRACOVÁNÍ NEMĚŘENÝCH DAT

Na dané lokalitě probíhá geodetické měření retenčního prostoru přehrážky po každé významné srážkové události. Pro potřeby tohoto článku byla vybrána měření z roku 2011 (počáteční stav) a z července roku 2013. V průběhu roku 2012 výrazně nepršelo a množství uložených splavenin se v retenčním prostoru přehrážky téměř nezměnilo (z těchto důvodů nejsou měření z tohoto roku zahrnuta).

Výstupem měření je vždy polohopis a výškopis retenčního prostoru přehrážky v lokálním souřadnicovém a relativním výškovém systému. Tachymetrická zaměření nejsou navázána na body trigonometrické sítě ani polohově ani výškově kvůli poloze přehrážky umístěné v uzavřeném a hlubokém údolí. Systém je určen dvěma pevnými body vytlučenými na horní úrovni přelivné hrany objektu ve zvolené výškové úrovni 100,00 m rel.v. Jednotlivá zaměření, spolu s poznatkami zjištěnými terénními průzkumy, slouží pro zhodnocení změn ukládání splavenin v retenčním prostoru v čase.

Geodetické zpracování dat proběhlo pomocí SW Kokeš, grafické výstupy byly modelovány pomocí SW ArcGIS. Do tohoto SW byly vloženy body tachymetrického zaměření retenčního prostoru a byl modelován průběh terénu – povrch vrstvy uložených splavenin v retenčním prostoru přehrážky pro oba stavy (2011 a 2013). Vzniklé dva digitální modely povrchu splavenin byly od sebe „odečteny“ a tím byl získán odhad uloženého množství. Ten byl poté porovnáván s hodnotami vypočtenými metodou splaveninového režimu.

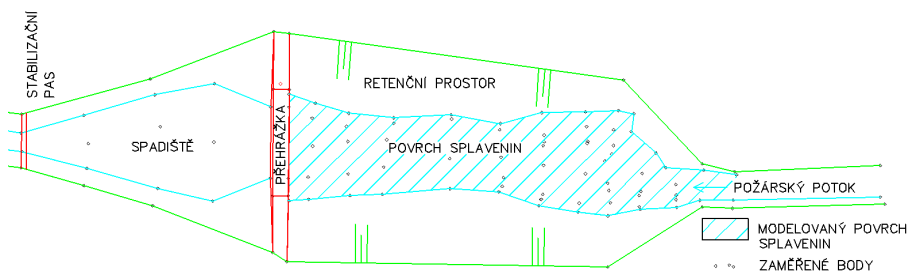
2.1 Měření 2011

Dne 13.7.2011 bylo provedeno první zaměření povrchu splavenin v retenčním prostoru přehrážky. Počasí bylo oblačné, bez srážek a bez výrazného větru. Ve dnech před měřením nepršelo. Tvar retenčního prostoru byl protáhlý, byly zde ještě jasně patrné linie břehů. Těsně u tělesa přehrážky dosahovala hloubka zvodnělého sedimentu až 1,30 m (zaneseno až po převáděcí otvory). Směrem do retenčního prostoru - proti proudu – byly uloženy hrubší splaveniny, které tvořily nánosovou lavici, jejíž povrch převyšoval dno retenčního prostoru přibližně o 30 cm.



Obr. 2: Pohled po proudu na retenční prostor přehrážky

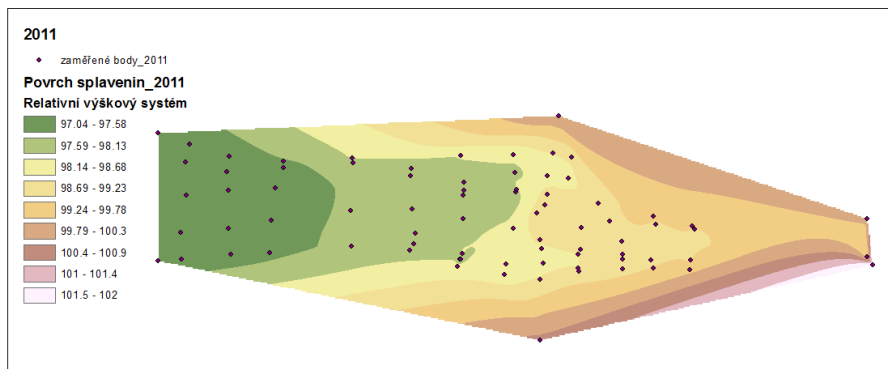
Fotografie (Obr.2) byla pořízena z nánosové lavice a ukazuje, pohled směrem po proudu, na těleso přehrážky. Nánosová lavice byla obtékána dvěma obtokovými koryty, která se opět slévala těsně u tělesa přehrážky.



Obr. 3: Ukázka polohopisu objektu přehrážky se zaměřenými body

Na výše uvedeném Obr. 3 je ukázka vynesení tachymetrického plánu – polohopisu s vyznačenými body. Červeně je zobrazeno těleso přehrážky a stabilizační pas na konci spadiště. Tento podklad byl použit pro modelování v SW ArcGIS, do kterého byly vloženy souřadnice x, y, z lokálního systému a vymodelován povrch uložených splavenin.

Pro účely porovnávání modelů v SW ArcGIS byly vyloučeny body definující spadiště a těleso přehrážky. Tím byl vytvořen digitální model povrchu splavenin v retenčním prostoru (Obr. 4).

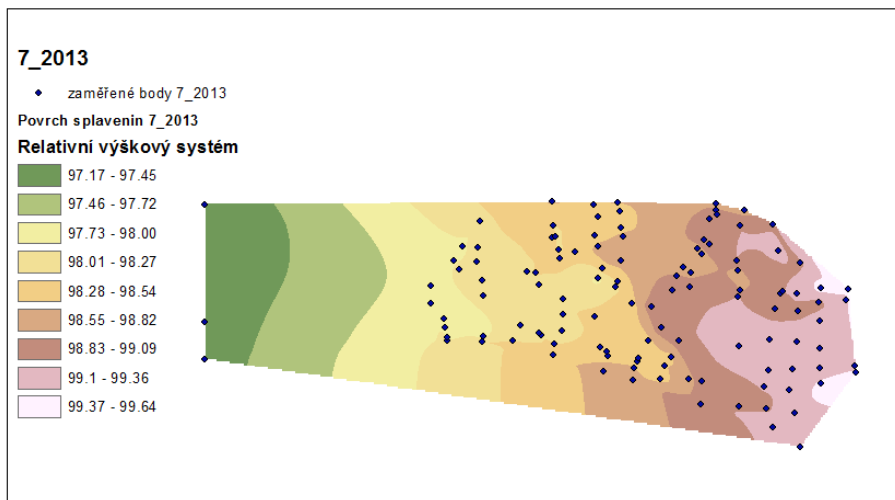


Obr. 4: Digitální model retenčního prostoru – povrchu splavenin – měření 2011

Na výše uvedeném obrázku Obr. 4 se nachází digitální model povrchu uložených splavenin v retenčním prostoru objektu. Hodnoty Z výšek jsou zachovány – $Z = 97,04$ m rel. v. u tělesa přehrážky (nyní zelená barva). Nejvyšší hodnota Z souřadnice na vtoku do retenčního prostoru na vrcholu nánosové lavice $Z=99,10$ m rel. v. je vyobrazena v odstínech žluté. Břehy u vtoku do retenčního prostoru jsou zachyceny hnědými odstíny a jejich souřadnice Z dosahuje až 102,00 m rel. m.

2.2 Měření 2013

Dne 8.7.2013 byl opět tachymetricky zaměřen retenční prostor přehrážky. Počasí bylo oblačné, bez srážek a bez výrazného větru. Půdorysný tvar retenčního prostoru se ve srovnání s referenčním stavem z roku 2011 změnil v místě vtoku, kde došlo k rozšíření a navýšení nánosové lavice z hrubých splavenin. Ta je určena hustou sítí zaměřených bodů - zobrazeno na Obr. 5 v jeho pravé části.

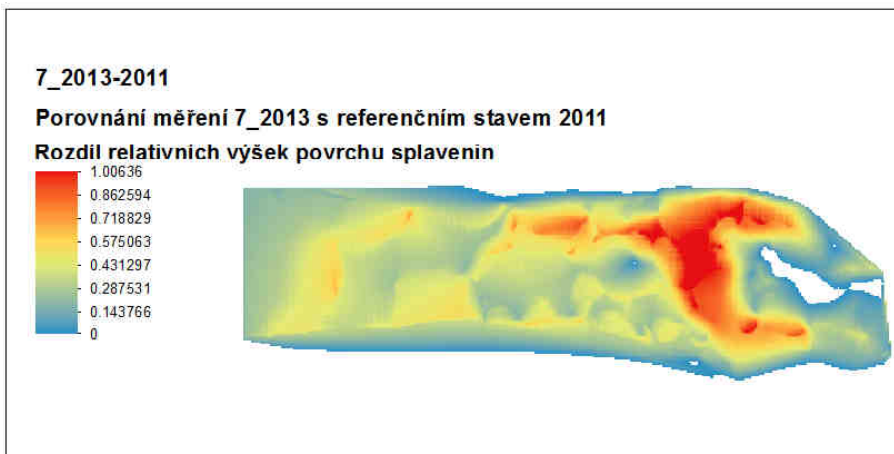


Obr. 5: Digitální model povrchu splavenin z července roku 2013

Zelená barva na barevné stupnici, stejně jako v měření 2011, označuje místa s nejnižší Z souřadnicí. Nejnižší úroveň sedimentu v retenčním prostoru byla změřena v blízkosti tělesa přehrážky (pod volnou hladinou) a dosahuje hodnoty $Z=98,04$ m rel v. V místě kde se zvedá nánosová lavice je hodnota $Z=98,54$ a na vrcholu lavice dosahuje $Z=99,64$ m rel.v., což činí výškový rozdíl až 1 m – přibližně trojnásobné převýšení oproti roku 2011.

3 POROVNÁNÍ OBOU MĚŘENÍ – VÝPOČET ULOŽENÉHO MNOŽSTVÍ

Výpočet množství uložených splavenin v retenčním prostoru „Velké přehrážky“ byl proveden v SW ArcGIS pomocí vzájemného odečtení digitálních modelů povrchu splavenin (2013 - 2011). Tím byla vytvořena rastrová vrstva dat se stanovenými rozdíly výšek povrchu (Obr. 6).



Obr. 6: Rastrová vrstva dat se stanovenými rozdíly výšek povrchu

Po přenásobení této vrstvy velikostí pixelu (0,10 m) a po následné sumarizaci bylo zjištěno množství sedimentu, které bylo v retenčním prostoru uloženo od referenčního měření v roce 2011 do měření v červenci 2013.

Tab. 2: Množství uložených splavenin

Množství uložených splavenin	období	(m ³)
- po sumarizaci rastrové vrstvy dat	2011-07/2013	90,79

Výsledný objem uložených splavenin zaujímá 34% z celkového objemu retenčního prostoru „Velké přehrážky“.

3.1 Porovnání s výsledky splaveninového režimu

Metoda splaveninového režimu je založena na empiricko-teoretickém výpočtu dle Gavriloviče (Škopek, 1988). Výstupem této metody je zjištění průměrné roční produkce splavenin v povodí, což je chápáno jako množství splavenin, které lze očekávat ve stanoveném profilu za průměrných srážek za jeden kalendářní rok. [2]

Tento výpočetní postup byl použit pro povodí Požárského potoka a stanoveným profilem byl ř.km 0,26, kde se nachází „Velká přehrážka“. Pro zjištění množství splavenin bylo potřeba různých druhů podkladů – a to detailní terénní průzkumy lokality vč. erodologických průzkumů (faktor erozní ohroženosti), podrobný popis vodopisné sítě (podélné sklony toků, délky odtokových drah), morfologie území

(sklonové poměry, vrstevnicový plán), rozbor využití území, klimatické a hydrologické údaje (střední roční teplota, střední dlouhodobý úhrn srážek).

Pro zjištění průměrné roční produkce splavenin W_s ($\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$) se běžně používá rovnice dle Zuny [2]:

$$W_s = 3.14 \times K_T \times H_a \times F \times Z^{1.5} \quad (1)$$

Ve vzorci figuruje parametr K_T závislý na střední roční teplotě ($^{\circ}\text{C}$), střední dlouhodobý úhrn srážek H_a (522,00 mm) [3], plocha povodí F (4,47 km^2) a faktor erozní ohroženosti Z (0,15).

Tab. 3: Průměrná roční produkce splavenin

Parametr	Symbol	Jednotka	Hodnota
Parametr závislý na střední roční teplotě	K_T		0,94
Střední dlouhodobý úhrn srážek	H_a	mm	522,00
Plocha povodí	F	km^2	4,47
Faktor erozní ohroženosti	Z		0,15
Průměrná roční produkce splavenin	W_s	$\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$	391,02

Objem splavenin W_s ($391,02 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$) představuje množství splavenin, které se uvolní z plochy celého povodí. Tato hodnota je redukována pomocí součinitele retenční a retardační schopnosti povodí k_R , který závisí na délce rozvodnice (9,80 km), středním výškovém rozdílu povodí (0,12 km) a na délce údolí toku (3,70 km). Redukce je nutná z důvodu ukládání splavenin v místech poklesu podélného sklonu terénu a ve vodopisné síti před stanoveným profilem.

Tab. 4: Výsledky výpočtu splaveninového režimu

Parametr	Symbol	Jednotka	Hodnota
Součinitel retenční a retardační schopnosti povodí	k_R		0,32
Redukované množství splavenin v profilu přehrážky	W_R	$\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$	125,65
Objem suspendovaných splavenin	W_{SUS}	$\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$	22,62
Objem dnových splavenin v profilu přehrážky	W_{SPL}	$\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$	103,04

Po redukci objemu pomocí součinitele k_R se dostává množství splavenin W_R ($125,65 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$) a po odečtu objemu suspendovaných splavenin W_{SUS}

(22,62 m³.rok⁻¹), se získává hodnota objemu dnových splavenin W_{SPL} (103,04 m³.rok⁻¹). Objem suspendovaných a sedimentovaných splavenin byl vypočten podle předpokládaného podílu na celkovém objemu splavenin (podíl suspendovaných splavenin 13 % a sedimentovaných 22 %).

Výpočtová metoda splaveninového režimu poskytuje odhad množství dnových splavenin, které lze očekávat v retenčním prostoru za průměrný kalendářní rok W_{SPL} 103,04 m³.rok⁻¹. V časovém rozmezí let 2011 až 2012 se retenční prostor nezměnil, veškeré změny v množství uložených splavenin proběhly v časovém intervalu od léta 2012 do července 2013. Zkoumané období je sice dvouleté, ale vzhledem k tomu, že v roce 2012 výrazně nepršelo a retenční prostor objektu se prakticky nezměnil, lze tento rok z hlediska jeho extrémnosti vynechat. Pro účely porovnávání výsledků obou metod lze tak uvažovat pouze roční interval.

V případě opomenutí „suchého“ roku 2012, je možné vypočtené množství (103,04 m³.rok⁻¹) porovnávat s reálně uloženým, tj. 90,79 m³. Vypočtené množství se výrazně neliší od objemu splavenin reálně uloženého v retenčním prostoru přehrážky a rozdíl 12 m³ lze považovat za nevýrazný. V tomto případě tato shoda potvrzuje správnost volených koeficientů výpočtu.

4 DISKUZE

Výpočet splaveninového režimu je více odborným odhadem, než stanovením přesného množství splavenin. Ve výpočtu figuruje řada koeficientů s širokým intervalem hodnot, kterých mohou nabývat a určení jejich přesné hodnoty je mnohdy velice problematické a může být nejednoznačné. Metoda je postavena na charakteristikách „průměrného“ roku a používají se často střední hodnoty údajů – např. střední dlouhodobý úhrn srážek, což ztěžuje samotné porovnání s realitou. Avšak jedná se o metodu, která je v praxi oboru hrazení bystřin a strží běžně používána a zatím nebyla nahrazena přesnějším výpočtem.

Během roku 2012 srážkoměr umístěný na lokalitě nezaznamenal srážku, která by způsobila výrazné zvýšení průtoku, což by vedlo k uvolňování většího množství splavenin. Rok 2012 tak lze považovat za extrémně suchý, nikoliv průměrný. Empiricko – teoretický postup výpočtu splaveninového režimu tento fakt nezohledňuje. Lze tak namítat, že během dvouletého období zkoumání by se mělo podle platnosti výpočtové metody v retenčním prostoru přehrážky objevit až dvojnásobné množství splavenin. V takovém případě by samozřejmě výsledky nebyly porovnatelné.



5 ZÁVĚR

Pro účely tohoto příspěvku byla vybrána dvě geodetická zaměření retenčního prostoru přehrážky, z čehož měření z roku 2011 je považováno za referenční stav. Tachymetrické plány byly dále zpracovávány pomocí SW ArcGIS a byly vytvořeny digitální modely terénu – povrchu uložených splavenin v retenčním prostoru přehrážky v letech 2011 a 2013. Již z vizuálního porovnávání je patrné rozšíření a navýšení nánosové lavice umístěné na vtoku do retenčního prostoru. Tuto změnu dokládá rastrová vrstva dat vytvořená odečtem modelů (2013-2011), která přehledně zobrazuje rozdíl relativních výšek. Výsledné množství uložených splavenin přibližně odpovídá hodnotám vypočteným empiricko – teoretickým postupem. Tato shoda potvrzuje vhodnost použití metody splaveninového režimu pro danou lokalitu s přihlédnutím ke klimatickým změnám na dané lokalitě.

Poděkování

Prezentované výsledky byly získány za podpory SGS projektu „Sledování splaveninového režimu na experimentálním povodí“ SGS2013/128/OHK1/2T/11.

Literatura

- [1] NOVÁK, Ladislav. *Stabilita dna bystřinných toků*. Praha: Vysoká škola zemědělská Praha. 1988. 174.
- [2] ZUNA, Jaroslav. *Hrazení bystřin*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Česká technika – nakladatelství ČVUT. 2008. 180 s. ISBN 978-80-01-04010-2.
- [3] <http://priroda.kr-stredocesky.cz/article.asp?id=35>, název: „Střední Čechy–Příroda, lověk, krajina“, sekce: „Podnebí–Srážkové poměry“

JAK VYHODNOTIT KVALITU PODZEMNÍ VODY Z VRTU V PRACHATICKÉM GRANULITOVÉM MASIVU PRO HROMADNÉ ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU.

HOW TO ASSESS THE QUALITY OF GROUND WATER FROM A
DRILLHOLE IN PRACHATICE GRANULITE MASSIF FOR PUBLIC DRINKING
WATER SUPPLY.

Jana Krejsová¹ Gabriela Strnadová²

Abstract

Source of drinking water (well) for bulk supply for the villages inhabitants Nebahovy and Zdenice is located on Prachatice granulite massif. Granulit is composed mainly of whitish alkali feldspar and colorless quartz. The rocks are represented in a certain amount of grains of garnet red and blue or bluish grains cyanitu. The evaluation of water analyzes show that the water is very low mineral content, although granulite from the perspective of the mineral composition is interesting metamorphic rock. Conductivity granulite water is about 17 mS/m, a significant amount of water is only a nitrate ion, and it is around 25 mg/l. What is the reason for the low mineralization of groundwater from the massif.

Keywords

Granulite massif, water, drinking water analysis

1 ÚVOD

Vodní vrty pro obec Nebahovy-Zdenice, představují zdroj pitné vody, u kterého se pravidelně prováděla analýza. Výsledky analýz kvality vody uložené v archivu

¹ Jana Krejsová, RNDr., Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, Branišovská 31a, České Budějovice, 37005, rndrjanakrejsova@seznam.cz

² Gabriela Strnadová, Ing., Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, Branišovská 31a, České Budějovice, 37005, gstrnadova@prf.jcu.cz



obce a Zdravotního ústavu byly použity pro celkové vyhodnocení a zjištění závislostí mezi pitnou vodou a geologickým podložím.

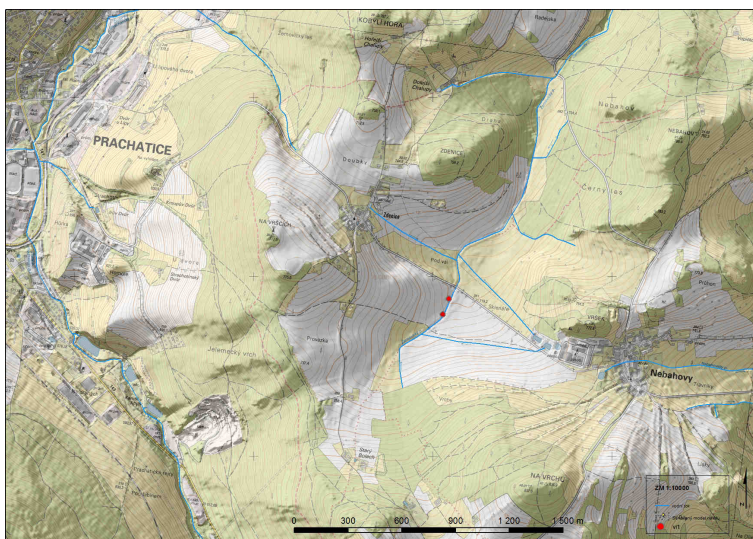
2 POPIS UMÍSTĚNÍ VODNÍCH ZDROJŮ VODOVODU

Zájmové území jímání vody k pitným účelům na prachatickém granulitovém masívu patří do systému Hercynského, subsystému Hercynská pohoří, provincie Česká vysočina, subprovincie Šumavská, oblast Šumavská hornatina, celek Šumavské předhůří, podcelek Prachatická hornatina, okrsek Žernovická vrchovina a podokrsek Zdenická vrchovina. Nejvyšším vrcholem Šumavského předhůří je Libín s výškou 1 096 m. Oblast Šumavského podhůří je odvodňována řekami Otavou, Blanící, Vltavou a Volyňkou. Na řadě úseků těchto vodních toků vznikla hluboká kaňonovitá údolí, která se zaryla hluboko do podkladu tvořeného převážně rulami, svory a granulyty. Zdenická vrchovina je odvodňována Žernovickým potokem. [1]

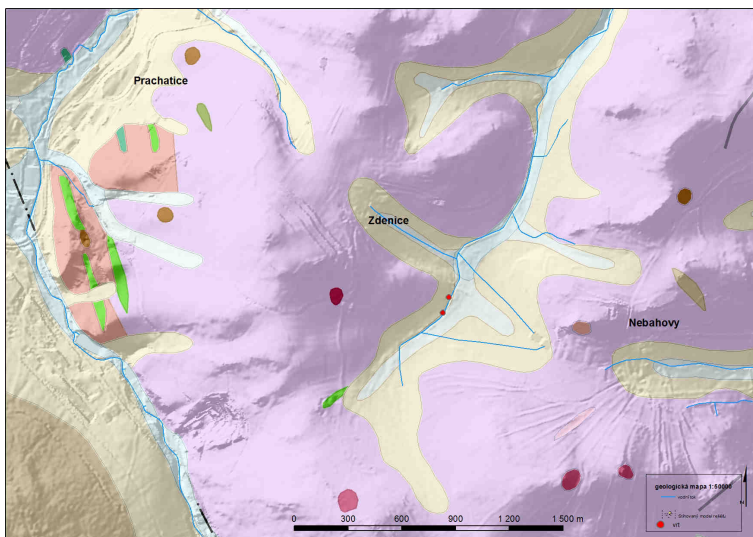
Nacházíme se v mírném klimatickém pásu severní polokoule na okraji území s mírným oceánským vlivem a pravidelným střídáním čtyř ročních období jaro, léto, podzim a zima. Šumavské podhůří stojící ve srážkovém stínu Šumavy má tak poměrně nízký roční úhrn vodních srážek a vyšší teplotu vzduchu. Srážkový průměr v dané oblasti se pohybuje mezi 600 a 800 mm. Průměrné roční teploty vzduchu jsou vyšší než 6°C.

Zdroje pitné vody dva vrty obr. č. 1 jsou situované v blízkosti prameniště Žernovického potoka ve výšce 750 m ve vzdálenosti cca 1 km od prameniště. Leží na břehu horního toku potoka Žernovického vpravo od silnice třetí třídy 12259 Zdenice – Nebahovy. Potok protéká depresí středem granulitové náhorní plošiny mezi Zdenicemi a Nebahovy. Pramen Žernovického potoka je situován v lese pod Vrchy. Spádovou oblast má rozlohu cca 5,5 km² vzhledem k jímacím objektům - vrtům na horním toku Žernovického potoku. Oblast je ohraničena vrchem Na Vrších 777 m, Provazky 757 m, Vyhlička 810 m, Na Vrcholu 837 m viz označení na obr. č. 2.

Dva vrty z osmdesátých let minulého století o hloubce cca 20 m a průměru cca 25 cm jsou poměrně dobře situovány z hlediska zvodnění a mocnějšího granulitového eluvia, které je významně vodonosné obr. č. 2. Jsou velmi dobře zabezpečeny proti vniknutí povrchové vody jak z přilehlého potoka, tak z okolních pozemků. Jsou vytaženy do šachty cca 1,5 m nad okolní terén, která je zabezpečena obšypem hlíny proti mrazu. Povrch je zpevněn travním porostem.



Obr. 1: geomorfologická situace zkoumané oblasti (wms služba ČUZK – stínový model, ortofoto)



Obr. 2: geologická situace (wms služba geologická služba – geologická mapa 1:50000, wms služba ČUZK – stínový model), fialově: granulit, žlutě: písčito-hlinitý až hlinito-písčitý sediment, světle modře: nivní sediment

3 GRANULIT

V Jihočeském kraji se nachází čtyři rozsáhlejší granulitové masívy. Jedná se o masív prachatický, křišťanovický, Blanského lesa a lišovský. Prachatický granulitový masív je tvořen leukokrátním jemnozrnným typem horniny, která se skládá s křemene, draselného živce, obecného granátu – almandinu, kyanitu a biotitu. Granulit mám bílou až šedobílou barvu. Má makroskopicky dobře identifikovatelné krystaly červeného granátu a biotitu. Tvrdost granulitu je kolem 6, hustota $2,6 \text{ g/cm}^3$. Průměrné složení granulitu v procentech je cca SiO_2 74%, Al_2O_3 12%, CaO 2%, K_2O 5%, Na_2O 3%. Geologicky granulit náleží ke krystalickým břidlicím obr. č.2. [2].

3.1 Křemen

Jedná se o oxid křemičitý. Může obsahovat příměsi například hliníku, bóru, železa, hořčíku, vápníku, draslíku apod. Barva křemene bývá velmi rozmanitá, od bezbarvých odrůd přes bílou, mléčně, žlutou, hnědou, černou, růžovou, fialovou až po zelenkavou. Křemen je průhledný, průsvitný i neprůhledný, jeho lesk je skleněný nebo matný. V Mohsově stupnici tvrdosti má tvrdost přesně 7, ale je křehký. Jeho hustota je $2,65 \text{ g/cm}^3$. Tento minerál se vyskytuje obvykle ve vyvřelých, přeměněných a usazených horninách. V přírodě je značně rozšířený, jako důležitý horninotvorný minerál. V kyselých metamorfovaných horninách je křemen vždy podstatnou součástí horniny.[3]

3.2 Živce – alkalické – sodnodraselné – ortoklas

Živce jsou významné horninotvorné minerály. Nalezneme je i v metamorfovaných horninách. Jedná se o hliníkokřemičitan draslíku, KAlSi_3O_8 , krystaluje v jednoklonné soustavě. Krystaly tabulkovité nebo krátce sloupcovité v barvě žlutobílé. Hustota $2,5 \text{ g/cm}^3$ a tvrdost je 6. Vykazuje dokonalou štěpnost. [3]

3.3 Almandin

Je charakteristický granát přeměněných hornin, jako je granulit. Chemické složení - $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$. Krystaly jsou nejčastěji červenofialové, méně často červenohnědé. Tvoří rombododekaedry, hexaoktaedry. Tvrdost je 6,5 - 7,5 a hustota $3,3 \text{ až } 4,5 \text{ g/cm}^3$. [3]

3.4 Kyanit

Minerál získal svůj název podle řeckého kyanos, což značí modrý. Lze jej najít i v barvě bílé, šedé nebo zelenavé. Nejčastěji tvoří dlouze lupenité krystaly na kontaktu křemenných čoček a krystalických břidlic. V granulitu se vyskytuje v podobě drobných destiček spolu se zrny almandinu. Chemické složení Al_2SiO_5 , krystalizuje v trojklonné soustavě. Hustotu má $3,3 \text{ g/cm}^3$. [3]

3.5 Biotit

Jednotlivé lupínky jsou ohebné až křehké, vyskytuje se ve více polytypech. Označení biotit se obecně využívá, i když je klasifikačně nesprávné, protože se jedná se o minerál z řady flogopit – annit s mírnou převahou hořečnaté složky, který je běžnou součástí hornin metamorfovaných. Chemické složení - $\text{K}(\text{Mg,Fe})_3(\text{Si}_3\text{AlO}_{10})(\text{F,OH})_2$, tvrdost je 2,5–3 a hustota $2,8\text{--}3,4 \text{ g/cm}^3$. Je tmavým horninotvorným minerálem metamorfovaných hornin – granulitů. [3]

4 GRANULIT A VODA

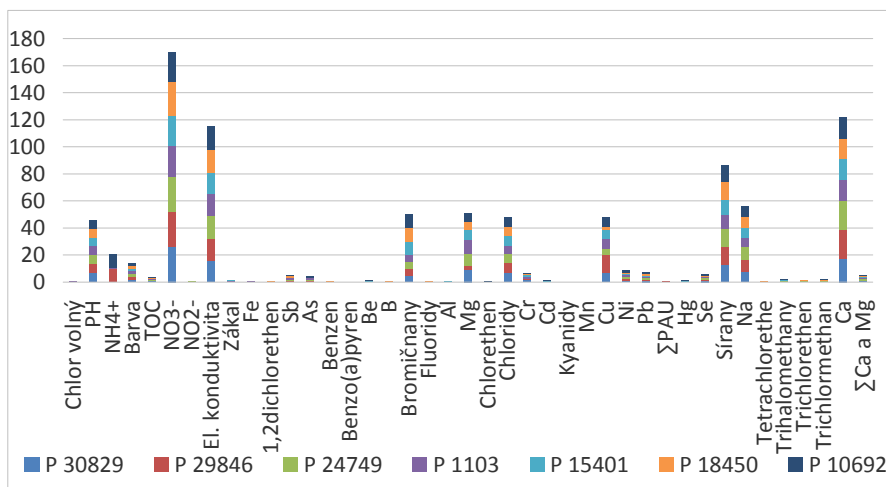
Podzemní vody pocházející z granulitového masívu jsou vody velmi málo mineralizované. Vydatnost pramenných struktur je velice proměnlivá podle puklinové propustnosti horninového komplexu. Oběhy podzemních vod jsou poměrně rychlé a významně závislé na srážkové činnosti. Vydatnost pramenných struktur je velice proměnlivá podle puklinové propustnosti horninového komplexu. Granulity obsahují puklinovou vodu většinou v poměrně malém množství, značné propustnosti však dosahují na tektonických poruchových pásmech, kde mohou vést vodu i na značné vzdálenosti. Pokud jsou zvětřelé, tvoří jejich eluvia prostředí příznivé pro infiltraci srážkových vod obr. č. 2.

Při prolínání horninovým prostředím voda získává některé látky rozpouštěním, a to zejména chloridy, sírany, sodík, hořčík a vápník. Rozpouštění ovlivňuje ve vodě rozpuštěný CO_2 , který se chová jako slabá kyselina. Chemické vlastnosti podzemních vod jsou dány poměrem rozpuštěných látek (mg/l) ve vodě. Celkové množství rozpuštěných látek ve vodě je celková mineralizace. Každá podzemní voda v přírodě je mineralizovaná. Podzemní vody jsou roztoky, většinou s hlavními složkami kationtů: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} a převládajících aniontů: HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- . Podle převládajících koncentrací iontů ve vodách se tyto klasifikují jako např. sodno-chloridové (NaCl), vápenato-síranové (CaSO_4), sodno-hydrouhličitanové (NaHCO_3).

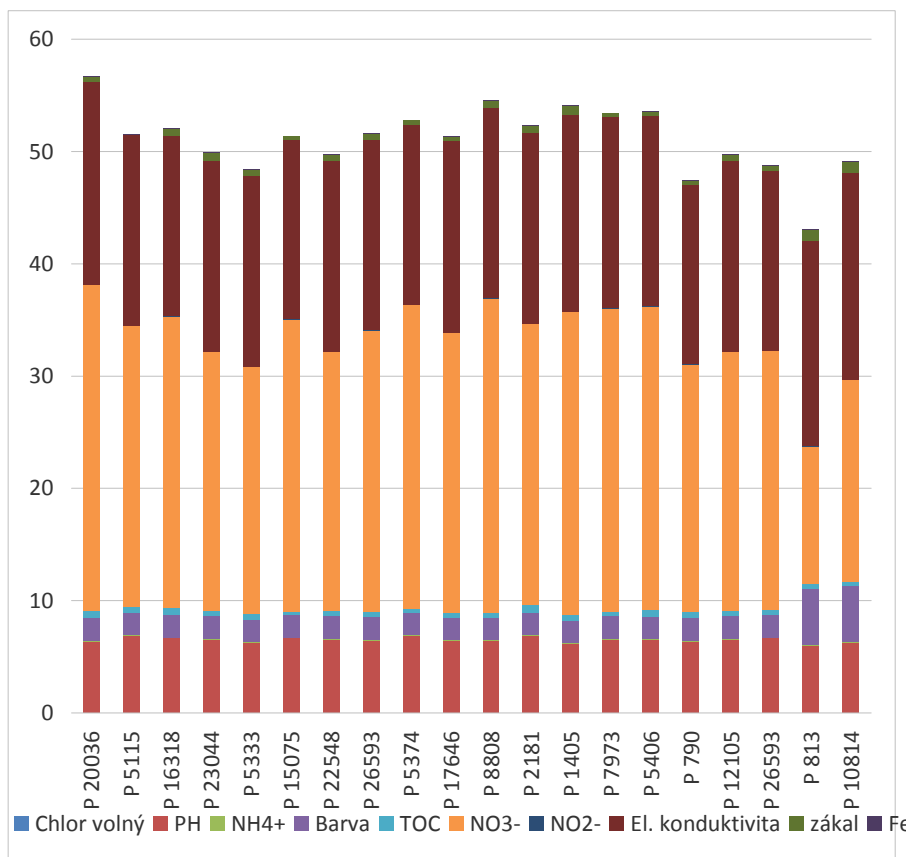
Z fyzikálních vlastností podzemních vod je nejdůležitější teplota vod, hustota, vodivost a radioaktivita. Jsou důležité i senzorické vlastnosti barva, chuť, zápach a zůstatky. Velmi důležitými ukazateli znečištění podzemních vod a antropogenního ovlivnění jsou obsahy různých organických látek ve vodě například polycyklické aromatické uhlovodíky, pesticidy, polychlorované bifenylly aj.. Sleduje se i biologicko-bakteriologické oživení - koliformní, mezofilní, psychofilní aj. bakterie, signalizující např. fekální znečištění podzemních vod, intenzivní zemědělskou činnost apod.. Kvalitativní požadavky na pitnou vodu legislativně upravuje vyhláška č. 252/2004 Sb.

5 VZÁJEMNÉ PŮSOBNÍ VODY, HORNINY A KRAJINY

Voda je základním transportním a geochemickým činitelem v horninovém prostředí. Zároveň je základní složkou biosféry. Podzemní a povrchové vody spolu úzce souvisí a vzájemně se ovlivňují v chemickém složení. Jak je voda mineralizovaná, je výsledkem vzájemného působení srážkových a povrchových vod, podzemní atmosféry a horninového prostředí.



Graf 1: Zastoupení všech ukazatelů jakosti pitné vody z úplných rozborů vodovodu Nebahovy- Zdenice



Graf 2: Vybrané ukazatele kvality pitné vody z vodovodu z krácených a i úplných rozborů pitné vody

6 SLOŽENÍ PODZEMNÍ VODY Z PRACHATICKÉHO GRANULITOVÉHO MASÍVU – VODOVOD NEBAHOVY

Byly vyhodnoceny protokoly z odběrů pitné vody z vodovodu Nebahovy – Zdenice za období 2005 a 2013. Úplné rozborů pitné vody požadované vyhláškou, jsou v zapůjčené dokumentaci od roku 2006 viz graf 1 a krácené rozborů pitné vody od roku 2005 viz graf 2. Jedná se o vodu málo mineralizovanou v rozpětí 80 až 85 mg/l vypočteno z hodnot elektrické konduktivity, **která může být maximálně**

125 mS/m. Voda z vodovodu dosahuje elektrické konduktivity ve výši 16 – 17 mS/m. Zásadním iontem, který se ve vodě nachází, je dusičnanový iont, jehož zdrojem je pravděpodobně antropogenní činnost člověka. **V pitné vodě může být maximálně ve výši 50 mg/l.** Jeho hodnota ve vodě z vodovodu je nejčastěji v rozpětí 22 – 26 mg/l. Rozdíl mezi stanovenými dusičnanovými ionty v pitné vodě v době vegetačního klidu a vegetačního rozvoje vegetace je 2 až 3 mg/l, což není významné z hlediska užívání vody k pitným účelům. Na celé náhorní plošině probíhá intenzivní zemědělská činnost. Ze 40% se jedná o ornou půdu, ze 40% o trvalé travní porosty - louky a 20% tvoří les a remízky. Dusíkaté látky jsou vyplavovány z půdy hlavně v podobě NO_3^- . Samozřejmě se zde hnojí dusíkatými hnojivy, louky močůvkou z živočišné farmy Nebahovy a pole podle plodin, které se na nich pěstují.

Dusičnanové ionty za posledních cca 8 let významně nekolísají během ročních období. Hnojení se jeví v dané oblasti vyvážené a neohrožuje kvalitu podzemní vody v zájmovém území. Ostatní ionty jsou velmi málo významné. Ani na kovy není voda bohatá. Má jen nepatrně mědi, železa, manganu. Má i málo iontů vápníku 15 – 22 mg/l a hořčíku 6 – 10 mg/l, které jsou pro zdravý vývoj lidí velmi důležité. **Doporučené hodnoty iontu vápníku vyhláškou jsou v rozmezí 40 – 80 mg/l a u iontů hořčíku je to 20-30 mg/l.** PH vody je neutrální a pohybuje se kolem 6,5, což je pro pitnou vodu důležité. Voda je prostá organických látek, nikde v okolí se nenachází zdroje znečištění organickými látkami graf 1. Z hlediska biologických a mikrobiologických rozborů vody jsou v souladu s platnou legislativou, nejsou žádné výkyvy během ročních období. Chuťově je voda velmi příjemná a zajímavá pro pití bez ochucovadel. [4].

7 ZÁVĚR

Granulit je velmi kompaktní a jemnozrnná hornina, tektonicky porušená puklinami a vyhojeným žilným systémem. Není nijak bohatá na minerály. Dle poznatků z protokolů odběrů a analýz vody z vodovodu a stavu horninového granulitového tělesa má podzemní voda stejnou kvalitu ve všech ročních obdobích v letech 2008 až 2013. Má nízkou mineralizaci 80 – 85 mg/l, která je stabilní. Granulit se chová jako stabilizátor jak chemického, tak i biologicko mikrobiologického složení podzemní vody.

Uživatelé pitné vody mohou mít v této metamorfované hornině určitou jistotu, že pijí stabilní vodu po všech stránkách kvality. Musí jen počítat s tím, že si musí doplnit některé ionty - hlavně vápníku a hořčíku z potravy.



Poděkování

Článek byl podpořen grantem: SGS14/111/OHK1/2T/11.

8 LITERATURA

- [1] Geografický portál, *Geomorfologie ČR* [online]. [cit. 14.06.2014]. Dostupný z www <<http://www.zemepis.com/geomorfologiecr.php>>
- [2] Rajich P.: *Naušův atlas hornin Prachaticka*, České Budějovice, Jihočeské muzeum, 2010, 328 stran, ISBN 978-80254-6421-2
- [3] *Jihočeský mineralogický klub*, z.s. [online]. [cit.14.06.2014]. Dostupný z www <<http://www.mineraly.org/mineraly/?podle=abecedy&clanek=516>>
- [4] Dokumentace: protokoly z rozborů pitné vody obec Nebahovy a vesnici Zdenice v letech 2008 a 2013 zapůjčené starostou obce Nebahovy

12 LET EXPERIMENTÁLNÍHO VÝZKUMU EROZE PŮDY NA LABORATORNÍM DEŠŤOVÉM SIMULÁTORU ČVUT

12 YEARS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF SOIL EROSION AT THE
LABORATORY RAINFALL SIMULATOR CTU

**Tomáš Laburda¹, Pavla Schwarzová¹, Petra Kopecká²,
† Jana Veselá¹, Josef Krása¹**

Abstract

The article is focused on comparison of data obtained by laboratory rainfall simulator (Norton Ladder type) built at CTU Prague in 1999. Total 10 soil sets from different or same sites have been tested from 2002 (1st representative measurement) to 2014. During the 12 years of the research the methodology of data acquisition was modified. Therefore the article is focused on comparability of all data (surface runoff, soil loss, infiltration, etc.) obtained during all 255 simulations (247 rainfall-runoff hours).

Keywords

Soil erosion, rainfall simulator, soil loss, surface runoff

1 ÚVOD

Vodní eroze půdy představuje závažný dlouhodobý problém, který se v důsledku změn v krajině a klimatických změn dostává do popředí s čím dál vyšší intenzitou. Častější výskyt delších období sucha kombinovaný s častějším výskytem přívalových srážek, kdy během velmi krátké doby může na některých místech spadnout i průměrný měsíční srážkový úhrn, vytváří spolu s pěstováním nevhodných

¹ Tomáš Laburda, Ing., tomas.laburda@fsv.cvut.cz, Pavla Schwarzová, Ing., Ph.D., pavla.schwarzova@fsv.cvut.cz, † Jana Veselá, Ing., vesela@fsv.cvut.cz, Josef Krása, doc. Ing., Ph.D., josef.krasa@fsv.cvut.cz ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydromeliací a krajinného inženýrství, Thákurova 7, 166 29 Praha 6

² Petra Kopecká, Ing., petra.kopecka@fsv.cvut.cz, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydrotechniky, Thákurova 7, 166 29, Praha 6

plodin na nevhodných pozemcích ideální podmínky k výskytu vodní eroze půdy. Ačkoli se jedná o přírodní děj, jeho zrychlená forma sebou přináší rizika, která přesahují hranice ohroženého dílčího pozemku. Důsledkem toho dochází v dané lokalitě ke zhoršování vlastností půd, ale v širším okolí také k zanášení vodních toků a nádrží či zaplavení a poničení infrastruktury a intravilánu [1].

Vzhledem k širokému záběru této problematiky se na výzkumu eroze půd podílí již od 50. let 20. století také Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství na Fakultě stavební, ČVUT v Praze. V rámci praktického výzkumu zde bylo na konci 90. let zkonstruováno experimentální zařízení – Laboratorní dešťový simulátor (dále jen DS), které mělo přispět k rozšíření znalostí o chování půd při extrémních srážkových událostech.

2 LABORATORNÍ DEŠŤOVÝ SIMULÁTOR

Zařízení laboratorního DS se nachází spolu s dalšími experimentálními přístroji na Fakultě stavební ve Vodohospodářské hale v budově D. Jedná se o tryskový dešťový simulátor typu „Norton Ladder Rainfall Simulator“ s překlápěcími tryskami VeeJeet s pádovou výškou kapky 2,43 m. DS byl zkonstruován v roce 1999 z komponentů dodaných z USA na základě podobného laboratorního dešťového simulátoru univerzity BOKU ve Vídni [2].



Obr. 1: Laboratorní dešťový simulátor KHMKI, ČVUT

2.1 Měření na DS

Laboratorní DS se používá k experimentálnímu měření erozních procesů na porušených půdních vzorcích půdy, které se vyskytují v zemědělsky obdělávaných oblastech ČR. Zařízení umožňuje pro každou simulaci nastavit podélný sklon půdního povrchu v rozmezí $0^\circ - 8^\circ$ a intenzitu simulovaného deště v rozmezí 20 – 60 mm/hod. Rozdílný je také povrch půdního vzorku, který může být nakypřený do hloubky cca 5 cm nebo bez úpravy, tj. s ponechanou vytvořenou krustou z předchozích simulací. Při simulacích trvajících nejčastěji 60 minut se sleduje a zaznamenává průběh a rychlost povrchového odtoku, ze kterého se následně získává i průběh půdního smyvu, respektive celková ztráty půdy. Dalšími veličinami, které se zaznamenávají, jsou vlhkost půdního vzorku na začátku a konci simulace a kontrolní intenzity simulovaného deště po skončení měření [1].

DS tak produkuje podrobná experimentální data srážko-odtokových veličin pro půdy bez vegetačního pokrytu, které jsou ve svažitých podmínkách velmi náchylné k erozi [2].

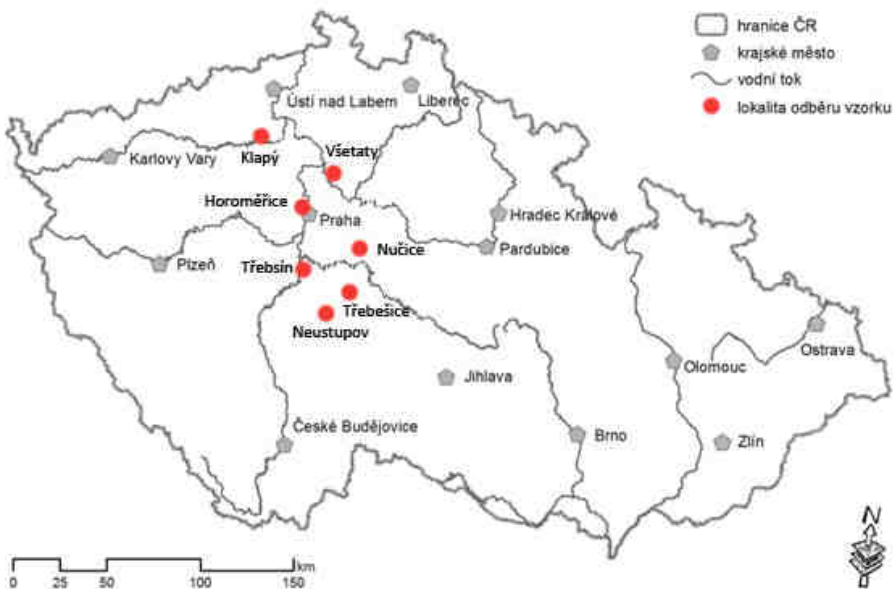
Z hlediska charakteristiky testovaných půdních vzorků se jedná o relativně malé množství půdy. Plocha vzorku činí $4 \times 0,9$ m a mocnost dosahuje 15 cm, přičemž dalších 5 cm tvoří spodní drenážní vrstva písku. Před naplnění kontejneru je půda navíc proseta přes síta s velikostí ok 20×20 mm, aby došlo k odstranění rostlinných zbytků a větších frakcí kameniva. Po naplnění erozního kontejneru se půdní vzorek před začátkem simulací ponechává v klidu po dobu cca 4-6 týdnů, aby došlo k rovnoměrné konsolidaci celého vzorku [3].

3 TESTOVANÉ PŮDY

Na popisovaném zařízení dosud proběhlo testování již 10 půdních vzorků. Měření probíhá přibližně od října do června a testuje půdní druhy vyskytujících se v zemědělských oblastech ČR, především ve Středočeském kraji.

Od roku 2002, kdy proběhlo první vyhodnocené měření na DS, byly pod vedením Ing. Pavly Schwarzové, Ph.D. otestovány půdy z těchto lokalit: Horoměřice, Třebsín, Neustupov, Klapý, Třebešice, Nučice a Všetaty (Obr. 2). Některé z těchto půd byly na DS otestovány v různých variacích i dvakrát (viz Tab. 1), v roce 2014/15 se dokonce plánuje otestování již 3. vzorku z lokality

Třebešice, a to z důvodu otestování dalšího typu trysek, které se na zmíněné lokalitě používají při simulacích s terénním DS.



Obr. 18: Přehled lokalit odběrů testovaných půdních setů

Od začátku testování prvního vzorku z lokality Horoměřice v roce 2002 až do konce testování vzorku Všetaty II. v roce 2014 bylo na zařízení laboratorního DS provedeno **celkem 255 reprezentativních simulací** s celkovou dobou provozu 247 hodin. Na zajištění provozu laboratorního DS se podíleli a podílejí jak zaměstnanci a doktorandi katedry, tak i bakalářští a magisterští studenti v rámci praxí či v rámci pomocné vědecké práce. Celkem se na zajištění provozu DS pravidelně podílelo v průběhu 12 let přibližně okolo 30 lidí.

3.1 Charakteristiky testovaných půd

Jednotlivé půdní sety byly k otestování na laboratorním DS vybrány na základě požadovaných fyzikálních vlastností a poté i z hlediska snadné dopravní dostupnosti (Obr. 2). Vybrané charakteristiky testovaných půdních setů včetně testovacího období a počtu simulací jsou uvedeny v následujících tab. 1 a 2. Z hlediska fyzikálních vlastností se jedná vždy o vlastnosti půdy v místě odběru.

Tab. 1: Přehled testovaných půdních setů se základními údaji († Ing. Jana Veselá)

Č.	název/ lokalita	rok testování	počet simulací	klasifikace dle Nováka			
				jíl [%]	prach [%]	písek [%]	půdní druh
1	Horoměřice	2002/4	25	25	58	17	jílovitohlinitá
2	Třebsín I	2005/6	22	5	60	35	písčitohlinitá
3	Neustupov	2006/7	14	4	41	55	hlinitopísčitá
4	Klapý	2007/8	25	30	54	16	jílovitohlinitá
5	Třebsín II	2008/9	28	5	60	35	písčitohlinitá
6	Třebešice I	2009/10	27	4	25	71	hlinitopísčitá
7	Třebešice II	2010/11	36	7	46	47	písčitohlinitá
8	Nučice	2011/12	35	14	57	29	hlinitá
9	Všetaty I	2012/13	24	22	42	36	hlinitá
10	Všetaty II	2013/14	17	22	42	36	hlinitá

Klasifikace dle Nováka: jíl < 0,002 mm, prach 0,002-0,063 mm, písek 0,063-2 mm

Tab. 2: Vybrané vlastnosti testovaných půdních setů († Ing. Jana Veselá)

Č.	název/ lokalita	K_s [m.s ⁻¹]	C_{ox} [%]	obsah zrn 1. kat.	propustnost	zařazení půdy
1	Horoměřice	$1,4 \cdot 10^{-5}$	1,6	54	velmi nepropustná	těžká
2	Třebsín I	$1,0 \cdot 10^{-5}$	1,4	29	propustná	středně těžká
3	Neustupov	$3,0 \cdot 10^{-6}$	1,9	17	málo propustná	lehká
4	Klapý	$2,3 \cdot 10^{-6}$	2,2	54	velmi nepropustná	těžká
5	Třebsín II	$4,1 \cdot 10^{-6}$	1,4	29	propustná	středně těžká
6	Třebešice I	$7,5 \cdot 10^{-5}$	1,3	15	propustná	lehká
7	Třebešice	$3,6 \cdot 10^{-5}$	1,5	28	propustná	středně těžká
8	Nučice	$5,3 \cdot 10^{-7}$	1,1	32	málo propustná	středně těžká
9	Všetaty I	$7,6 \cdot 10^{-7}$	1,7	37	málo propustná	středně těžká
10	Všetaty II	$7,6 \cdot 10^{-7}$	1,7	37	málo propustná	středně těžká

Jednotlivé půdní sety byly testovány v týdenních intervalech po dobu jednoho školního roku, výjimku tvoří pouze první set Horoměřice, který byl testován ve dvou sériích po dobu 2 let z důvodu prvního testování zařízení DS a metodiky měření. Počet simulací pro každý vzorek se pohyboval dle chování půdy v rozmezí od 14 až

po 36 experimentů, které zahrnovaly testování při různých variantách sklonu a intenzity deště.

Z uvedeného přehledu je patrné, že na laboratorním DS byla otestována široká řada půdních druhů od **jílovitohlinitých** (Horoměřice, Klapý), **hlinitých** (Nučice, Všetaty) až po půdy **písčitohlinité** (Třebsín I a II, Třebešice II) až **hlinitopísčité** (Neustupov, Třebešice I).

Na základě určených fyzikálních vlastností byly tyto půdní sety seřazeny podle propustnosti na půdy **velmi nepropustné** (Horoměřice, Klapý), **málo propustné** (Neustupov, Nučice, Všetaty) a **propustné** (Třebsín, Třebešice). Z hlediska obsahu uhlíku, který charakterizuje obsah organické půdní hmoty, se jedná o půdy se středním až vysokým obsahem.

Nutno však podotknout, že toto rozdělení je velmi základní, a i přesto, že například půdy Horoměřice a Klapý vykazují podobné charakteristiky, při bližším zkoumání se velmi liší např. v obsahu CaCO_3 (Horoměřice – 2,2 %, Klapý – 23 %), který je důležitý při tvorbě půdních agregátů a tím dále ovlivňuje vlastnosti půdy.

4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Během každého experimentu se měří a zaznamenávají data, která dávají určitou představu o počátečních a koncových podmínkách půdního vzorku (vlhkost půdního vzorku a stav povrchu), podmínkách simulace (podélný sklon půdního povrchu a intenzita deště) a chování půdního vzorku během simulace (průběh a rychlost povrchového odtoku a průběh půdního smyvu).

Na základě těchto různých kombinací nastavení a upravení počátečních podmínek simulací byly z důvodu porovnatelnosti testovaných podmínek zvoleny 2 reprezentativní hodnotící stavy **minimálních** a **maximálních zátěžových podmínek** s těmito parametry [3]:

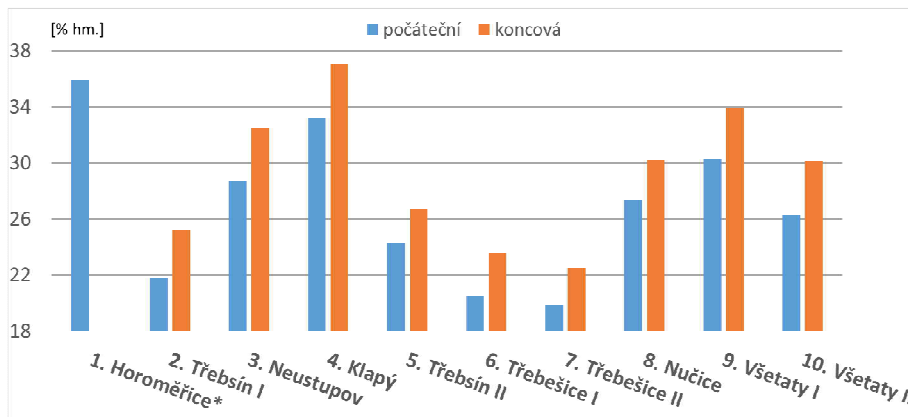
- **minZP:** intenzita deště 40 mm/hod a podélný sklon povrchu 4°
- **maxZP:** intenzita deště 60 mm/hod a podélný sklon povrchu 6°

4.1 Počáteční podmínky

Počáteční podmínky každé simulace se liší kromě již zmíněného stavu půdního povrchu (kypřený x krustovaný) také ve vlhkosti půdního vzorku.

Vlhkost vzorku se stanovuje gravimetrickou metodou ze vzorků odebraných ze 3 různých hloubek (0-5, 5-10, 10-15 cm) a 3 různých míst žlabu (nahore, uprostřed, dole vzhledem ke sběrnému žlabu) na začátku a konci každého měření.

Porovnání průměrných počátečních a koncových vlhkostí jednotlivých půd u srovnávacích měření je uvedeno na následujícím grafu 1.



Graf 1: Průměrné hodnoty počáteční a koncové vlhkosti u srovnávacích měření
(* u měření Horoměřice nebyly data koncové vlhkosti k dispozici)

Uvedený graf představuje průměrné hodnoty počáteční a koncové vlhkosti z celého půdního vzorku z vybraných měření minimálních a maximálních zátěžových podmínek, přičemž do porovnání nebyly zařazeny hodnoty z prvních měření jednotlivých půdních setů a také měření, která byla prováděna po době delší než běžný interval jednoho týdne. I když není možné v prostorách DS zajistit během celého roku konstantní teplotu a vlhkost vzduchu, jednotlivé půdy vykazují relativně stabilní hodnoty průměrné počáteční vlhkosti.

Z grafu 1 je jasně patrná závislost vlhkosti vzorku na fyzikálních vlastnostech, kdy těžké jílovitohlinité půdy Horoměřice a Klapý vykazují průměrnou vlhkost téměř 36 % hm., resp. 33 % hm., zatímco lehčí písčitohlinité až hlinitopísčité půdy Třebešice I a II dosahují průměrné vlhkosti pouze cca 20 % hm.

4.2 Erozní charakteristiky

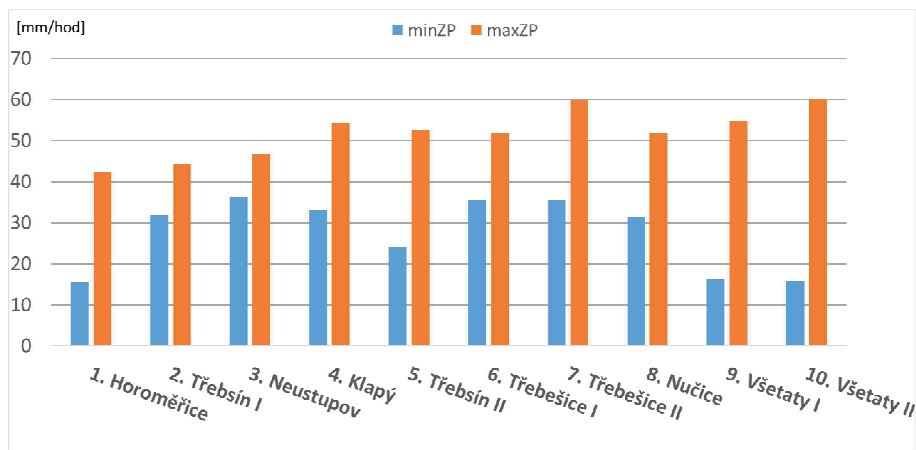
Nejhodnotnějšími daty získanými během simulací na laboratorním DS jsou bezesporu průběhy povrchového odtoku a půdního smyvu, které dávají určité představy o chování jednotlivých půd při extrémních srážkových událostech. V rámci získání těchto dat jsou dle metodiky [3] během každé simulace odebírány vzorky povrchového odtoku v určených intervalech, ze kterých jsou následně

vyhodnoceny průběhy povrchového odtoku a po pedologickém rozboru i průběhy půdního smyvu.

Ze srovnání byla vyloučena ta měření, u kterých se kontrolní intenzita lišila o více než 10 % od nastavené intenzity. Tyto odchylky mohou být způsobeny například ucpáním trysky či kolísáním tlaku vody v systému.

4.2.1 Povrchový odtok

Z odebraných a vyhodnocených vzorků každého měření se získané hodnoty z měřených intervalů převádějí na průběh povrchového odtoku v mm/hod. Během simulace dochází od počátku povrchového odtoku k výraznému růstu hodnot, které se postupně ustalují. K tomuto ustálení dochází nejčastěji během 20-30 minut, v případě nižší intenzity či kypřeného povrchu později, případně nedojde do 60 minut k ustálení vůbec. Vzhledem ke stručnosti tohoto článku jsou zde prezentovány právě tyto ustálené hodnoty pro již zmíněná měření minimálních a maximálních zátěžových podmínek. Popis následujících grafů 2, 3 a 4 je pro svoji provázanost a komplexnost umístěn v kap. 4.2.3., který se zabývá reakcí půd na změnu zátěžových podmínek.



Graf 2: Ustálené hodnoty povrchového odtoku při min/max ZP

4.2.2 Půdní smyv

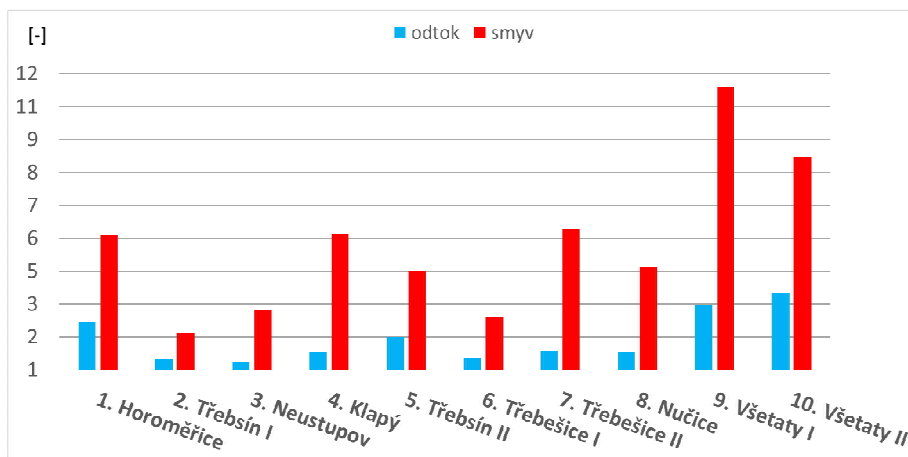
Na základě stejného postupu jako v případě povrchového odtoku byly získány hodnoty půdního smyvu [3].



Graf 3: Ustálené hodnoty půdního smyvu při min/max ZP

4.2.3 Reakce půd na zvýšení zátěžových podmínek

Na základě výše uvedených souhrnných grafů 2 a 3 byl vytvořen následující graf 4, který představuje poměr mezi hodnotami povrchového odtoku a poměr mezi hodnotami půdního smyvu při změně zátěžových podmínek z minimálních na maximální, tj. zvýšení sklonu ze 4° na 8° a zvýšení intenzity deště ze 40 na 60 mm/hod. Tento graf tudíž vyjadřuje reakci půd na zvýšení zátěžových podmínek.



Graf 4: Poměr hodnot odtoku a poměr hodnot smyvu mezi minZP a maxZP

Na základě uvedených grafů 2 a 3 nelze obecně a jednoznačně určit, která půda je nejvíce ohrožena z hlediska vysokého povrchového odtoku a smyvu, neboť tyto trendy se liší v kategorii minimálních a maximálních ZP. Vyvození přesnějších závěrů vyžaduje detailnější a hlubší porovnání nejenom ustálených hodnot odtoku a smyvu. Zajímavější porovnání proto přináší právě graf 4, který dává do souvislosti předchozí dva grafy a vyjadřuje poměry mezi uvedenými stavy minZP a max ZP.

Z uvedeného grafu je možné vypožorovat, že největší zvýšení odtoku a smyvu nastalo u hlinité středně těžké půdy Všetaty a jílovitohlinitých půd Horoměřice a Klapý, zatímco nejnižší zvýšení u písčitohlinité půdy Třebstín I a hlinitopísčité půdy Třebešice I. Obecný trendem vycházejícím ve všech případech, je zvýšení obou hodnot, avšak zatímco v případě povrchového odtoku dojde v průměru ke zvýšení hodnot 2,1krát, v případě smyvu 5,6krát.

5 ZÁVĚR

Uvedené srovnání je prvním souhrnným přehledem o jednotlivých půdních setech, které byly během 12 let na laboratorním DS podrobeny experimentálnímu měření erozních charakteristik. Podrobná dílčí data o chování jednotlivých půdních setů jsou součástí bakalářských, diplomových a disertačních prací, které byly od roku 2002 soustavně vypracovávány (Paříková, P., Kolečka P., Kolářková, J., Dvořáková T., Dvořák P., Mareš T., Kavka P., Renner M., Laburda T.).



Cílem tohoto shrnující příspěvku bylo tedy především uspořádání naměřených dat ze všech 255 reprezentativních simulací v rámci 10 testovaných půdních setů a posléze provedení základního porovnání v rámci stanovených hodnotících kritériích minimálních a maximálních zátěžových podmínek. Cílem do budoucna by měla být především snaha o pokračování a detailnější porovnání vybraných erozních charakteristik.

Zdroje

- [1] JANEČEK, Miloslav a kol. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2012, 113 str., ISBN 978-80-87415-42-9.
- [2] PAŘÍKOVÁ, Pavla, *Vodní eroze jako činitel dynamiky krajiny*, Praha, Doktorská disertační práce, srpen 2001
- [3] SCHWARZOVÁ, P. a kol.: *Metodika provádění erozních experimentů na dešťovém simulátoru ČVUT Praha*. Sborník vědecké konference Enviro Nitra 2009. ISBN 978-80-01-04280-9

TERÉNNÍ MĚŘENÍ INFILTRACE MINIDISKOVÝM INFILTROMETREM NA POZEMCÍCH S PŮDNÍ KRUSTOU

INFILTRATION MEASURED USING MINIDISK INFILTROMETER ON
EXPERIMENTAL AREAS WITH SOIL CRUST

Lucie Larišová¹

Abstract

The aim of this paper is measurements and evaluation infiltration on experimental areas with soil crust. Experimental areas were conducted on two areas with different tillage method (conventional and reduced-tillage technology) in the cadastral Větrkovice a Březová. Measurement took in 2013 on cambisol acid, which is prone to the formation of soil crust. Infiltration was measured using minidisk infiltrometer in three slope landscape positions. Infiltration was evaluated by Zhang's method. Soil samples were collected near infiltration's tests for the determination of selected physical properties.

Keywords

Minidisk infiltrometer, infiltration, soil crust

1 ÚVOD

Infiltrace vody do půdního profilu a povrchový odtok na zemědělských půdách jsou silně závislé na způsobu zpracování svrchní vrstvy půdy [1]. Při snížené infiltrační schopnosti půdy dochází k negativnímu jevu, vodní erozi.

Eroze půdy je komplexní jev vznikající při rozrušení půdy vlivem dopadu dešťových kapek, následuje povrchový odtok a transport částic [2].

Strukturní půdní krusta vzniká během deště, když dešťové kapky dopadnou přímo na povrch půdy a vedou k destrukci agregátů. Odtržením půdních částic a smyvem půdy spolu s vodou dojde k uspořádání v hustší, relativně tenkou vrstvu na

¹ Lucie Larišová, Ing., VUT v Brně, Fakulta stavební, ústav vodního hospodářství krajiny, Veveří 331/95, 602 00 Brno, larisova.l@fce.vutbr.cz



povrchu půdy [3]. Ta při následujícím suchém období vysychá, objevují se praskliny a vytváří se pevná vrstva půdy. V odborné terminologii jsou pro tyto jevy používány dva termíny. Termín „soil sealing“ označuje počáteční mokrou fázi povrchové vrstvy půdy a termín „soil crust“ následující suchou fázi [4].

Půdní krusta brání vsakování vody do půdy a průniku vzduchu, čímž zhoršuje infiltrační schopnost půdy a způsobuje větší povrchový odtok a s ním spojené problémy s vodní erozí. Má také nepříznivý vliv na vzklíčení a růst rostlin, protože rostliny při vzklíčení musí překonat mechanickou překážku, což je oslabuje a tím se snižuje jejich výnosnost.

2 POPIS MĚŘENÍ

V rámci příspěvku byla měřena a vyhodnocena infiltrační schopnost na dvou erozně ohrožených blocích orné půdy, s půdní krustou na povrchu, v katastrálním území obce Větrkovice a Březová. Infiltrace byly měřeny pomocí minidiskového infiltrometru ve třech krajinných polohách svahu, a to ve spodní, střední a horní části svahu. V blízkosti infiltračních testů byly odebírány porušené a neporušené půdní vzorky pro stanovení vybraných fyzikálních vlastností v laboratoři.

2.1 Charakteristika území

Byly vybrány dvě experimentální plochy, přičemž plocha A. se nacházela v katastrálním území obce Větrkovice, plocha B. v katastrálním území obce Březová. Obě obce leží východně od města Vítkov, v okrese Opava, kraji Moravskoslezském.

Obce patří do oblasti mírně teplé, okrsku chladného. Tato oblast je charakterizována podnebím s velmi krátkým, mírně chladným a vlhkým létem, dlouhým přechodným obdobím s mírně chladným jarem a mírným podzimem, dlouhou mírnou až mírně vlhkou zimou s dlouhým trváním sněhové pokrývky.

Geomorfologicky náleží Vítkovské vrchovině, která patří do celku Nízkého Jeseníku. Průměrná nadmořská výška je 480 – 500 m. n. m. Podloží oblasti je tvořeno kulmskými drobami a břidlicemi. Zastoupení hlavních půdních jednotek (HPJ) v katastrálním území je HPJ 26 – kambizemě modální eurobazické a mezobazické na břidlicích, převážně středně těžké, až středně těžké skeletovité, s příznivými vláhovými poměry [5]

Plochy byly osety ječmenem jarním, zpracovány rozdílnou technologií zpracování půdy. Experimentální plocha A. klasickou a plocha B. minimalizační technologií.

Experimentální plochy byly zvoleny na erozně ohroženém bloku orné půdy. Pro kontrolu byly stanoveny hodnoty erozního smyvu. Pro výpočet erozního smyvu byla použita univerzální rovnice Wischmeier – Smith [6] na základě digitálního modelu terénu (DMT) metodou USLE 2D s využitím LS algoritmu dle McCoola. V místech největšího ohrožení půdy vodní erozí byla měřena infiltrace a odebírány porušené a neporušené půdní vzorky, pro stanovení vybraných fyzikálních vlastností laboratoři.

2.2 Měření a vyhodnocení infiltrační schopnosti

2.2.1 Minidiskový infiltrometr

Infiltrace byly měřeny pomocí minidiskového infiltrometru firmy Decagon Device, Inc. Celková délka minidiskového infiltrometru je 32,7cm. Průměr válce je 3,1cm. Spodní část infiltrometru tvoří porézní spěkaný nerezový disk o průměru 4,5cm a tloušťce 3mm. Metoda měření je popsána v manuálu výrobce, který je volně stažitelný na internetových stránkách.

Pro měření minidiskovým infiltrometrem byla stanovena délka infiltrace při sacím tlaku $h_0 = -2\text{cm}$ po dobu měření 20 minut, hladina vody v rezervoáru se odečítala v pravidelných minutových intervalech.

2.2.2 Vyhodnocení infiltrace pomocí Zhangovy metody

Infiltrační schopnost byla vyhodnocena pomocí Zhangovy rovnice [7], která poskytuje dobrý odhad nenasyčené hydraulické vodivosti $K(h)$.

Zhang vychází ze základní rovnice infiltrační křivky, která byla odvozena Philipem. Zhang použil dvoučlennou matematickou rovnici, která charakterizuje infiltrační proces pod kruhovým infiltrometrem.

$$I = C_1 t^{1/2} + C_2 t, \quad (1)$$

kde I je kumulativní infiltrace [cm], t čas [min] a C_1 a C_2 jsou parametry funkce a vztahují se k sorptivitě půdy a nenasyčené hydraulické vodivosti při sání $h \leq 0$.

$$K(h) = \frac{C_2}{A_2} \quad (2)$$

kde A_2 je bezrozměrný koeficient.

Koeficient A_2 je proměnlivý s celkovou dobou infiltrace, avšak jeho proměnlivost se s narůstajícím časem měření infiltrace zmenšuje na hodnoty, které

mohou být považovány za ustálené, je tedy považován za konstantu. Byly pro něj pevně stanoveny empirické vztahy. V této práci byla hodnota koeficientu pro výpočet nenasyčené hydraulické vodivosti $K(h)$ převzata z uživatelského manuálu (hlinitá půda: $A(-2\text{ cm}) = 6,4$, $\alpha = 0,036$, $n = 1,56$).

3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Samotný odběr vzorků probíhal v roce 2013 v červnu, červenci a srpnu. Před prvním odběrem v červnu se na pozemku dlouho vyskytovala sněhová pokrývka (až do konce dubna) a následovalo dlouhé období dešťů. První měření proběhlo těsně po dlouhém období dešťů 15. 6. 2013. Následovalo dlouhé období sucha, kdy byla provedena další dvě měření a to 19. 7. 2013 a poslední měření těsně před sklizní 3. 8. 2013. Z důvodu dlouhého období dešťů, se nepodařilo odebrat půdní vzorky na začátku vegetačního období.

Z neporušených půdních vzorků byla v laboratoři stanovena okamžitá vlhkost půdy, protože infiltrace je její funkcí, zejména ve své počáteční fázi. V Tab 1. jsou uvedeny hodnoty okamžité vlhkosti v době měření infiltrace. Výsledky jsou uvedeny pouze pro svrchní vrstvu půdy.

Tab.: 1 Momentální vlhkost v době měření

Krajinná poloha Datum	Klasická t.			Minimalizační t.		
	spodní	střední	horní	spodní	střední	horní
15. 6. 2013	33,15	30,47	31,89	35,45	33,05	32,46
19. 7. 2013	13,55	15,02	15,48	14,75	17,31	16,59
3. 8. 2013	13,49	14,79	16,82	13,98	16,15	19,32

Dále byly stanoveny hodnoty pórovitosti a objemové hmotnosti redukované.

Lhotský [8] uvádí kritické hodnoty pórovitosti (45%) a objemové hmotnosti redukované ($1,45\text{g.cm}^{-3}$) pro středně těžké a těžké půdy. Kritické hodnoty vyjadřují míru zhutnění půdy. Na lokalitách se nacházely středně těžké půdy, půdní druh byl stanoven jako hlinitá půda. Výsledky jsou uvedeny pouze pro svrchní vrstvu půdy.

V Tab 2. jsou uvedeny hodnoty objemové hmotnosti redukované, v Tab 3. jsou uvedeny hodnoty pórovitosti pro humusový horizont.

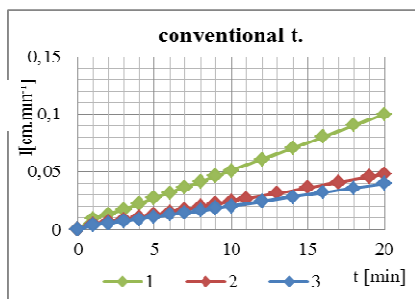
Tab. 2: Hodnoty objemové hmotnosti redukované v $g.cm^{-3}$

	Klasická t.			Minimalizační t.		
Krajinná poloha Datum odběru	spodní	střední	horní	spodní	střední	horní
8. 3. 2013	1,58	1,58	1,61	1,27	1,25	1,10
19. 7. 2013	1,56	1,56	1,55	1,26	1,21	0,90
15. 6. 2013	1,55	1,52	1,53	1,22	1,20	0,85

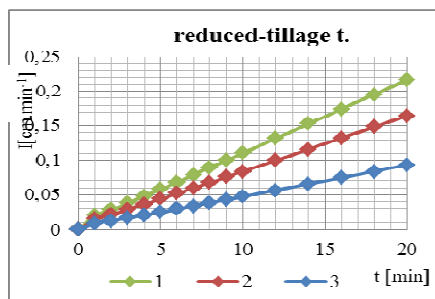
Tab. 3: Hodnoty pórovitosti %

	Klasická t.			Minimalizační t.		
Krajinná poloha Datum odběru	spodní	střední	horní	spodní	střední	horní
8. 3. 2013	40,82	41,82	40,37	52,50	53,86	58,33
19. 7. 2013	41,57	42,65	42,58	52,81	55,36	65,91
15. 6. 2013	41,94	44,22	43,33	54,31	55,56	67,80

Výsledky infiltračních testů jsou vyobrazeny v následujících grafech. Graf 1 a graf 2 zobrazuje infiltraci ze dne 15. 6. 2013, měřenou po dlouhých dešťových obdobích.

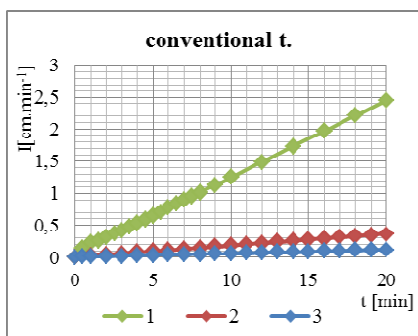


Graf 1: Infiltrace – klasická t.

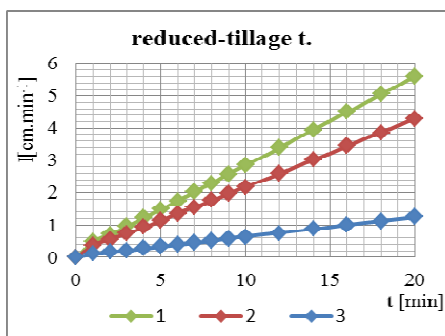


Graf 2: Infiltrace – minimalizační t.

Graf 3 a graf 4 zobrazuje infiltraci ze dne 19. 7. 2013, měřenou v suché periodě.

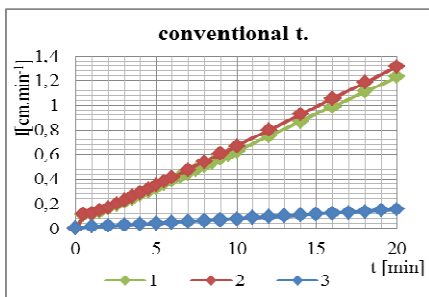


Graf 3: Infiltrace – klasická t.

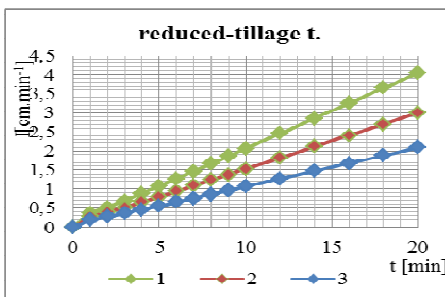


Graf 4: Infiltrace – minimalizační t.

Graf 5 a graf 6 zobrazuje infiltraci ze dne 3. 8. 2013. Toto měření proběhlo těsně před sklizní.



Graf 5: Infiltrace – klasická t.



Graf 6: Infiltrace – minimalizační t.

4 ZÁVĚR

Zpracováním půdy se mění fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy. Každý technologický zásah do půdy defragmentuje půdní částice (agregáty) a mění jejich prostorové uspořádání [9]. Pro hodnocení strukturního stavu půdy se používají změny objemové hmotnosti a pórovitosti jako ukazatelé vlivu použité technologie zpracování půdy.

Z tabulek Tab. 2 a Tab. 3 je jasné vidět, že hodnoty pórovitosti a objemové hmotnosti redukované, pro pozemek zpracovaný klasickou technologií, překračují kritické hodnoty stanovené Lhotským [8], které ukazují na škodlivé zhutnění půdy, při nichž půda vyžaduje agromeliorační zásahy.

Srovnáním jednotlivých křivek v grafech 1 - 6 lze vidět, že pozemek zpracovaný minimalizační technologií vykazuje lepší fyzikální vlastnosti půdy lepší infiltrační schopnosti. V horní části svahu je vyšší infiltrační schopnost, než v dolní části svahu. Infiltrační schopnost půdy se rovnoměrně snižuje po svahu směrem dolů. Tato skutečnost je následkem plošné eroze, kdy dochází ke změně zrnitostního složení půdy směrem po svahu.

V horní části svahu je materiál hrubozrnnější, v dolní části převažuje jemnozrnný materiál. Toto rozdělení způsobuje nerovnoměrné rozložení vlhkosti po svahu. Horní, hrubozrnnější část vysychá podstatně dříve a snadněji infiltruje vodu než jemné sedimenty v dolní části svahu. Nižší horizonty s obvykle menším obsahem organické hmoty a s menší propustností v dostatečné míře neinfiltroují srážkovou vodu, půdní profil je ochuzen o zásobu vláhy, což se projevuje v suchých obdobích na vývoj vegetace.

Dále grafy poukazují na sníženou infiltrační schopnost půdy, způsobenou půdní krustou na povrchu, i během období sucha. Spodní části svahu, kde je půdní krusta nejsilnější, se stávají téměř nepropustnými.

Poděkování

Príspevek byl zpracován s podporou specifického výzkumu FAST-J-13-2005 „Vznik a vývoj půdní krusty u variantních agrotechnologií v kontextu vybraných hydrologických charakteristik“.

Literatura

- [1] KLUTE, A. *Tillage effects on the hydraulic properties of the soil*. A review. In.: 1984.
- [2] ELLISON, W.D. *Studies of raindrop erosion*. Agric. Eng. 1994, 25. 4s.
- [3] ASSOULINE, S. *Rainfall-induced soil surface sealing: a critical review of observations, conceptual models and solutions*. Vadose Zone Journal 3. 2004, 21s.
- [4] ROMKENS, M.J.M. *Soil crusting – when crusts form and quantifying their effects*. In: Infiltration Research Planning Workshop, Part I. State of the art reports, USDA-ARS. 1979.
- [5] MAŠÁT, K. a kol. *Metodika vymežování a mapování bonitovaných půdně ekologických jednotek*. Praha. VÚMOP Praha. 2002. ISBN 80-238-9095-6
- [6] WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.D. *Predicting rainfall erosionlosses*. Washington, D.C., Science and Education Administration, U.S.Dep. of Agriculture. 1978. 58s



-
- [7] ZHANG, R. *Determination of soil sorptivity and hydraulic conductivity from the disk infiltrometer*. Soil Sci. Soc. Am. Journal, 1997. 7s
 - [8] LHOTSKÝ, J.: *Soustava opatření k zúrodnování ztuhlých půd*. Praha. Metodika ÚVTIZ. 1984. 39s.
 - [9] HADAS, A. *Soil tillage the desired soil structural state obtained through proper soil fragmentation processes*. Soil & Tillage Research 43, 1997, 33s.



POHYB FOSFORU VO VODE A KRAJINE

MOVEMENT OF PHOSPHORUS IN WATER AND LANDSCAPE

**Miroslava Sedmáková¹, Ing. Ľuboš Jurík²,
Saltanat Abikenova³**

Abstract

Eutrophication of aquatic systems over phosphorus and nitrates is the local and regional water quality problem that can be seen worldwide. The cycle of phosphorus is the biogeochemical cycle that describes the movement of phosphorus across lithosphere, hydrosphere and biosphere. Phosphorus moves slowly from the stocks on land and in sediments in living organisms and then slowly back to water and sediment. Human impacts arise mainly the introduction and use of commercial synthetic fertilizers. Phosphates in water are finally precipitated as the bottom sediments in water bodies. The backwaters that can cause a problem with its re-dissolution and recycling. Phosphorus is recognized as one of the major nutrients that increase the eutrophication of surface waters and is necessary to ensure the harvest of crops. When its use is not always part gets over soil erosion and run-off water out of the soil. The work aims to analyze the movement of phosphorus in the model basin Slaná.

Keywords

Water resources, water quality, nutrients, phosphorus, sediments.

¹ Miroslava Sedmáková, Ing., SPU v Nitre, FZKI, KKI, Tulipánová 7, 949 01 Nitra, miroslava.sedmakova@gmail.com,

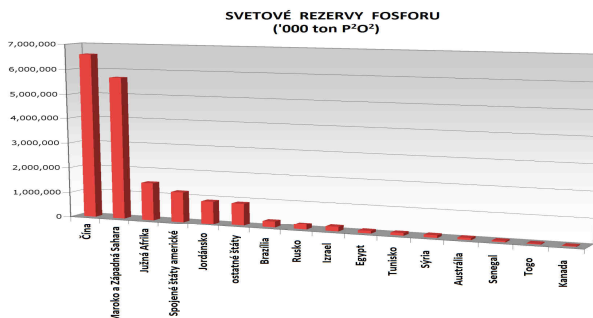
² Ľuboš Jurík, doc. Ing. PhD., SPU v Nitre, FZKI, KKI, Tulipánová 7, 949 01 Nitra, lubos.jurik.nr@gmail.com,

³ Saltanat Abikenova, KNAU, Abay Ave 8, Almaty 050010, Kazakhstan, sabikenova@gmail.com

1 ÚVOD

Fosfor (P) je esenciálnym makroprvkom pre všetky typy organizmov. Je súčasťou dôležitých organických molekúl. Obvykle je limitujúcim prvkom nielen pre rastliny, riasy a sinice, ale aj pre živočíchy. Zemský fosfor je spotrebúvaný alarmujúcou rýchlosťou. Pri súčasnej úrovni spotreby nám známe rezervy fosforu dôjdu približne za 80 rokov, no spotreba sa na súčasnej úrovni neudrží. Asi 90 % fosforu sa využije v globálnom potravinovom dodávateľskom reťazci, väčšina z toho v rastlinných hnojivách. Ak sa nepodniknú žiadne kroky na potlačenie používania hnojív, dopyt sa pravdepodobne exponenciálne zvýši [16].

Situácia fosforu je horšia ako u ropy, nakoľko v tomto prípade nie je žiadna náhrada za fosfor pri výrobe potravín. Všetko moderné poľnohospodárstvo je dnes závislé na neustálych vstupoch fosfátových hnojív z vyťaženej horniny na doplnenie pôdy tým, čo sa odviezlo pri zberaní plodín. Napriek tomu fosfor je neobnoviteľný zdroj a zostáva nám približne 50 až 100 rokov zo súčasných známych rezerv [19], [18]. Rezervy, ktoré existujú, sú pod kontrolou niekoľkých krajín, vrátane Číny, USA a Maroka (obr. 1).



Obr. 1: Globálne rezervy fosforu sú veľmi geograficky koncentrované a sú pod kontrolou len hŕstky krajín. (zdroj: JASINSKI, 2008)

2 VPLYVY NADMERNEJ SPOTREBY FOSFORU NA BIOTU

Nedostatok alebo prebytok fosforu v ekosystéme sa prejavuje najmä na raste fototrofných organizmov, a tak môže ovplyvňovať primárnu produkciu [6]. Pre človeka je významný predovšetkým v produkcii potravín [1]. Eutrofizácia, alebo obohacovanie prostredia živinami, je prirodzený proces, napriek tomu môže

byť urýchlený zvýšeným prísunom živín z poľnohospodárstva, ľudských sídiel a priemyslu [1], [5]. V dnešnom celosvetovom meradle sa jedná zhruba o 18,5 milióna ton fosforu za rok. Tento fosfor pochádza väčšinou z hnojív a akumuluje sa v poľnohospodárskych pôdach. Obohacovanie povrchových vôd o živiny často vedie prevažne v letných mesiacoch k silnému premnoženiu siníc a rias (tzv. vodný kvet). Spolu s ich následným odumieraním a rozkladom súvisí rýchly úbytok kyslíka vo vode, úhyn rýb a prípadné zníženie biodiverzity. Tieto javy môžu viesť až k obmedzeniu využívania vôd pre rybolov, rekreáciu, priemysel i vody ako zdroja pitnej vody [17].

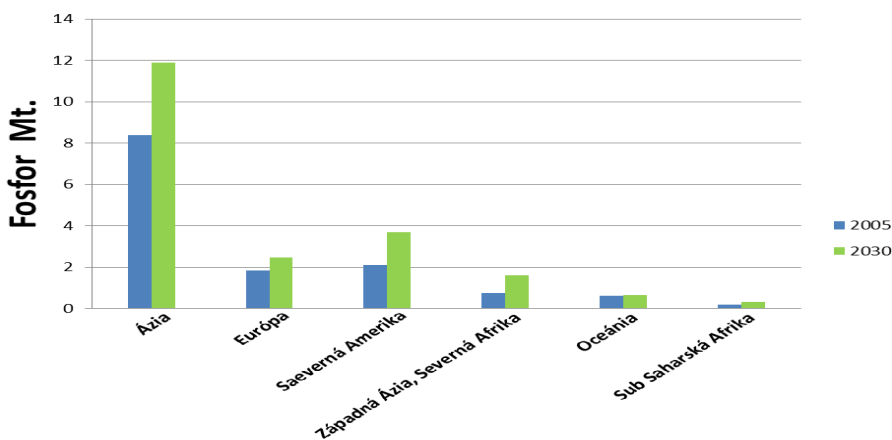
2.1 Zdroje fosforu

Vstupy fosforu do vodných ekosystémov sa všeobecne rozdeľujú na bodové (point sources) a nebodové (nonpoint sources) [5]. Medzi bodové zdroje fosforu patria hlavne odpadové vody z ľudských sídiel, priemyslu, stavieb a živočíšnej výroby. Tieto zdroje fosforu je pomerne jednoduché identifikovať a regulovať. Nebodové zdroje fosforu sú spojené predovšetkým s povrchovým odtokom a eróziou pôdy pri zrážkovom odtoku z poľnohospodárskych plôch. Ich kontrola a identifikácia nie je jednoduchá [5]. Pri bodových sa na rozhodujúcom prísune fosforu do vôd podieľajú predovšetkým komunálne zdroje a v niektorých oblastiach tiež priemyselné prevádzky. V prípade komunálnych zdrojov je hlavným vstupom fosforu ľudské vylučovanie a tiež fosfor v pracích a čistiacich prostriedkoch a tabletách do umývačiek riadu. Veľmi výrazné zastúpenie rozpusteného fosforu pod čistiarnami odpadových vôd z obcí dokumentujú niektoré štúdie v povodí rieky Temže [11]. SMIL [18] odhaduje, že približne 50 % fosforu sa spotrebuje a výlučkami zvierat sa globálne vracia do poľnohospodárstva.

Nebodové zdroje fosforu sú v dnešnej dobe hlavnou príčinou eutrofizácie v mnohých oblastiach sveta [6]. Napríklad BERNOT [3] uvádza, že väčší prísun živín z poľnohospodárskych povodí môže zvýšiť biologický metabolizmus v daných povrchových tokoch, a tým ovplyvňovať retenciu a uvoľňovanie živín vo vodných ekosystémoch. Pre redukciu nebodových zdrojov a zároveň udržanie produkcie potravín je potrebné predovšetkým vyrovnať vstupy a výstupy fosforu do poľnohospodárskych pôd a redukovať nežiaduci transport fosforu do vôd [17]. Toho možno dosiahnuť vhodným poľnohospodárskym obhospodarovaním, ktoré bude obsahovať opatrenie proti týmto negatívnym následkom. Dôležitým nástrojom pre podporu vhodného poľnohospodárskeho obhospodarovania môže byť tzv. miestny P index - nástroj pre odhad rizika strát fosforu z poľnohospodárskych plôch do povrchových vôd [4]. Úlohy fosforu v prostredí a rizika eutrofizácie

sú už dobre známe. Taktiež obecné riziká spojené s používaním fosforečných hnojív v poľnohospodárstve [5], [17]. Mechanizmom uvoľňovania a správania sa fosforu v obhospodarovateľných pôdach je venovaný zvýšený záujem. To isté platí aj o vodných sedimentoch [10]. Nenahraditeľnou súčasťou efektívneho redukovania vstupov fosforu do vôd a jeho príspevku k eutrofizácii, je monitoring transportu fosforu medzi jednotlivými zložkami prostredia a pochopenie rôznych vplyvov pôsobiacich na tento transport.

Správaním fosforu a vplyvmi na jeho transport v povodiach sa zaoberali napríklad [14], [21]. Využitie tohto poznania v praxi v podobe P indexu pre zhodnotenie transportu fosforu v povodí prezentujú napr. HEATHWAITE [6] alebo BUCZKO [4].



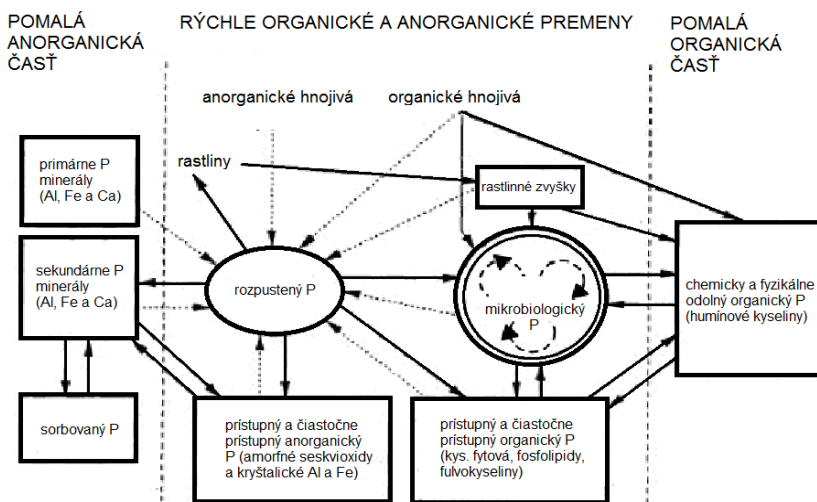
Obr. 2: Ročná spotreba fosforečných hnojív v rôznych regiónoch sveta v roku 2005 a prognóza do roku 2030. (zdroj: TENKORANG a LOWENBURG-DeBOER, 2009)

Nedávna štúdia Čínskej poľnohospodárskej univerzity zistila, že poľnohospodári na severe Číny používajú približne 92 kg hnojiva s obsahom fosforu na akre, z čoho len 39 kg je spotrebovaných plodinami. To znamená 53 kg, teda takmer 58 % fosforu, sa nevyužije a nakoniec končí v životnom prostredí. Čína je najväčším spotrebiteľom fosforu na svete, so spotrebou 5,2 Mt v roku 2009. Zníženie množstva „fosforečného“ odpadu krajiny o polovicu by ušetrilo svetu cez 1,5 Mt fosforu (3,45 Mt fosfátu) ročne.

Veľmi zaujímavú skupinu zdrojov fosforu predstavujú produkčné rybníky. Ich vplyv na zvyšovanie koncentrácií fosforu vo vodách je niekoľkonásobný. V prvom rade je spojený s intenzívnym rozvojom rias a siníc, ktorých biomasa je bohatá na

fosfor. Pri odtoku hlavne povrchovej vrstvy vody tak rybník opúšťajú vysoké koncentrácie fosforu, ktorý je po jednoduchej biodegradácii planktónnej biomasy rýchlo dostupný ďalším článkom trofického reťazca. Ďalší z vplyvov súvisí s každoročným vývojom nádrže, kedy v lete spolu s vyčerpaním kyslíka a dusičnanov nad dnom dochádza k zvýšenému uvoľňovaniu rozpusteného fosforu do vodného stĺpca zo sedimentov, často však zároveň so zlúčeninami železa [13]. Vysoký odtok rozpusteného fosforu nastáva predovšetkým pri odpúšťaní vody z dna, kedy podiel rozpustených foriem fosforu môže dosahovať 80 - 90 %.

V pôdach sa fosforečnany vyskytujú v mnohých zlúčeninách podľa toho, z akého zdroja a akým spôsobom sa do pôdy dostávajú a v akej fáze pôdneho cyklu sa nachádzajú (viď obr. 3).



Obr. 3: Pôdny cyklus fosforu rozdelený podľa rýchlosti jednotlivých premien (podľa SHARPLEY, 1995; prevzaté od STEWARD et SHARPLEY, 1987).

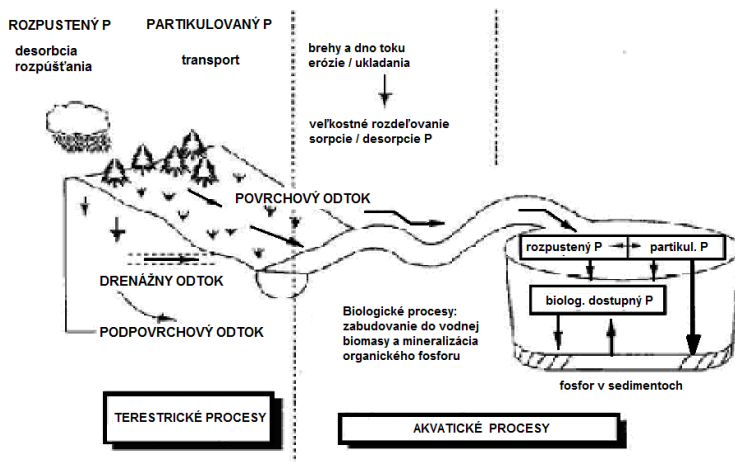
Zvyšovanie koncentrácie zlúčenín fosforu a dusíku vo vode je sprevádzané premnožením rias a siníc, čo sa v terminológii označuje ako eutrofizácia vôd. Pre produkciu biomasy je optimálne, aby bol splnený stochiometrický pomer oboch prvkov $N:P = 16:1$. Napríklad vo väčšine nádrží na území Českej republiky je pomer $N:P$ podstatne vyšší než 16, preto je fosfor limitujúcim prvkom eutrofizácie [11].

2.2 Kolobeh fosforu v životnom prostredí

Fosfor je v terestrických ekosystémoch viazaný predovšetkým v pôdach a horninách. V prírode je hlavným prirodzeným zdrojom fosforu zvetrávanie hornín a rozpúšťanie minerálov [7]. Po uvoľnení môže byť fosfor:

- absorbovaný rastlinami a recyklovaný,
- zabudovaný do organickej hmoty v pôdach a sedimentoch,

c) mineralizovaný a premenený v nerozpustné alebo iba málo rozpustné minerálne formy, ako sú napríklad fosforečnany s Al, Fe a Ca, alebo zabudovaný do hydratovaných oxidov kovov [20]. Ako ukazuje obr. 4, cyklus fosforu a jeho presun v ekosystémoch je závislý predovšetkým na hydrickom transporte. Pohyb fosforu v prostredí môže byť pochopený tiež ako jednosmerný transport z pevninských hornín do morských sedimentov. Pre dokončenie celého cyklu bude však potrebných niekoľko miliónov rokov [7].



Obr. 4: Transport fosforu v povodí (prevzaté od SHARPLEY et al. 1995).

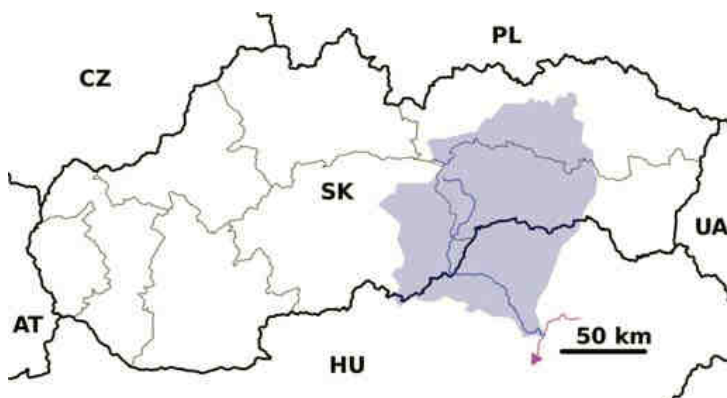
3 FOSFOR VO VODÁCH A SEDIMENTOCH

Fosfor sa dostáva do vodných ekosystémov prevažne v odtoku z pôd a pri zvýšených koncentráciách môže spôsobovať eutrofizáciu týchto vôd. Zdrojom fosforu v povrchových vodách sú atmosférické depozície, poľnohospodárskej a lesnej pôdy, ľudské sídla, čistiarene odpadových vôd, stavby atď. [5]. Správanie,

procesy a chémia fosforu vo vodách sú obdobné a založené na rovnakých fyzikálno-chemických procesoch ako v pôdnom prostredí. Rozdielne sú však vstupy a výstupy fosforu do vodného toku, pohyb v toku a špecifická úloha dnových sedimentov. Koncentrácia fosforečnanov sa v rôznych vodách obvykle pohybuje v rozsahu od jednotiek až do stoviek μg . BENEŠ [2] uvádza v českých vodách rozmedzie $1\text{--}300 \mu\text{g.l}^{-1}$. Kritické hodnoty koncentrácie fosforu vo vode, pri ktorých začína byť eutrofizácia pravdepodobná sú okolo $0,03 \text{ mg.l}^{-1}$ rozpusteného fosforu alebo $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$ celkového fosforu. Množstvo fosforu a zastúpenie jednotlivých foriem v povrchových vodách je dané predovšetkým charakteristikou daného povodia [14]. MAGUIRE [12] vo svojej práci ukazuje, že jemné pôdne častice vyplavené pri selektívnej erózii majú často veľkú fosforečnanovú pufracnú kapacitu alebo obsah fosforu, a tým môžu ovplyvňovať následnú koncentráciu rozpusteného fosforu v povrchovom odtoku. Pri jeho ceste tokom môže byť imobilizovaný biomasou a potom opäť uvoľnený alebo fixovaný v sedimentoch [8].

Fosforečnany sa významne sorbujú na dnových sedimentoch. Vo vodných ekosystémoch hrajú dnové sedimenty úlohu úložiska fosforu. Vo vodných nádržiach a jazerách môže dochádzať v dôsledku teplotnej stratifikácie behom roku k nedostatku kyslíku (tzv. anoxii). Vďaka nízkemu redoxnému potenciálu dochádza za týchto podmienok k uvoľňovaniu fosforu zo sedimentov do vody. Fe^{3+} sa pri anoxických podmienkach redukuje na Fe^{2+} , komplex P-Fe sa stane ďaleko viac rozpustným a fosforečnan ľahko prechádza do roztoku. V takýchto prípadoch je možné zistiť vo vrstve vody nad dnovými sedimentmi pomerne vysoké koncentrácie fosforu i nad 1 mg.l^{-1} [15].

Slaná (maď. Sajó) (obr. 5) je rieka, ktorá pramení v Stolických vrchoch a ďalej preteká Slovenskom do Maďarska, kde je významným pravostranným prítokom Tisy. Na našom území preteká na pomedzí východného a stredného Slovenska územím okresov Rožňava, Revúca a Rimavská Sobota. Má celkovú dĺžku 229,4 km, z toho na našom území 94,278 km. Odvodňuje územie s rozlohou $3\,225,1 \text{ km}^2$ a jej priemerný prietok dosahuje hodnotu $8,5 \text{ m}^3/\text{s}$ pri Čoltove, $14,5 \text{ m}^3/\text{s}$ pri Lenartovciach a $60 \text{ m}^3/\text{s}$ v ústí. Je tokom III. rádu a priemerná lesnatosť povodia je 40 %.



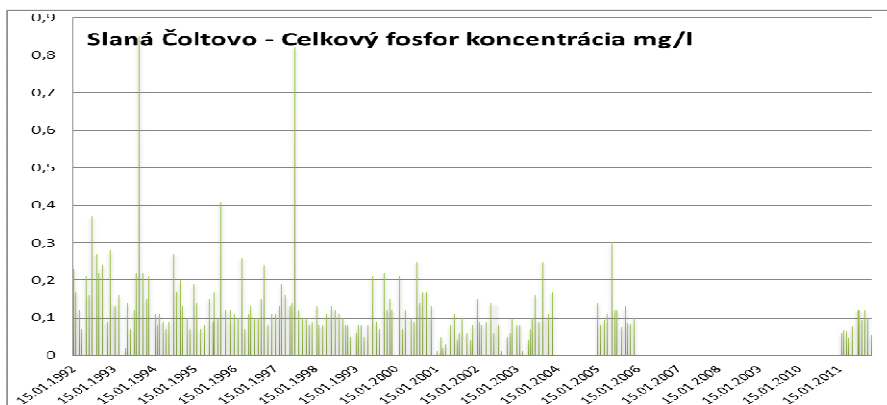
Obr. 5: Čiastkové povodie rieky Slaná.

Slaná je rieka stredohorského typu s dažďovo-snehovým režimom odtoku. Povodie je v dolnej časti veľmi intenzívne poľnohospodársky obhospodarované. Na toku po profil Čoltovo je niekoľko miest a obcí. Podľa odhadu sa v roku 2005 do povrchových vôd čiastkového povodia Slanej z aglomerácií nad 2 000 EO dostalo 144 ton celkového dusíka a 16 ton celkového fosforu. Množstvo živín z difúzných zdrojov znečistenia (vrátane prirodzeného pozadia) predstavuje 2 718 ton dusíka a 100 ton fosforu za rok 2005. Najväčší podiel na celkovej emisii dusíka do povrchových vôd má prírastok z podzemných vôd, u fosforu hlavným zdrojom znečistenia je erózia a obce bez verejných kanalizácií a ČOV.

4 ZÁVER

Od SHMÚ Bratislava sme získali hodnoty koncentrácií fosforu v toku za obdobie rokov 1992 až 2011 (obr. 6). Meranie nie je žiaľ kontinuálne. Z hodnôt je možné stanoviť, že priemerná dlhodobá koncentrácia je $0,127\ 79\ \text{g/m}^3$. Podľa BENEŠA [2] je kritická hodnota koncentrácie fosforu vo vode, pri ktorej začína byť eutrofizácia pravdepodobná $0,1\ \text{mg.l}^{-1}$ celkového fosforu. Priemerná hodnota v rieke Slaná v sledovanom profile je nad touto kritickou koncentráciou.

Pri uvedenom priemernom prietoku je potom priemerný odnos $34\ 254,7\ \text{kg}$ za rok. Počas vegetačného obdobia aplikujeme na zásobenie plodín živinami zvyčajne dávky jesennej a jarnej aplikácie superfosfátu v množstvách 160 a $410\ \text{kg P.ha}^{-1}$ – spolu $570\ \text{kg P.ha}^{-1}$. Uvedené živiny sú čistá strata produkcie plodín, ale môžu byť aj zo zdrojov v odpadových vodách.



Obr. 6: Prehľad priebehu koncentrácií celkového fosforu v sledovanom profile.
(zdroj: SHMÚ Bratislava, 2013)

Z uvedenej bilancie vyplýva, že pri odnose asi 116 ton fosforu a jeho obsahu v povrchovej vode okolo 34 ton je väčšia časť fosforu dočasne akumulovaná v tokoch a nádržiach. Jeho pohyb je teda pomalší ako odnos. Ako uvádza aj MAGUIRE [12] vo svojej práci, fosfor pri jeho ceste tokom je imobilizovaný biomasou a potom opäť uvoľnený alebo fixovaný v sedimentoch.

Použitá literatúra

- [1] AHL, T. (1988): *Background yield of phosphorus from drainage area and atmosphere: An empirical approach*. Hydrobiologia 170: 35–44.
- [2] BENEŠ, S. (1994): *Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí*, II. část. MZe ČR, Agrospoj Praha
- [3] BERNOT M.J., TANK J.L., ROYER T.V. et DAVID M.B. (2006): *Nutrient uptake in streams draining agricultural catchments of the midwestern United States*. Freshwater Biology 51: 499–509. et al. 2006
- [4] BUCZKO U., KUCHENBUCH R.O. (2007): *Phosphorus indices as risk-assessment tools in the U.S.A. and Europe- a review*. J. Plant Nutr. Soil Sci. 170: 445-460.
- [5] CARPENTER S.R., CARACO N.F., CORRELL D.L., HOWARTH R.W., SHARPLEY A.N. et SMITH V.H. (1998): *Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen*. Ecological Applications 8: 559–568.
- [6] HEATHWAITE L., SHARPLEY A.N. et BECHMANN M. (2003): *The conceptual basis for a decision support framework to assess the risk of*



- phosphorus loss at the field scale across Europe*. J. Plant Nutr. Soil Sci. 166: 1-12.
- [7] HOLTAN, H., KAMP-NIELSEN L. et STUANES A.O. (1988): *Phosphorus in soil, water and sediment: an overview*. Hydrobiologia 170: 19-34.
- [8] HOUSE W.A. (2003): *Geochemical cycling of Phosphorus in rivers*. Applied Geochemistry 18: 739-748.
- [9] JASINSKI, S. M. (2008) Phosphate Rock, Mineral Commodity Summaries, January 2008, Dostupné na: minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate_rock/
- [10] KOPÁČEK J., BOROVEC J., HEJZLAR J., ULRICH K., NORTON S. et AMIRBAHMAN A. (2005): *Aluminium Control of Phosphorus Sorption by Lake Sediments*. Environ. Sci. Technol. 39: 8784-8789.
- [11] KRÁSA, J. a kol. (2013): *Hodnocení ohroženosti vodních nádrží sedimentem a eutrofizací podmíněnou erozí zemědělské půdy*. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 2013. 55 s. 978-80-01-05428-4.
- [12] MAGUIRE, R.O. et SIMS J.T. (2002): *Soil Testing to Predict Phosphorus Leaching*. J. Environ. Qual. 31: 1601-1609
- [13] PECHAR L., CHMELOVÁ, I., POTUŽÁK, J., ŠULCOVÁ, J., (2009): *Dynamika dusíku a fosforu v eutrofních rybnících*. Sborník příspěvků Konference Revitalizace Orlické nádrže. Písek. 2009.
- [14] PERSSON G. (2001): *Phosphorus in Tributaries to Lake Mälaren, Sweden: Analytical Fractions, Anthropogenic Contribution and Bioavailability*. Ambio 30: 486-495.
- [15] PITTER P. (1999): *Hydrochemie*. Vydavatelství VŠCHT, Praha, 568pp.
- [16] SCHRODER J., CORDELL D., SMIT A. and ROSEMARIN A. (2010): *Sustainable use of phosphorus*. Report No. 357 (Plant Research International, Wageningen University and Research Center, The Netherlands and Stockholm Environment Institute)
- [17] SHARPLEY, A.N., DANIEL, T., SIMS, T., LEMUNYON J., STEVENS, R. et PARRY R. (2003): *Agricultural Phosphorus and Eutrophication*, United States Department of Agriculture, Agriculture Research Service, 2003.
- [18] SMIL, V. (2002). *Phosphorus: Global Transfers*. Douglas, I. (ed.), Encyclopedia of Global Environmental Change, Volume 3, Causes and Consequences of Global Environmental Change. John Wiley & Sons, Chichester, UK



-
- [19] STEEN, I., (1998): *Phosphorus availability in the 21st Century: management of a nonrenewable resource*. Phosphorus and Potassium 217, 25–31.
- [20] STEVENSON, F.J.: *Cycles of Soil Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients*. 1986 A Wiley-Interscience Publication, 380pp.1986
- [21] VADAS P.A., KLEINMAN P.J.A., SHARPLEY A.N. and TURNER B.L. (2005): *Relating Soil Phosphorus to Dissolved Phosphorus in Runoff: A Single Extraction Coefficient for Water Quality Modeling*. J. Environ. Qual. 34: 572–580.

MODELOVÁNÍ HISTORICKÉ HYDROLOGICKÉ SÍTĚ NA ZÁKLADĚ STARÝCH MAP

OLD MAPS AS THE BASE FOR THE MODEL OF HISTORICAL HYDROLOGICAL NETWORK

**Silvie Semerádová¹, Kateřina Křováková²,
Michaela Mudrochová³, Jan Skaloš⁴**

Abstract

Impact of human activities on small water courses is often considered as one of the reasons for the surface runoff acceleration and increase of water erosion. The maps of stable cadastre were created primarily as a real estate register and the drawing of small water courses is characterized by incompleteness and simplification. The same problems accompany the old military topographic maps. Nevertheless these maps could be used to illustrate the main types of changes in the water courses management and the landuse change in their surroundings.

The case study covers three different localities: Pardubice region (168 km²), former fish pond farming area affected by intensive agriculture, region of Most (189 km²) changed significantly by surface mining and following reclamation processes and Český Krumlov region (126 km²), where the changes in landuse were caused by rapid decrease of population. The first step was to derive the historical hydrological network from the old maps and to link it to the current model (here the DIBAVOD model used).

¹ Silvie Semerádová, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, Katedra aplikované ekologie, Kamýcká 129, Praha 6 – Suchbátka, 165 21, semeradova@vuv.cz

² Kateřina Křováková, Ing., Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, Katedra aplikované ekologie, Kamýcká 129, Praha 6 – Suchbátka, 165 21

³ Michaela Mudrochová, Ing., Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, Katedra aplikované ekologie, Kamýcká 129, Praha 6 – Suchbátka, 165 21

⁴ Jan Skaloš, doc. Ing. PhD., Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, Katedra aplikované ekologie, Kamýcká 129, Praha 6 – Suchbátka, 165 21

Keywords

Landscape, water course, history, hydrological network, old maps, land use changes

1 ÚVOD

Tato práce vznikla jako součást projektu IGA FŽP 20134294: Změna krajiny a její hydrologické sítě, jejímž záměrem bylo mimo jiné také zhodnotit změny potenciálu krajiny ovlivnit kvalitu povrchových vod. K tomuto účelu bylo potřeba rekonstruovat síť toků a zhodnotit hlavní změny, kterým ve sledovaném období podlehl. Pro tento úkol je zcela klíčovou otázkou správná volba a interpretace podkladů. Druhým cílem bylo pokusit se na základě modelových území vyjádřit změny land use v bezprostředním okolí vodotečí a porovnat je s využitím celého území.

Rekonstrukcí sítě vodních toků na základě starých map se zabývá práce Zdeňka Lipského a Pavla Kukly [1], kteří využili i velmi staré podklady včetně Müllerovy mapy Čech z roku 1720. Tato mapa neposkytuje dostatečnou polohovou přesnost ani podrobnost pro detailní srovnání sítě toků a jejich okolí, přesto poukazuje na hlavní typy změn, kterými krajina prošla, v daném případě rušení rybníků a napřimování vodních toků. Podobný postup popisuje práce Jakuba Langhammera a Václava Vajskebra [2], tentokrát s využitím map II. a III. vojenského mapování. Hlavním cílem bylo v tomto případě vyčíslit zkrácení zejména větších vodních toků v povodí Otavy.

Vzhledem k výhledovému využití modelu hydrologické sítě se v této práci nechceme omezit jen na větší, lépe porovnatelné toky, ale rádi bychom věnovali pozornost i drobným stružkám, jejichž změny mohou ovlivnit nejen celkový vzhled, ale i funkce krajiny.

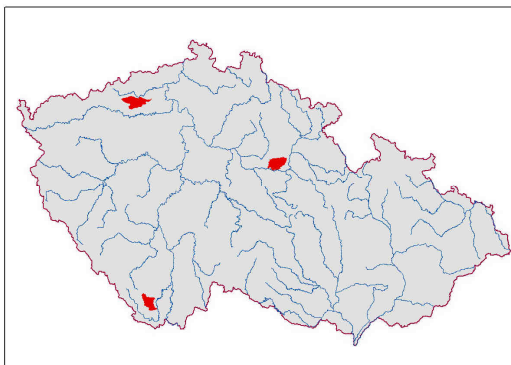
2 PODKLADY

Vzhledem k tomu, že přírodní složky krajiny jakou je i vodstvo podléhají změnám v delším časovém období, byla snaha zvolit jako „původní“ stav co nejvzdálenější časový horizont. V našich podmínkách se nabízí mapy stabilního katastru a mapy II. Vojenského mapování. Starší mapy neposkytují pro tento účel dostatečnou podrobnost a přesnost [3]. Pro hodnocení současného stavu byla použita

ortofotomapa jako zdroj informací o využití území a digitální vrstva vodních toků u databáze DIBAVOD.

Území byla vzhledem k účelu definována hydrologicky jako povodí IV. Řádu podle Strahlera. Ve dvou případech vybraná povodí odpovídají povodí útvarů povrchových vod. Ve všech případech jde o pramenné úseky drobných toků. Výběr území byl podmíněn snahou zachytit oblasti s rozmanitým přírodním, ale i sociálně geografickým charakterem a vývojem.

Jako srovnávaná území bylo vybráno povodí Polečnice a Strážného potoka na úpatí Šumavy (dále označováno „Český Krumlov“), povodí Srpiny v Mostecké pánvi (dále označováno „Most“) a několik drobných povodí pravostranných přítoků Labe a Opatovického kanálu v blízkosti Pardubic (dále označováno „Pardubice“).



Obr. 1: Vybraná území

2.1 Mapy II. vojenského mapování

Mapy II. Vojenského mapování sloužily jako základ jak pro určení využití půdy, tak pro určení průběhu vodních toků. Tyto mapy vznikaly v letech 1836-1852 v měřítku 1:28800 a jejich podkladem byly zejména mapy stabilního katastru [4].

2.2 Mapy stabilního katastru

Mapy stabilního katastru [5] vznikaly v letech 1824-1843 v měřítku 1:2880 a vyznačují se na svou dobu obdivuhodnou podrobností i estetickým zpracováním. Vzhledem k obtížnější manipulaci šlo o doplňkový zdroj, použitý zejména pro doplnění vodních toků v místech, kde je zakres na mapě vojenského mapování nejednoznačný. Mapy stabilního katastru byly pro mapy vojenského mapování

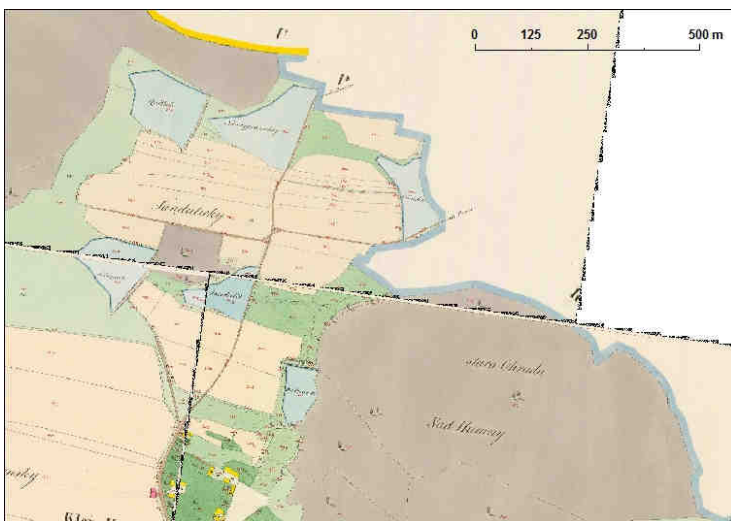


podkladem a díky desetkrát většímu měřítku se vyznačují i vyšší podrobností, přesto se vyskytují i případy, kdy tok zakreslený na vojenské mapě v mapě stabilního katastru chybí.

Pro obě mapy je příznačná vyšší míra generalizace drobných vodních toků respektive jejich menší počet oproti současným pramenům. Jako vysvětlení se nabízí jednak fakt, že drobné stružky nebyly podstatné ani pro katastrální ani pro vojenské mapy. Určité vysvětlení ale může představovat ale i vysoký výskyt luk v údolních nivách. Řada těchto luk je označena jako „vlhká louka“ (zelená v mapách II. vojenského mapování, čárkovaná tmavě zelená v mapách stabilního katastru). To poukazuje na možnost, že se zejména drobné pramenné stružky nedržely pevného koryta, ale představovaly spíš jakýsi širší vlhký biotop.

2.3 Současný stav

Současný stav využití půdy byl zpracován na základě ortofotomapy [6]. Model hydrologické sítě byl převzat z Digitální báze vodohospodářských dat (dále DIBAVOD) [7], který je opět odvozen ze Základní báze geografických dat (ZABAGED). ZABAGED vznikl původně digitalizací Základní mapy 1:10 000 a nyní je aktualizován na základě leteckých snímků a hlášení změn s tříletým cyklem. Tomu odpovídá i míra jeho podrobnosti a aktuálnosti.



Obr. 2: Znáznornění drobného vodního toku (pramen Bukovky) na mapě stabilního katastru (ve středu v louce je vidět zákres toku, ostatní rybníky nejsou propojeny toky).



Obr. 3: Znáznornění drobného vodního toku (pramen Bukovky) na mapě II. Vojenského mapování (rybníky nejsou propojeny toky, ačkoli se průběh toků zdá být jednoznačný).



Obr. 4: Současný stav drobného vodního toku (pramen Bukovky).
Tenká modrá ukazuje průběh toků podle DIBAVOD, červená šipka umístění
fotografie na obrázku 5.



Obr. 5: Současný stav drobného vodního toku (pramen Bukovky) v terénu
(foto: S.Semerádová, září 2013)

3 PROPOJENÍ DATOVÉHO MODELU HISTORICKÉHO A SOUČASNÉHO STAVU

Vzhledem k tomu, že současný model toků je navzdory většímu měřítku podrobnější, bylo pro účely porovnání stejně jako pro budoucí možnost modelování krajinných funkcí potřeba vybrat úseky toků totožné v obou časových rovinách tak, aby mohly být porovnány. Jako referenční data byla zvolena vrstva jemného členění vodních toků v současném modelu, ve vrstvě historického stavu byly úseky rozčleněny obdobným způsobem a bylo jim přiřazeno identifikační číslo jemného úseku v současném stavu. Do porovnávání vstupovaly jen ty úseky, které bylo možno identifikovat v obou časových rovinách.

4 VÝSLEDKY POROVNÁNÍ

4.1 Porovnání délky úseků

Zachycení pramenných stružek a v případě starých map i drobných meandrů je značně subjektivní, proto i rozlišení rozdílného kartografického znázornění od skutečných změn v krajině nelze zcela zautomatizovat. Ačkoli po přiřazení jednotlivých úseků můžeme porovnat současnou a historickou délku toků, řada těchto změn je způsobena pouze odlišným zákresem a při jejich vyhodnocení opět vstupuje do hry subjektivní hledisko.

V případě Českokrumlovska jsou změny drobné, krajina měla vždy značně přírodní charakter a podržela si ho dodnes. Úseků, kde je možné prokázat zkrácení toku či zahlazení jeho trajektorie je méně než 10%. Opačné případy, kdy je současná délka větší než původní, se vyskytují zejména u pramenných úseků a lze je přičíst podrobnějšímu zachycení na ortofotomapě. Zajímavým jevem je pouze zrušení velkého množství mlýnů na toku Polečnice a s tím spojené rušení mlýnských náhonů.

Oblast Mostecká je silně ovlivněna těžbou, část povodí Srpiny byla dokonce odtěžena [8]. K úpravám ve smyslu narovnání a zkrácení dochází spíše výjimečně, zato je však u mnoha toků změněna trajektorie včetně prodloužení některých úseků. Do východní části povodí zasahuje České středohoří, kde krajina zůstala z velké části přírodní.

Oblast Pardubicka je nejvíce ovlivněna zemědělstvím a najdeme v ní také největší podíl narovnaných toků i umělých meliorací, které se promítají do celkové délky vodních toků (tabulka 1). Stejně jako krajina Mostecká, ani tato oblast nebyla

v polovině 19. století přírodní, ale naopak silně ovlivněná člověkem. Přesto zde ještě k mnohým intenzivním změnám došlo. Mezi hlavní trendy patřil ve sledovaném období zánik velkých i malých rybníků a postupné zarůstání zůstávajících. Nové vodní plochy vznikaly zatápěním pískoven ovšem v podstatně menším rozsahu než jaký měly původní rybníky.

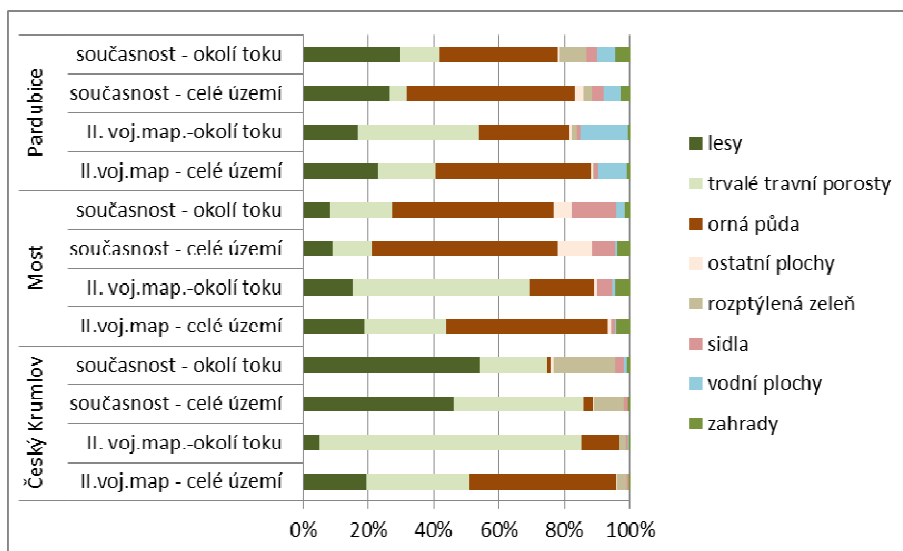
Tab. 1: srovnání celkové délky toků (v km) podle datových zdrojů

	Český Krumlov	Most	Pardubice
II. Vojské mapování - všechny identifikovatelné úseky toků	105,95	124,42	102,77
II. Vojské mapování - úseky toků, které je možné identifikovat i v současnosti	101,78	109,87	93,32
DIBAVOD všechny úseky toků	161,30	153,49	296,90
DIBAVOD - úseky toků, které je možné identifikovat i v mapách II.vojenského mapování	104,90	104,51	97,97

4.2 Vývoj využití půdy v celém území a v bezprostředním okolí vodotečí

Kromě celkového stavu využití území je z hlediska vodní složky krajiny zvlášť důležité využití v bezprostředním okolí vodotečí [9]. Proto ukazuje následující graf

využití půdy v jednotlivých oblastech vždy jak pro celé území, tak pro bezprostřední okolí vodotečí v tomto případě reprezentovaného pásem 50 m po každé straně toku. Zároveň se ukazuje, že se okolí drobných toků vyznačuje celkově jinými trendy, než jaké jsou charakteristické pro celé území. V zemědělské krajině, kde je celkově hlavním trendem mírný nárůst orné půdy, můžeme hovořit o maximálním úbytku trvalých travních porostů a prudkém nárůstu orné půdy v okolí vodotečí (území „Most“ a „Pardubice“), v pahorkatinách, kde došlo k prudkému úbytku až zániku veškeré orné půdy a značnému nárůstu rozlohy trvalých travních porostů v okolí vodotečí paradoxně naopak luk a pastvin ubylo a byly nahrazeny lesy.



Graf 1: Land use v území a v okolí vodotečí

5 ZÁVĚR

Ačkoli je téma starých map a jejich využití pro sledování vývoje krajiny podrobně zpracováno jak v naší (např. [10]), tak v zahraniční literatuře ([11],[12]), jejich potenciál pro tematické aplikace dosud nebyl zcela vyčerpán. Ukazuje se, že mapy II. vojenského mapování se s mapami stabilního katastru vhodně doplňují a s použitím obou pramenů lze dobře popsat hydrografickou síť v době před zásadními změnami ve způsobu obhospodařování, jakými byla mechanizace a kolektivizace zemědělství nebo masivní rozšíření těžby ve dvacátém století. Při takové rekonstrukci je však vždy třeba brát v úvahu konkrétní účel, pro který hodláme model použít a přihlídnout i k současnému stavu jak toků, tak terénu.

Literatura

- [1] LIPSKÝ, Zdeněk., KUKLA, Pavel. *Historické změny vodní složky krajiny v dolním Podoubraví*. In: Dreslerová J., (ed.): Venkovská krajina 2009. Sborník ze 7. ročníku mezinárodní mezioborové konference konané 22.–24. května 2009 v Hostětíně, Bílé Karpaty, ISBN 978-80-87154-65-6. 2009. 6 s.



-
- [2] LANGHAMMER, Jakub., VAJSKEBR, Václav. *Využití GIS pro analýzu zkrácení říční sítě na základě historických mapových podkladů*, In: Langhammer, J. (ed): *Povodně a změny v krajině*. MŽP a PřF UK, Praha. 2007. 15 s.
- [3] BRŮNA, Vladimír, KŘOVÁKOVÁ, Kateřina, NEDBAL, Václav. *Stabilní katastr jako zdroj informací o krajině*. Praha: Historický ústav AV ČR. 2005. 12 s.
- [4] <http://geoportal.gov.cz>
- [5] <http://archivnimapy.cuzk.cz/>
- [6] <http://geoportal.cuzk.cz>
- [7] <http://www.dibavod.cz/>
- [8] HANEL, Martin. *Studie hydrologických poměrů v povodí Srpiny*. Praha. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, v.v.i..2007.24 s.
- [9] SLIVA, L., WILLIAMS, D.D. *Buffer Zone versus Whole Catchment Approaches to studying Land Use Impact on River Water Quality*. Water Research.2001.10 s.
- [10] SKALOŠ, Jan, WEBER, Martin, LIPSKÝ, Zdeněk, TRPÁKOVÁ, Ivana, ŠANTRŮČKOVÁ, Markéta, UHLÍŘOVÁ, Lenka, KUKLA, Pavel. *Using old military survey maps and orthophotograph maps to analyse long term land cover changes – case study Czech republic*. Applied Geography.2011.12 s.
- [11] RAYBURN, A.P., SCHUTLE, L.A. *Landscape change in an agricultural watershed in the U.S.Midwest*. Landscape and Urban Planning.93. 2009.9 s.
- [12] SCHNEEBERGER, N., BÜRGI, M., KIENAST, P.D.F. *Rates of landscape change at the northern fringe of the Swiss Alps: Historical and recent tendencies*. Landscape and Urban Planning 80.2007.9 s.



TESTOVÁNÍ HLINITÉ PŮDY NA LABORATORNÍM DEŠŤOVÉM SIMULÁTORU ČVUT

LOAM SOIL TESTING ON THE LABORATORY RAINFALL SIMULATOR
AT THE CTU

**Pavla Schwarzová¹, Tomáš Laburda¹, Petra Kopecká²,
† Jana Veselá¹, Nikola Uliarczyková², Ondřej Pavlík²**

Abstract

Experimental measuring of erosion characteristic of loam soil from the locality of Vsetaty close to Melník in the Central Bohemia Region was 9th and 10th soil set tested at the Laboratory Rainfall Simulator. Typical erosion data of surface runoff and soil loss were measured and evaluated during 23 standard simulations (from period of October 2012 to May 2013 within the 9th set) and 16 standard simulations (from period of October 2013 to May 2014 within the 10th set). Experimental measuring was focused on possibility of testing compacted soil layer in the 10th soil set. Results include also comparison with the previous tested loam soil from the locality Nucice close to Kostelec nad Černými Lesy within the 8th soil set.

Keywords

Soil erosion, laboratory rainfall simulator, soil loss, surface runoff

1 ÚVOD

Eroze půdy v podmínkách ČR představuje dlouhodobý problém, který ovlivňuje produkční i mimoprodukční funkce zemědělských půdy a zároveň způsobuje velké škody v intravilánech měst a obcí. Na území ČR je zrychlenou formou vodní eroze

¹ Pavla Schwarzová, Ing., Ph.D., pavla.schwarzova@fsv.cvut.cz, Tomáš Laburda, Ing., tomas.laburda@fsv.cvut.cz, †Jana Veselá, Ing., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydromeliiorací a krajinného inženýrství, Thákurova 7, 166 29, Praha 6

² Petra Kopecká, Ing., petra.kopecka@fsv.cvut.cz, Nikola Uliarczyková, nicola.uliarzykova@fsv.cvut.cz, Ondřej Pavlík, ondrej.pavlik@fsv.cvut.cz, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydrotechniky, Thákurova 7, 166 29, Praha 6

ohroženo cca 50 % orné půdy, přičemž na většině ohrožených pozemcích není aplikována systematická ochrana, která by snížila množství erodované půdy na přípustné hodnoty [1].

Problematickou vodní eroze se proto zabývá i Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, Fakulty stavební, ČVUT v Praze, která má od roku 1999 k dispozici experimentální zařízení Laboratorní dešťový simulátor (dále jen DS) pro testování půd při extrémních srážkových událostech. Od roku 2002, kdy proběhlo první reprezentativní měření, již bylo otestováno celkem 10 půdních setů, zahrnující různé půdní druhy. Poslední 3 roky bylo měření zaměřeno na středně těžké hlinité půdy, neboť právě ty patří mezi nejúrodnější a zároveň erozně nejnáchylnější [2].

Půdní vzorek je umístěn v erozním kontejneru rozměrů 4 x 0,9 m, s mocností zeminy 15 cm a dalšími 5 cm drenážní vrstvy písku. Podle Metodiky testování [3] je simulován podélný sklon půdního povrchu v rozmezí 0° – 8°, intenzita simulovaného deště v rozmezí 20 – 60 mm/hod a stav půdního povrchu krustovaný nebo kypřený do hloubky cca 5 cm. Standardní doba simulací je 60 minut, přičemž zpravidla probíhají v týdenních intervalech během školního roku.



Obr. 1: Laboratorní dešťový simulátor KHMKI, ČVUT

Měřenými veličinami je především množství povrchového odtoku a množství půdního smyvu v něm, ze kterého se následně vypočítává celková ztráta půdy. Měří se též vlhkost půdního vzorku na začátku a konci každého experimentu z 3 různých

hloubek a 3 míst, dále kontrolní skutečná intenzita deště a rychlost povrchového odtoku [3].

2 TESTOVÁNÍ HLINITÝCH PŮD

Během 12 let experimentálního měření byla na DS otestována řada půdních druhů od lehkých hlinitopísčitých (3. set Neustupov a 6. set Třebešice I) až po těžké jílovitohlinité (1. set Horoměřice a 4. set Klapý). V rámci 8. až 10. setu byly mezi lety 2011 až 2014 poprvé testovány půdy hlinité (viz Tab. 1), které obecně dosahují, díky vysokému obsahu prachových částic a organického materiálu, dobré úrodnosti a optimálního procesu infiltrace srážkové vody.

Samostatné vyhodnocení půdy Nučice a její srovnání s půdou Třebešice II bylo již předmětem diplomové práce [4], neboť se jednalo o analýzu půd nacházejících se v experimentálních povodích Katedry hydromeliorací a krajinného inženýrství, kde probíhá též testování půd pomocí Terénního dešťového simulátoru.

Tab. 1: Přehled testovaných hlinitých půd se základními údaji († Ing. Jana Veselá)

Název/lokalita		Nučice	Všetaty I	Všetaty II
č. setu		8.	9.	10.
testovací období		15.11.2011 - 8.8.2012	13.11.2012 - 13.5.2013	11.11.2013 - 7.5.2014
počet experimentů		35	24	19
klasifikace dle Nováka	jíl [%]	14	22	
	prach [%]	57	42	
	písek [%]	29	36	
	šterk [%]	2	2	
	obsah zrn 1. kat.	32	37	
	půdní druh	hlinitá	hlinitá	
klasifikace dle NRSC USDA		prachovitá hlína	hlína	
skup. označení		středně těžká	středně těžká	
propustnost		málo propustná	málo propustná	
K_s [m.s ⁻¹]		5,3.10 ⁻⁷	7,6.10 ⁻⁷	
C_{ox} [%]		1,1	1,7	

Současné srovnání půdního vzorku z oblasti Nučic poblíž Kostelce nad Černými Lesy (8. testovací set) a vzorku z oblasti Všetat poblíž Mělníka (9. a 10. testovací set) analyzuje chování hlinitých obdělávaných půd. Srovnání bylo navíc rozšířeno o variaci půdního vzorku arenické černozemě Všetaty, u kterého byla v rámci 10. setu zjišťována možnost experimentálního testování „zhuťného podorničí“. Set č. 10 se tedy pod názvem Všetaty II odlišoval od předchozího měření tím, že v kontejneru byla po dotestování vyměněna pouze svrchní vrstva půdy (cca 5 cm), přičemž spodních 10 cm půdního profilu bylo ponecháno beze změny po předchozím ročním testování. Cílem této testovací série byla možnost zjištění erozních charakteristik pro rozdílný stav půdního profilu v laboratorních podmínkách (svrchní kyprá vrstva půdy a konsolidovaný půdní profil – v zemědělství např. agrooperace podmítka).

Základní odběrové charakteristiky testovaných hlinitých půdních setů jsou uvedeny v tabulce 1. Je zřejmé, že obě půdy si jsou svými fyzikálně-chemickými vlastnostmi velmi podobné. Hlinité, středně těžké půdy s malou propustností se však mírně liší z hlediska morfologie odběrových míst. Zatímco lokalita Nučice je oblast s průměrným sklonem cca 2,5°, oblast Všetaty je rovinaté území.

3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Vzhledem k velkému počtu měření v každém testovacím setu (viz tab. 1), byly stanoveny srovnávací parametry, podle kterých bylo provedeno vyhodnocení. Standardně byly vyhodnoceny **minimální (minZP)** a **maximální (maxZP)** zátěžové podmínky [3], kdy **minZP** značí intenzitu deště 40 mm/hod a podélný sklon povrchu vzorku 4° a **maxZP** intenzitu deště 60 mm/hod a podélný sklon povrchu vzorku 6°. Stav půdy před těmito experimenty byl popsán též standardně – průměrnou vlhkostí celého půdního vzorku před měřeními min/maxZP (viz tab. 2).

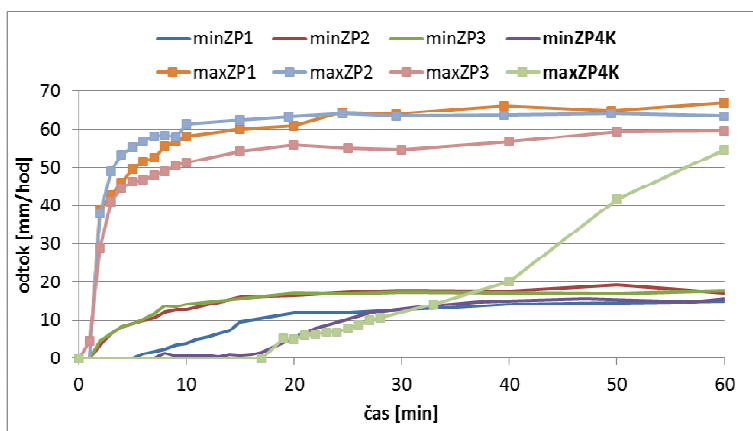
Tab. 2: Přehled průměrných vlhkostí vzorku u srovnávacích měření min/maxZP

	Prům. vlhkost celého vzorku [% hm.]			Prům. vlhkost svrchní vrstvy 0-5 cm [% hm.]		
	před	po	změna	před	po	změna
Nučice	27,4	30,2	2,8	27,3	30,4	3,1
Všetaty I	30,3	33,9	3,6	29,6	34,1	4,5
Všetaty II	26,3	30,1	3,8	26,2	29,9	3,7

Z tabulky 2 je stejně jako v [4] zřejmé, že rozdíl mezi průměrnou vlhkostí celého vzorku a pouze svrchní vrstvy je před experimenty minimální. Vysýchání vzorku omezené mocnosti (15 cm) probíhá, v laboratorních podmínkách prostorné haly a v týdenním režimu testování, téměř rovnoměrně.

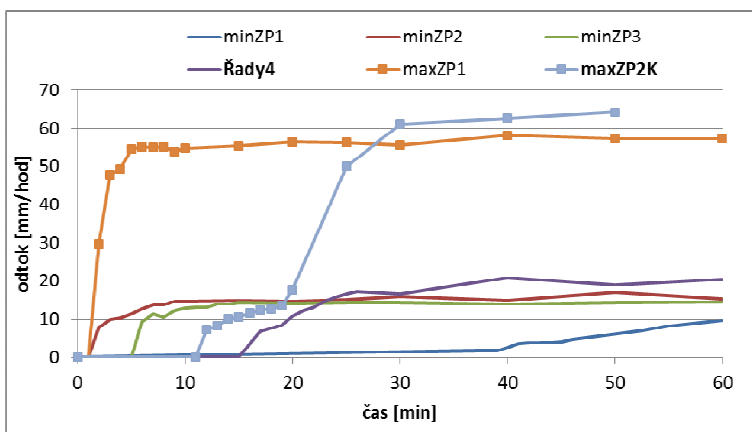
3.1 Povrchový odtok

Chování povrchového odtoku pro půdní vzorek Všetaty I je patrné z grafu 1. Křivky experimentů minZP ukazují odlišný průběh u prvního měření celého setu (minZP1) a měření s kypřeným povrchem (minZP4K), u kterých dochází k viditelnému zpoždění nástupu povrchového odtoku z důvodu vyšší počáteční infiltrace. U maxZP je situace podobná a kypřené podmínky experimentu maxZP4K vykazují stejný trend oddálení tvorby povrchového odtoku.



Graf 1: Průběhy povrchového odtoku půdy Všetaty I při min/maxZP

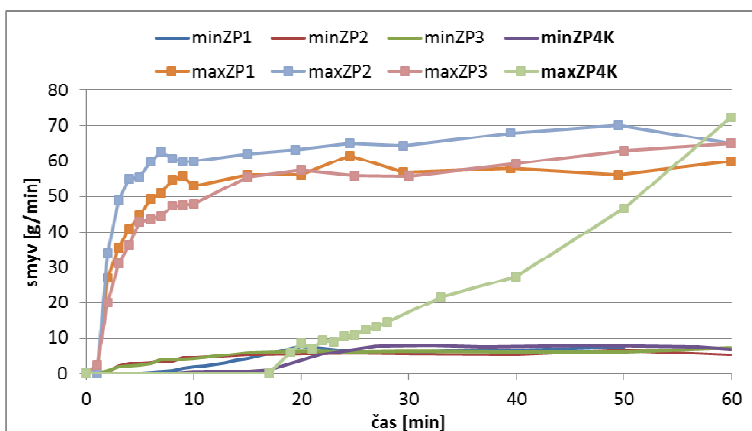
Chování povrchového odtoku na grafu 2 pro vzorek Všetaty II se „zhuťněným podorničím“ již nevykazuje tak zjevné podobnosti. Přesto je velmi dobře patrný minimální povrchový odtok na čerstvě konsolidovaném vzorku (minZP1) a jeho postupný nárůst se vznikem půdní krusty (min ZP2 a 3). Nakypřením půdního vzorku (a uvolněním půdních vazeb) byl opět znatelný pozdější počátek odtoku i jeho množství od začátku simulace, a poté dosažení vyšší ustálené hodnoty povrchového odtoku „uhlazením“ povrchu půdy (minZP4K). Zcela analogické je chování pro vysoké zatížení vzorku (vysoký sklon a intenzita – maxZP1) a k tomu nakypření půdního povrchu (maxZP2K).



Graf 2: Průběhy povrchového odtoku půdy Všetaty II při min/maxZP

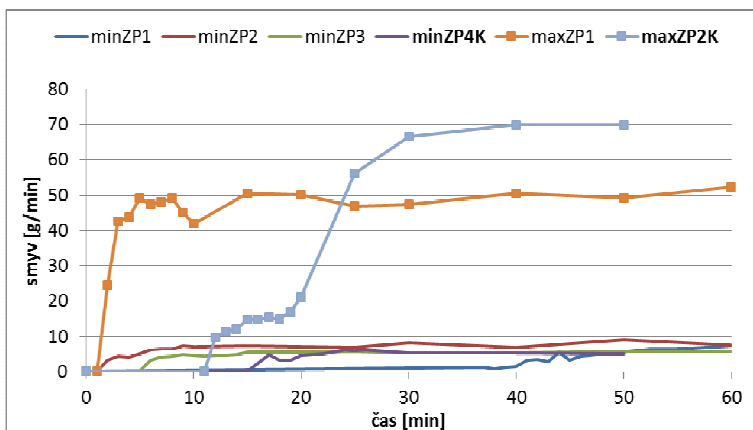
3.2 Půdní smyv

Průběh půdního smyvu dosahuje v obou případech vzorku Všetaty podobných průběhů jako povrchový odtok. Na grafu 4 jsou patrné průběhy smyvu při minZP, které nepřesahují hranici 10 g/min. V případě kypřených podmínek minZP4K je opět patrný zpožděný nárůst hodnot. Srovnání měření při maxZP má stejný charakter jako v případě povrchového odtoku (graf 1), jen s tím rozdílem, že nárůst hodnot z minZP na maxZP je v případě půdního smyvu cca 2x vyšší.



Graf 3: Průběhy půdního smyvu půdy Všetaty I při min/maxZP

Průběhy půdního smyvu specifického vzorku Všetaty II přináší graf 4. Průběhy smyvu při minZP (stejně jako v případě vzorku Všetaty I) nepřekračují v ustálení hodnotu 10 g/min. V případě vysokého zatížení (maxZP) jsou zde jasně patrné odlišnosti, a to v především při porovnání kypřených podmínek. Zatímco standardní vzorek Všetaty I vykazuje (při maxZP4K) pozvolný nárůst bez ustálení do konce 60-minutové simulace, v případě vzorku Všetaty II dochází (při maxZP2K) k prudkému nárůstu a ustálení během cca 20 minut od počátku povrchového odtoku a smyvu. Dle autorů je tento prudký nárůst povrchového odtoku a smyvu důsledkem právě testované „zhuťné vrstvy“, která zabraňuje rychlejší infiltraci do spodní konsolidované vrstvy vzorku. Následkem toho potom dochází k prudšímu a rychlejšímu nárůstu povrchového odtoku a tangenciálního napětí, a tím i půdního smyvu. Tento jev byl zřetelně pozorován pouze při vysokém zatížení vzorku, nikoliv při minimálních zátěžových podmínkách, kde průběhy odtoku a smyvu vykazují pouze nepatrné rozdíly.

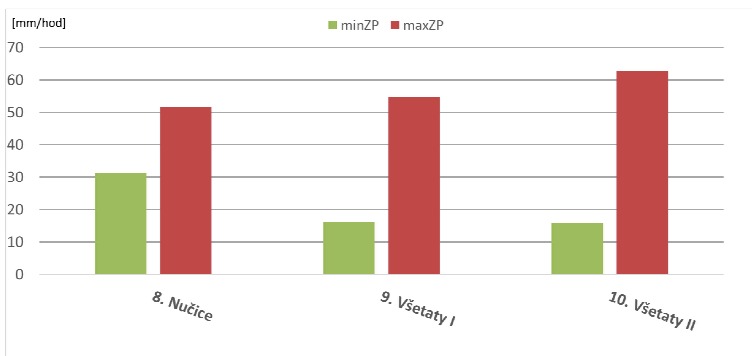


Graf 4: Průběhy půdního smyvu půdy Všetaty II při min/maxZP

3.3 Srovnání povrchového odtoku a půdního smyvu po ustálení

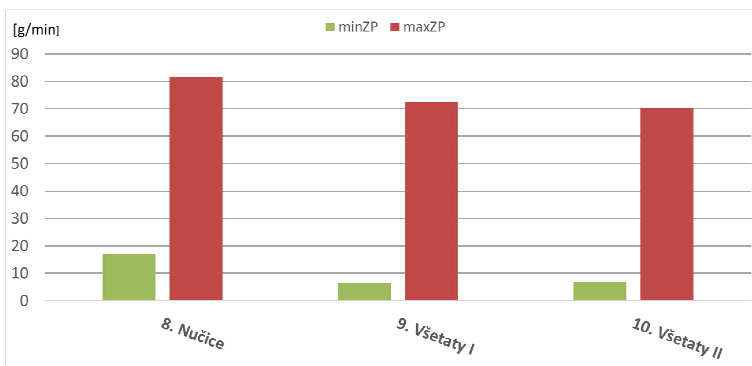
Na základě výše uvedených grafů byly porovnány průměrné ustálené hodnoty povrchového odtoku a půdního smyvu, a to již včetně 8. testovacího setu půdy Nučice. Z grafů je patrné odlišné chování půdy Nučice, která dosahuje z uvedených hlinitých půd nejvyšší hodnoty povrchového odtoku v kategorii minZP, zatímco při maxZP jsou ustálené hodnoty nepatrně nižší než v případě Všetat. Při zaměření na vzorek Všetaty I a II jsou patrné dva trendy. Při minZP se ustálené hodnoty téměř

neliší (rozdíl 0,5 mm/hod), v případě maxZP je povrchový odtok vyšší (rozdíl 7,9 mm/hod) u vzorku Všetaty II, což je dle úvahy autorů následkem právě testované „zhutněné“ spodní vrstvy vzorku.



Graf 5: Průměrné ustálené hodnoty povrchového odtoku při min/maxZP

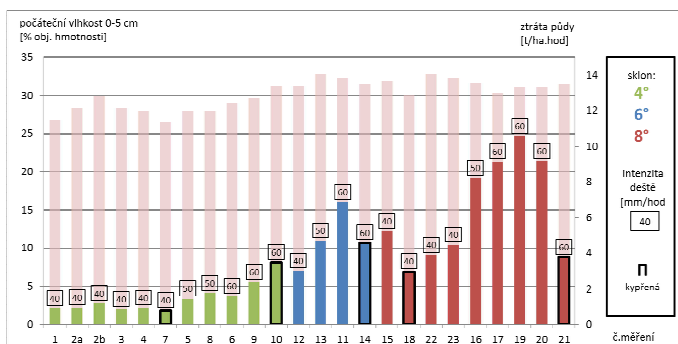
Porovnání půdních smyvů má při minZP stejný trend jako průměrné ustálené hodnoty povrchového odtoku při minZP. Při maxZP se však hodnoty ustáleného půdního smyvu liší a dosahují nejvyšší hodnoty u vzorku Nučice, zatímco nejnižší hodnoty dosahuje specifický vzorek Všetaty II s pouze nepatrným rozdílem oproti vzorku Všetaty I (rozdíl 2,2 g/min). Vliv „zhutněné“ spodní vrstvy u vzorku Všetaty II se tak potvrdil pouze v případě ustálených hodnot povrchového odtoku, nikoliv však v případě půdního smyvu.



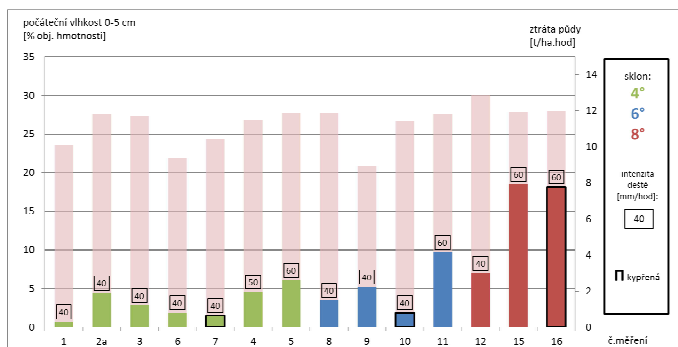
Graf 6: Průměrné ustálené hodnoty půdního smyvu při min/maxZP

3.4 Celková ztráta půdy

Grafy (graf 7 a 8) vývoje celkové ztráty půdy byly vytvořeny na základě již publikovaných grafů srovnávající půdní sety Třebešice II a Nučice v [4]. Grafy uvádějí celkovou ztrátu půdy v $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{hod}^{-1}$ vypočítanou z průběhu půdního smyvu v jednotlivých experimentech a jsou seřazeny vzestupně dle sklonu a intenzity a doplněny o počáteční vlhkost svrchní vrstvy (5 cm) vzorku.



Graf 7: Vývoj celkové ztráty půdy setu Všetaty I



Graf 8: Vývoj celkové ztráty půdy setu Všetaty II

Uvedené grafy provedených měření na vzorku Všetaty I a II ukazují dle očekávání zvýšené hodnoty při vyšších zátěžových podmínkách. Průměrné hodnoty ztráty půdy při minZP dosahují hodnoty $0,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{hod}^{-1}$ (Všetaty I), resp. $1,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{hod}^{-1}$ (Všetaty II). Při vysokém zatížení maxZP dosahují $8,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{hod}^{-1}$ (Všetaty I), resp. $7,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{hod}^{-1}$ (Všetaty II). Dříve testovaný set Nučice dosahoval vyšších hodnot - při minZP $2,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{hod}^{-1}$ a při maxZP $11,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{hod}^{-1}$.

4 ZÁVĚR

Uvedený přehled základních výsledků testování hlinitých půd od roku 2011 do roku 2014 neobsahuje zdaleka všechna naměřená data, avšak ve svých základech přináší obecné trendy chování hlinitých půd v laboratorních podmínkách. Z uvedených grafů srovnávacích měření je zřejmé, že průběhy i ustálené hodnoty povrchového odtoku a půdního smyvu vykazují při minZP shodnější chování než při maxZP. Testování „zhutněného podorničí“ u vzorku Všetaty II přineslo závěry v podobě zvýšeného povrchového odtoku v porovnání se standardně připraveným vzorkem Všetaty I, avšak již bez pozorovaného zvýšení hodnot půdního smyvu. Vliv „zhutněného podorničí“ byl však zřetelný při měření kypřených maxZP (v minimální míře i minZP), kdy byl pozorován především výrazně rychlejší a prudší nárůst hodnot povrchového odtoku a půdního smyvu, který je dle autorů způsoben právě „zhutněnou“ spodní vrstvou vzorku.

K uvedeným hodnotám je nutné dodat, že rozdíly mezi testovanými hlinitými půdami jsou minimální v porovnání se zrnitostně odlišnými druhy půd testovanými dříve. Tyto výsledky je tak možno považovat za ověřená data v rámci experimentálního testování hlinitých půd při extrémním srážkovém zatížení.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory grantu SGS11/148/OKH1/3T/11 Experimentální výzkum srážko-odtokových a erozních procesů a SGS14/180/OKH1/3T/11 Srážko-odtokové, erozní a transportní procesy - experimentální výzkum.

Zdroje

- [1] JANEČEK, Miloslav a kol. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2012, 113 str., ISBN 978-80-87415-42-9.
- [2] KRÁSA, Josef, *Hodnocení erozních procesů ve velkých povodích za podpory GIS*, Praha, Doktorská disertační práce, 2004
- [3] SCHWARZOVÁ, P. a kol.: *Metodika provádění erozních experimentů na dešťovém simulátoru ČVUT Praha*. Sborník vědecké konference Enviro Nitra 2009. ISBN 978-80-01-04280-9
- [4] LABURDA, T. *Vyhodnocení experimentálních erozních dat z Laboratorního DS – Diplomová práce*. Praha: FSv ČVUT v Praze, 2013. 108 str.



CHARAKTERISTIKA POVRCHOVÉHO SPLACHU ZE ZPEVNĚNÝCH PLOCH

CHARACTERISTICS OF SURFACE WATER RUNOFF FROM PAVED SURFACES

**Lucie Doležalová¹, Renata Nováková², Kristýna Soukupová³,
Jana Nábělková⁴, Marcela Synáčková⁵**

Abstract

Water pollution from routes and consolidated surfaces (parking places, pull-off spaces) is considered one of the significant types of pollution. Pollutants that significantly affect not only the environment, but also human health are released by traffic. Construction of routes and consolidated surfaces is a big intervention into the ecosphere and affects nature in many aspects. Traffic has a negative influence on the hydrosphere, it affects the hydrological regime and the quality of both surface and underground water. Rainwater that flows off routes and consolidated surfaces contains pollutants dissolved in water and also pollutants fixed to suspended particles. Therefore, it is necessary to follow certain established rules for its draining.

Keywords

highway runoff, transport, water pollution deicing salts, heavy metals, PAH

¹ Lucie Doležalová, Ing., ČVUT v Praze, fakulta Stavební, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství, Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6 Dejvice, lucie.dolezalova@fsv.cvut.cz

² Renata Nováková, Ing., ČVUT v Praze, fakulta Stavební, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství, Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6 Dejvice, renata.novakova@fsv.cvut.cz

³ Kristýna Soukupová, Ing., ČVUT v Praze, fakulta Stavební, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství, Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6 Dejvice, kristyna.soukupova@fsv.cvut.cz

⁴ Jana Nábělková, doc. Mgr. Ph.D., ČVUT v Praze, fakulta Stavební, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství, Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6 Dejvice, jana.nabelkova@fsv.cvut.cz

⁵ Marcela Synáčková, Ing. CSc., ČVUT v Praze, fakulta Stavební, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství, Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6 Dejvice, marcela.synackova@fsv.cvut.cz



1 ÚVOD

Voda patří mezi hlavní složky životního prostředí, je naprosto nezbytná pro zachování života na Zemi. Vlivem působení člověka se však kvalita vod neustále zhoršuje.

Jedním z faktorů, které ovlivňují kvalitu povrchové i podzemní vody, je doprava. Vodní prostředí je ovlivňováno jak výstavbou dopravní infrastruktury (narušení hydrologického režimu), tak svým provozem (úkony pohonných hmot, znečištění z obrusu pneumatik a svrchní konstrukce vozovek, posypové soli, atd.). Negativní dopady se projevují již při výrobě přepravních prostředků či při těžbě nerostných surovin potřebných pro výrobu paliv [1].

Většina studií dopadů dopravy na životní prostředí se zabývá znečištěním ovzduší (emise) nebo hlukem a vibracemi. Méně často je poukazováno na znečišťování povrchových a podzemních vod dopravou. S nárůstem podílu nepropustných ploch se zvyšuje povrchový odtok a dochází k ovlivnění hydrosférických poměrů v povodí. Voda z komunikací je nejčastěji sváděna přímo do vodoteče, čímž je zásadně ovlivněna kvalita vody v recipientu. Dešťová voda, která odtéká z komunikací a ze zpevněných ploch obsahuje škodlivé látky rozpuštěné ve vodě, a také škodlivé látky vázané na suspendované částice [1].

Hospodaření s dešťovými vodami z dálnic je třeba věnovat náležitou pozornost, a to již ve fázi projektové dokumentace.

2 ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ

Vlivem automobilové dopravy se do prostředí dostává celá řada znečišťujících látek. Mezi nejproblematictější látky spojené s povrchovým odtokem z komunikací patří těžké kovy (zinek, měď), polycyklické aromatické uhlovodíky, nerozpuštěné látky a chloridy. Další těžké kovy, jako chrom, kadmium, nikl a olovo se vyskytují převážně v nižších koncentracích a jejich ekologický dopad je méně významný. Ke znečištění přispívají i odpadky pohozené kolem komunikací a využití okolních pozemků (chemikálie z ošetřování vegetace).

Existuje lineární vztah mezi průměrným denním provozem a množstvím polutantů v prostředí, přičemž šíření škodlivin ovlivňuje počasí a využití území. V urbanizovaných územích jsou koncentrace znečišťujících látek až 10krát větší než mimo zástavbu [2]. Mimo města jsou však vyšší koncentrace nerozpuštěných látek, pesticidů a amoniaku (látek spojených se zemědělstvím).

Nixon a Saphores (2007) uvádí 3 hlavní zdroje znečištění povrchových vod z dopravní činnosti, jsou to chladicí kapaliny/nemrznoucí směsi, opotřebením brzd a použitý olej. Chladicí kapaliny/nemrznoucí směsi jsou z 95% tvořeny ethylenglykolem, což je vysoce toxická kapalina. Hlavní příčinou toxicity není ethylenglykol samotný, nýbrž jeho metabolity. Nejpodstatnějšími metabolity způsobujícími toxicitu jsou kyseliny glykolové a šťavelové [3].

Až do 70. let 20. století byly automobily vybaveny uzavřenými bubnovými brzdami. Podložky u těchto brzd obsahovaly azbest, ale ne těžké kovy. Kvůli ochraně pracovníků byly uzavřené brzdové systémy nahrazeny kotoučovými brzdami se semi-metalickými brzdovými destičkami. Kotoučové brzdy mají dobré brzdné vlastnosti a jejich opotřebením je pomalé. Díky tomu, že se jedná o otevřený brzdový systém, se však do prostředí dostávají těžké kovy, které se uvolňují vždy, když se destičky zmáčkou proti rotorům kola. Při brzdění vzniká malé množství kovového prachu, často se jedná o měď, ale také o zinek a olovo [3].

Hlavním zdrojem uhlovodíků je použitý motorový olej. Motorový olej a benzín jsou mnohem toxičtější než surový olej. Snadněji se rozptýlí ve vodě a měkké tkáně je snáze absorbují. Použitý motorový olej často obsahuje nečistoty, jako jsou chemické látky přidávané ke zvýšení výkonu motoru nebo sloučeniny vznikající během činnosti motoru [3], [4].

Škodlivé účinky má také zimní údržba komunikací. Údržba se provádí chemickými posypovými prostředky (NaCl) nebo inertními materiály, jako je písek či šterk. Inertní materiály se používají zejména tam, kde je kvůli nízkým teplotám vyloučeno použití NaCl. Může dojít k navázání polutantů na částice posypového materiálu a jejich následnému šíření. V České republice se používá především NaCl, který ve vodě disociuje na kationty sodíku a anionty chloru [3], [5].

Přehled zdrojů znečišťujících látek na zpevněných dopravních plochách je uveden v tabulce č. 1.

Tab. 5: Zdroje znečišťujících látek na zpevněných dopravních plochách

ZDROJ ZNEČIŠTĚNÍ	ZNEČIŠTUJÍCÍ LÁTKY
Zbytky ze spalování	Uhlovodíky (minerální oleje), těžké kovy, jemné nerozpuštěné látky (saze)
Opotřebením brzd	Těžké kovy, jemné nerozpuštěné látky (azbest, další potahové vrstvy)
Opotřebením pneumatik	Těžké kovy, jemné nerozpuštěné látky (kaučuk, saze)
Opotřebením vozovky	Jemné nerozpuštěné látky (beton), organické sloučeniny (asfalt, dehet)
Opotřebením značení komunikací	Těžké kovy, rozpouštědla
Úniky kapalin	Uhlovodíky (oleje, benzín, nafta), těžké kovy
Koroze vozidel	Těžké kovy
Údržba a opravy silnic	Organické sloučeniny (asfalt, dehet), nerozpuštěné látky (písek, šterk)
Zimní údržba vozovky	Soli (chloridy), polutanty navázané na inertní posypové materiály
Stavební hmoty	Minerální látky, pojiva (asfalt, vápno, cement)
Ztráty přepravovaného mat.	Rozličné suroviny a materiály

3 METODIKA MĚŘENÍ

Na základě monitoringu umístění a typu nádrží a kvality vody ze smyvu, proběhne na podkladě rozborů, vyhodnocení stávající situace na vybraném území. Budou popsány typy a parametry jednotlivých nádrží, jejich počet a umístění. Koncepčně se zaměříme na odběr vzorků, jejich laboratorní analýzy a vyhodnocení získaných výsledků.

Výsledky analýz pak budou přehledně zpracovány a vyhodnoceny, tak aby vznikl ucelený přehled o kontaminaci a zatížení smyvů z komunikací, a prostředí, které je těmito smyvy ovlivněno. Tento ucelený přehled by mohl poskytnout cenné informace pro další využití (návrhy odvodnění komunikací, volba typu zasakovacích nádrží). Metodika odběru a analýzy vzorků vod vypouštěných do povrchových odtoků:

Zjištění kvality odtokových vod kumulovaných v těchto nádržích na základě laboratorních analýz v základním, případně v doplňujícím rozsahu.

Vzorky budou odebrány v pravidelných intervalech několikrát ročně a jejich rozbor bude prováděn v základním, případně doplňujícím rozsahu.

Ukazatele v základním rozsahu:

- NL - nerozpuštěné látky
- RL - rozpuštěné látky
- Cl (chloridy - posypové soli)
- pH - reakce vody
- Konduktivita
- Těžké kovy (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)

Ukazatele v doplňujícím rozsahu:

- $C_{10} - C_{40}$ (suma uhlovodíků - indikátor ropných látek)
- PAU - polycyklické aromatické uhlovodíky
- SO_4^{2-} - sírany

Výsledky rozborů budou přehledně zpracovány a vyhodnoceny. Vznikne tak ucelený přehled o zatížení komunikací a jejich okolí prioritními polutanty, který by měl sloužit k určení optimálního návrhu odvodnění komunikací s ohledem na znečištění a jeho důsledky.

3.1 Analýza vody

Koncentrace NL bude stanovena pomocí gravimetrické metody. Konduktivita a pH budou měřeny potenciometricky. Chloridy, CHSK, sírany a amonné ionty budou určeny spektrometricky, kyvetovými testy HACH LANGE. Titrační metodou budou stanoveny koncentrace vápníku a hořčíku. Součástí rozborů bude stanovení mikrobiologického zatížení (koliformní bakterie, E. coli), pomocí metody Colilert. Stanovení ukazatelů $C_{10} - C_{40}$, PAU zajistí akreditovaná laboratoř.

Pro různé typy vod existuje mnoho limitních hodnot či imisních standardů. V zemích Evropské unie jsou zavedeny standardy environmentální kvality EQS (Environmental Quality Standards), což jsou kritéria pro hodnocení kvality prostředí. V České republice je jako ekvivalent EQS zaveden pojem Normy environmentální kvality (NEK). NEK jsou uvedeny v Nařízení vlády 23/2011 Sb.



3.2 Analýza sedimentu

Jelikož těžké kovy preferují vazbu do pevné matrice, určujeme jejich koncentrace pouze v sedimentu, a to pomocí metody atomové absorpční spektrometrie.

Sediment je odebírán plastovou naběračkou ze svrchní vrstvy, vzorky jsou zamražené a následně jsou sušeny metodou lyofilizace (vakuové vymrazování). Hrubší části než $600\mu\text{m}$ jsou dále odstraněny na prosévacím stroji. Rozklad je prováděn pomocí 9ml kyseliny dusičné HNO_3 . Kvůli zvýšení oxidačního účinku je ke vzorku přidán ještě 1ml peroxidu vodíku H_2O_2 . Poté je vzorek umístěn do mikrovlnné pece, kde je zahříván až na požadovanou teplotu (178°C). Po vychladnutí je vzniklý kyselinový výluh přelit do baňky o objemu 50ml. Objem, který chybí k dosažení 50ml, je doplněn destilovanou vodou.

Kvůli možnosti kontroly a odhadu chyby měření, je každý vzorek analyzován dvakrát. Společně se vzorky je vždy připraven slepý vzorek, který obsahuje pouze konzervační činidla (9ml HNO_3 a 1ml H_2O_2). Slepý vzorek slouží k zjištění případných nežádoucích látek obsažených v chemikáliích.

Po rozkladu jsou vzorky analyzovány pomocí atomové absorpční spektrometrie (AAS). Atomová absorpční spektrometrie patří mezi nejrozšířenější analytické metody. Principem AAS je absorpce záření volnými atomy v plynném stavu, které vznikají v atomizátorech.

Pro stanovení bylo z těžkých kovů vybráno pouze 7 (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), jedná se o nejvíce rozšířené zástupce v urbanizovaných povodích.

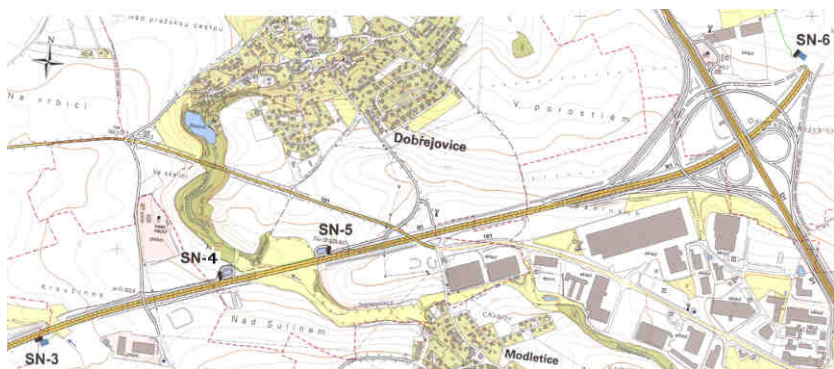
V České republice nejsou prozatím EQS, resp. NEK, pro sediment oficiálně stanoveny. Vyhláška MŽP č. 13/1994 Sb. sice určuje maximální přípustné hodnoty obsahu rizikových prvků v půdách, ty však nejsou vhodné pro hodnocení kvality vodního prostředí a rizika pro organizmy. V novele nařízení vlády č. 61/2003 Sb. (23/2011 Sb.) se sice zavádějí NEK i pro pevnou matici – sediment a biotu, pro hodnocení chemického stavu útvarů povrchových vod, ale tato kritéria mají omezenou použitelnost. V seznamu jsou uvedeny pouze některé škodliviny a jejich limity jsou stanoveny pro specifikovanou velikostní frakci sedimentu. Získané hodnoty tak budou porovnávány s kritérii US EPA - s koncentrací prahového účinku TEC a koncentrací pravděpodobného účinku PEC. [6], [7].

4 SITUACE

V současnosti je monitorováno šest nádrží v těsném okolí silničního okruhu kolem Prahy (úsek 512, R1, Jesenice – D1), které slouží k zachycení povrchového odtoku z komunikace (viz Obr. 1, Obr. 2, Tab. 2).



Obr. 19: Umístění nádrží SN1 a SN2



Obr. 20: Umístění nádrží SN3 až SN6

Tab. 6: Monitorované nádrže

Označení	km stan.	Přítok	Odtok	Recipient
SN1	-0,55	kanalizací SO 306, PEHD DN 1000 dl. 21,2 m	kanalizací SO 306, PEHD DN 1000 dl. 278 m	bezejmenný levostranný přítok Botiče
SN 2	0,77	kanalizací SO 305, PP DN 500 dl. 42 m	kanalizací SO 305, PP DN 300 dl. 148,6 m	Jesenický potok
SN3	-3,74	kanalizací SO 307, PEHD DN 800	kanalizací SO 307, PEHD DN 800	Osnický potok
SN4	-4,59	kanalizací SO 308, PEHD DN 800 dl. 17,6 m	kanalizací SO 308, PEHD DN 800 dl. 36,7 m	Dobřejovický potok
SN5	-5,07	kanalizací SO 305, PP DN 500 dl. 15 m	kanalizací SO 309, PP DN 500 dl. 33 m	Dobřejovický potok
SN6	-7,375	kanalizací SO 310, PEHD DN 800 dl. 52 m	kanalizací SO 310, PEHD DN 800 dl. 221 m	Nupacký potok

Jedná se o kombinaci sedimentačních a retenčních nádrží. Sedimentační nádrže jsou převážně podzemní prefabrikované. Nádrž je sestavena ze dvou U dílů, stropu, šachtových nástaveb a poklopů. V jednotlivých dílech je osazena technologie a norné stěny. Voda přitéká do prostoru odlučovače kalu, kde dochází k zpomalení průtočné rychlosti a k postupnému gravitačnímu odseparování splavenin a části plavenin do dnové části nádrže. V kalojemu již dochází k prvotnímu zachycení plovoucí vrstvy ropných látek nornými stěnami. Voda pak přitéká do odlučovače ropných látek, její proud je potrubím usměrněn ke dnu nádrže. Částice ropných látek se usazují u hladiny a vytvářejí vrstvu zachycených ropných látek. Voda pak prochází koalescenční bariérou, kde jsou koalescencí odstraněny nejmenší částičky ropných látek. Všechny uvolněné ropné látky se hromadí v záchytné vrstvě na hladině. Pročištěná voda z odlučovače prochází do retenční nádrže.

Retenční nádrž je tvořena zevní otevřenou nádrží, svahy jsou zpevněny a utěsněny proti kontaminaci podloží. V ose dna nádrže je umístěna žlabovka pro

odtok vody v případě vypuštění nádrže, ve výtokové části retenční nádrže je umístěn sdružený funkční objekt, před nímž je umístěna kalová jímka. Tyto nádrže slouží k zachycení přívalového deště a regulaci odtoku vody do recipientu. Z retenční nádrže odchází voda přes sdružený funkční objekt odpadním potrubím do recipientu. Sdružený funkční objekt slouží k regulaci odtoku z retenční nádrže.

Výjimku tvoří nádrže pod označením SN2 a SN6. Sedimentační nádrž v areálu SN2 není klasická podzemní prefabrikovaná, ale jedná se o otevřenou zemní nádrž (viz. Obr. 3 vlevo).



Obr. 21: Sedimentační nádrž SN2 (vlevo) a SN6 (vpravo)

Sedimentační nádrž v areálu SN6 je sestavena ze dvou propojených podzemních nádrží (Obr. 1 vpravo). První slouží jako rozdělovací, druhá nádrž obsahuje kalojem a odlučovač ropných látek. Z druhé části nádrže odchází voda do retenční nádrže.

5 CÍLE ŘEŠENÍ PROJEKTU

Hlavním cílem je monitoring současného stavu kvality odtoku z povrchu zpevněných ploch zachycených v dešťových nádržích. U odebraných vzorků vody budou stanoveny rozpuštěné a nerozpuštěné látky, základní chemicko-fyzikální parametry, toxické kovy (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) a ve vybraných vzorcích také polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), ropné látky (NEL) a fekální bakterie (koliformní bakterie, E.Coli). V odebraných vzorcích sedimentu toxické kovy a ve vybraných vzorcích PAU a NEL.

Pro optimalizaci dalších návrhů odvodnění komunikací je důležité identifikovat vliv odvodnění komunikací na znečištění jejich blízkého okolí s ohledem na jejich různé využití a různý způsob odvodnění. Výsledky monitoringu zmapují stávající situaci v těsném okolí silničního okruhu kolem Prahy (úsek 512, R1, Jesenice – D1).



Poděkování

Příspěvek byl zpracován v rámci projektu Studentské grantové soutěže SGS14/048/OHK1/1T/11.

Literatura

- [1] ADAMEC, V. *Doprava, zdraví a životní prostředí*. 1. vyd. Praha: Grada, c2008, 160 s. ISBN 978-802-4721-569.
- [2] KAYHANIAN, Masoud, Amardeep SINGH, Claus SUVERKROPP a Steve BORROUM. Impact of Annual Average Daily Traffic on Highway Runoff Pollutant Concentrations. *Journal of Environmental Engineering*. Překlad John Bester. 2003, vol. 129, issue 11, s. 975-990. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9372(2003)129:11(975). Dostupné z: [http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(2003\)129:11\(975\)](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9372(2003)129:11(975)).
- [3] NIXON, Hilary a Jean-Daniel SAPHORES. Impacts of motor vehicle operation on water quality in the US – Cleanup costs and policies. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Překlad John Bester. 2007, vol. 12, issue 8, s. 564-576. DOI: 10.1016/j.trd.2007.08.002. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1361920907000892>
- [4] KOMÍNKOVÁ, Dana. *Ekotoxikologie*. Vyd. 1. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2008. 156 s. ISBN 978-80-01-04058-4.
- [5] ONDRÁČEK, P. Vlivy chemického ošetřování vozovky na kvalitu podzemní vody = Impact of road deicing chemicals on groundwater quality. *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 2005*, 2006, 13, s. 130-132. ISSN 1212-6209. ISBN 80-210-4092-0.
- [6] NÁBĚLKOVÁ, J. (2011). Těžké kovy v sedimentech drobných městských toků. Habilitační práce, Stavební fakulta ČVUT v Praze, p. 24
- [7] ES/ER/TM-95/R4 – Toxicological Benchmarks for Screening Contaminants of Potential Concern for Effects on Sediment- Associated Biota:1997 Revision.

VZTAH ŠÍŘE ÚDOLNÍ NIVY, VLNOVITOSTI A MIGRACE KORYTA VODNÍHO TOKU

RELATION OF WIDTH OF FLOODPLAIN, SINUOSITY AND CHANNEL MIGRATION OF WATERCOURSE

Martin Štich¹, Petr Sklenář²

Abstract

The aim of this study was to determine the relationship between the lateral migration of watercourse resp. sinuosity and width of the floodplain. It was proved a close relationship between the width of the floodplain and sinuosity, but relationship of migration of watercourse and the width of the floodplain was not so noticeable. It was possible to observe a slight increase in lateral migration in the wider sections of the channel compared to the narrower sections in the case of the Studená Vltava. The increase wasn't so evident in the Jizera, especially because of too homogeneous floodplain.

Another assumption was directly proportional relationship between the lateral channel migration and the size of the watercourse. The rate of channel migration was the same for both streams, even when their size is quite different.

Keywords

Watercourse, lateral migration, sinuosity, floodplain

1 ÚVOD

Předmětem této studie je kvantifikace míry migrace koryta ve sledovaném období od 50. let 20. století do současnosti v závislosti na šířce údolní nivy na příkladu dvou vodních toků. Ve vztahu k šířce nivy byla také hodnocena vlnovitost vodních toků v obou časových horizontech.

¹ Martin Štich, Ing., ČVUT, Stavební fakulta, katedra hydromeliací a krajinného inženýrství, Thákurova 7, 166 29 Praha 6 – Dejvice, martin.stich@cvut.cz

² Petr Sklenář, Ing., Ph.D., ČVUT, Stavební fakulta, katedra hydrauliky a hydrologie, Thákurova 7, 166 29 Praha 6 – Dejvice, petr.sklenar@fsv.cvut.cz

1.1 Zájmové území

Prvním vodním tokem, který byl vybrán, je úsek horní Jizery v CHKO Jizerské hory. Tento úsek je zhruba 1,5 km dlouhý a nachází se v NPR Rašeliniště Jizery asi 3,5 km severně od obce Jizerka. Jizerka leží 6 km na sever od obce Desná.

Druhým vodním tokem je úsek Studené Vltavy v NP Šumava. Je to zhruba 2kilometrový úsek, rozkládající se od soutoku s Teplou Vltavou až po železniční most - asi 1,5 km západně od obce Chlum. Obec Chlum leží 5 km na jih od obce Volary.

V nivě Jizery se vyskytovaly dřevinné porosty již v 50. letech. Vyskytují se zde porosty typické pro rašeliniště, jako podmáčené smrčiny, porosty borovice kleče, ale i přirozené bezlesí. Oblast v minulosti nebyla obhospodařovaná a díky absenci zemědělství je podobná skladba porostů i v současnosti.

Ještě v 50. letech 20. století většinu údolní nivy Studené Vltavy pokrývaly TTP s občasným výskytem solitérních stromů. V současnosti je část nivy zalesněna a část nivy samovolně zarůstá rozptýlenou vegetací díky absenci zemědělského využívání údolní nivy.

1.2 Pedologie a geologie

V obou studovaných lokalitách se vyskytují stejné půdy typické pro údolní nivy vodních toků – glej fluvický histický [1], zatímco z hlediska geologického složení se ve sledovaném úseku Jizery vyskytují kvartérní horniny hlinito-kamenité a u ústí Studené Vltavy se vyskytují kvartérní horniny v podobě nivních sedimentů [1].

1.3 Hydrologie

Průtoky s dobou opakování 1 a 2 roky (Q_1 a Q_2) a průměrný roční průtok (Q_A) byly zjištěny přímo z hydrologických tabulek [2] pro uzávěrový profil ústí Studené Vltavy. Pro uzávěrový profil horní Jizery neposkytovaly tabulky žádné informace. Nejblíže měřený profil se nachází na soutoku Jizery a Mumlavy. Z tabulek [2] byly pro tento profil převzaty průtoky (Q_1 , Q_2 a Q_A) a plochy povodí (P). V programu ArcMap byla změřena plocha povodí horní Jizery (p). Pomocí poměrů ploch povodí horní Jizery (p) a povodí (P) byl odvozen průtok s uzávěrovým profilem na horní Jizeře (q_1) (Rce 1).

$$q_1 = p/P * Q_1 \quad (1)$$

Průtoky Q_1 a Q_2 byly vybrány z důvodu své blízkosti s dobou opakování korytotvorného průtoku – $Q_{1,5}$ [3].

- Studená Vltava - $Q_A=2 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_1=27 \text{ m}^3/\text{s}$ a $Q_2=38 \text{ m}^3/\text{s}$
- Jizera - $Q_A=0,6 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_1=11,7 \text{ m}^3/\text{s}$ a $Q_2=18,7 \text{ m}^3/\text{s}$

2 METODIKA

2.1 Sklon údolní nivy a koryta vodního toku

Podélná sklonitost údolní nivy byla vypočítána pomocí digitálního modelu terénu. Byly zvoleny dva body na začátku a na konci sledovaného úseku údolní nivy, zjištěn jejich výškový rozdíl a vzájemná vzdálenost měřená podél údolní nivy. Podílem výškového rozdílu a vzdálenosti byla určena sklonitost údolní nivy.

Sklon vodních toků byl určen podobným způsobem, ale výškový rozdíl výše zmíněných bodů byl vydělen délkou vodního toku s předpokladem, že zahloubení koryta vodního toku v údolní nivě zůstává konstantní.

2.2 Mapování vodních toků

V programu ArcMap byla načtena WMS orthofoto mapa současných leteckých snímků ze serveru ČÚZK geoportal.cuzk.cz [4].

Ze serveru CENIA [1] byly získány historické letecké snímky z 50. let, které byly spojeny v grafickém editoru a georeferencovány v programu ArcMap pomocí vlíčovacích bodů. Podle těchto ortofoto snímků byly vektorizovány osy vodních toků.

2.3 Příčné profily

V programu ArcMap byly vytvořeny v kolmém směru linie (příčné profily) mezi osami vodních toků v obou časových horizontech. Linie nebyly zhotoveny v pravidelných rozestupech, ale tak, aby co nejlépe vystihovaly změnu trasy koryta vodního toku (Obr. 2). Tyto linie byly vodními toky oříznuty. Linie reprezentující trasování vodního toku v 50. letech byla rozdělena příčnými profily. Jak u příčných profilů, tak u jednotlivých segmentů vzniklých rozdělením osy vodního toku, byla spočítána jejich délka. Do tabulky byly vypsány jednotlivé délky příčných profilů a kumulativní součet jednotlivých segmentů od počátku měřeného úseku. Pomocí

takto vzniklé tabulky byl vytvořen graf, který znázorňuje míru migrace koryta daného vodního toku.

Zmíněná metodika je alternativou metodiky prezentované Smetanou. V metodice tohoto autora byl ke kvantifikaci laterálního posunu využit „polygon erodované plochy“ a z něj odvozená „lateral migration distance“ [5].

2.4 Vymezení údolní nivy a vlnovitost

Údolní niva byla mapována pomocí digitálního modelu terénu (DMT) resp. sklonitosti území. Tento model terénu s rozlišením 10x10 m je v některých částech nepřesný, proto pro delimitaci údolní nivy byly využity letecké snímky jak historické tak i současné. V místech, kde DMT zřetelně neodpovídal skutečnosti, byly hranice údolní nivy odhadnuty z leteckých snímků dle porostu či landuse.

Do takto vymezené údolní nivy byly vloženy linie, reprezentující příčné profily. Těmito profily byla rozdělena linie vodního toku (50. léta) na úseky. U jednotlivých úseků VT i profilů říční nivy byly vypočítány jejich délky. Pomocí těchto délek byl vytvořen graf, který znázorňuje průběh šířky údolní nivy ve sledovaném úseku vodního toku.

Při zjišťování míry vlnovitosti byl vodní tok rozdělen na segmenty. Byla vypočítána délka jednotlivých segmentů a délka vodního toku v těchto segmentech. Délka vodního toku byla vydělena délkou segmentu, čímž byla vypočítána vlnovitost. Ze zjištěných hodnot vlnovitosti byl vytvořen graf znázorňující průběh vlnovitosti vodního toku v jednotlivých částech vodního toku.

3 VÝSLEDKY A DISKUZE

3.1 Sklon údolní nivy a koryta vodního toku

Sklon údolní nivy je u obou vodních toků podobný a pohybuje se okolo hodnoty 0.0024. Díky vyšší vlnovitosti je sklon koryta vodního toku mírně nižší u Jizery – 0.001. U Vltavy, kde se vyskytují rovnější úseky, dosahuje sklon koryta 0.0014.

3.2 Migrace koryta, šířka údolní nivy a vlnovitost

V následujících grafech č. 1 a 4 jsou zaznamenány změny trajektorie vodního toku mezi dvěma časovými horizonty (50. léta 20. století a současnost). Jednotlivé vrcholy v průběhu těchto grafů představují maximální změnu trajektorie (vyskytují

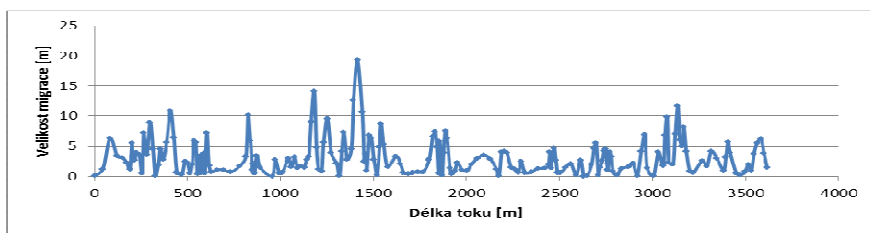
se často ve vrcholech meandrů) a minima průběhů reprezentují zase části, kde se historická a současná trajektorie překrývají.

Na grafech č. 2 a 5 je znázorněna šířka údolní nivy v závislosti na délce vodního toku a na grafech č. 3 a 6 vlnovitost vodního toku v 50. letech a v současnosti.

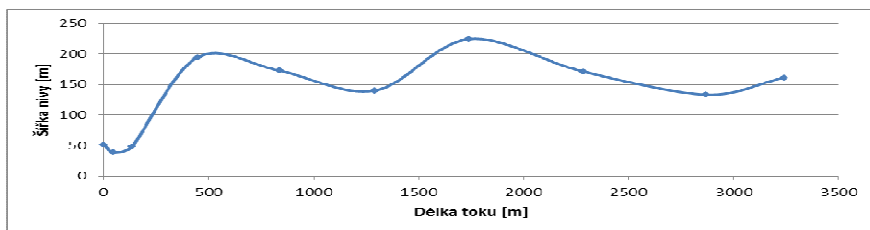
3.2.1 Jizera

Nejvýraznější laterální posun koryta Jizery dosahuje téměř 20 m kolem 1,4 km délky sledovaného úseku. Průměrná hodnota vrcholů migrace byla rovna 5,94 m.

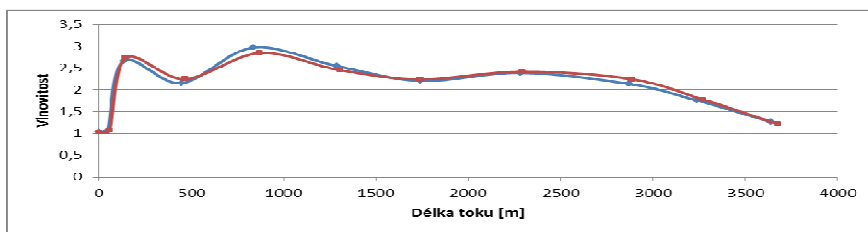
Průměrná šířka údolní nivy je cca 140 m. Na začátku sledovaného úseku teče řeka krátký úsekem, kde je niva užší než 50 m. Pak se niva náhle rozšiřuje a její šířka zůstává relativně konstantní. Svého maxima 225 m dosahuje okolo 1,7 km měřené délky toku, zatímco minima 135 m okolo 2,9 km.



Graf 1: Laterální posun koryta Jizery – všechny měřené úseky



Graf 2: Šířka údolní nivy Jizery



Graf 3: Vlnovitost Jizery (modrá-50. léta; červená-současnost)

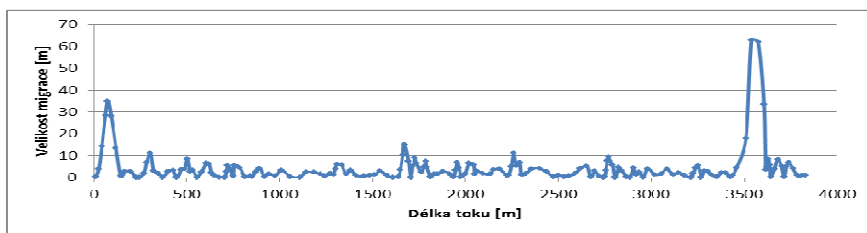
Při srovnání grafu č. 1 a 2 nelze nalézt jednoznačnou závislost mezi velikostí laterální migrace a šíří údolní nivy. V úzké části dochází k podobné míře migrace jako v části, kde je niva široká. Úzká část je ovšem příliš krátká, než aby bylo možno z ní vyvozovat závěry. Šířka rozsáhlé nivy je zas poměrně konstantní a vodní tok je omezován jejími okraji po celé délce, proto lze jen těžko na tomto úseku vypozorovat souvislost laterální migrace s šířkou nivy.

Grafy č. 2 a 3 ukazují, že s šíří údolní nivy mnohem více souvisí vlnovitost vodního toku než velikostí laterální migrace. V úzkém úseku se vlnovitost pohybuje okolo 1,0, jakmile dojde k rozšíření nivy, vlnovitost prudce vzroste a osciluje okolo hodnoty 2,0. Vlnovitost se v průběhu šedesáti let změnila nepatrně a u obou sledovaných časových horizontů zůstává téměř totožná.

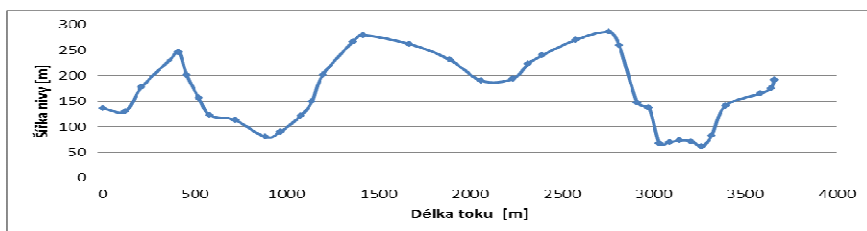
3.2.2 Studená Vltava

Nejvýraznější změny trajektorie se vyskytují na začátku a konci sledovaného úseku vodního toku. V prvním případě rozdíl v poloze osy vodního toku dosahuje 35 m a v druhém pak 63 m (u ústí). Tyto výrazné změny jsou v obou případech zapříčiněny protržením šíje meandrů. Pokud bychom tyto extrémní projevy změny trajektorie nebrali v úvahu, nejvýraznější posun koryta Studené Vltavy nepřesahoval hodnotu 15 m. Průměrná hodnota laterální migrace bez započítání protržených meandrů pak byla 5,77 m, protržené meandry pak průměrný posun výrazně navyšují – 8,1 m.

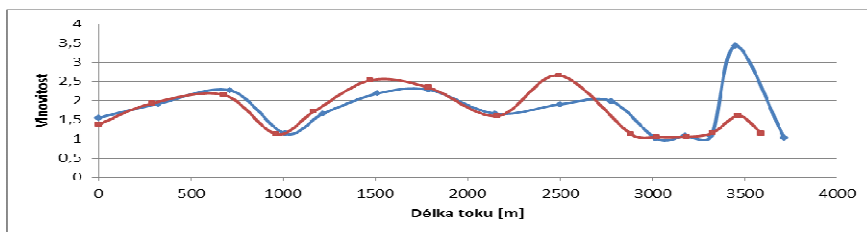
Průměrná šířka nivy se pohybuje okolo 200 m. Po přibližně 500 m od železničního mostu se niva zužuje pod hranici 100 m. Po dalších 700 m se zvolna rozšiřuje a dosahuje šíře téměř 300 m. Kolem 3 km délky toku se niva opět zužuje a dosahuje svého minima - 60 m, ale ke konci sledovaného úseku, těsně před soutokem se Studenou Vltavou, se opět rozšiřuje.



Graf 4: Laterální posun koryta Studené Vltavy – všechny měřené úseky



Graf 5: Šířka údolní nivy Studené Vltavy



Graf 6: Vlnovitost Studené Vltavy (modrá-50. léta; červená–současnost)

Při srovnání grafu č. 4 a 5 je patrné, že v místech obou zúžení údolní nivy nepřesahuje maximální změna trajektorie koryta hodnotu 6 m. Pokud pomíneme výše zmiňované protržení šíje meandrů, které je jevem extrémním a v takto krátkém časovém horizontu poměrně vzácným, tak maximální změna trajektorie v široké nivě (více jak 200 m) přesahuje často i hodnotu 10 m, v jednom případě 15 m. Jak uvedené výsledky ukazují, lze nalézt jistý vztah mezi šířkou nivy a změnou trajektorie koryta - v místech širší nivy je posun koryta dvojnásobný ve srovnání s úseky nivy úzké. Nicméně vztah mezi šířkou nivy a posunem koryta vodního toku není tak výrazný, jak jsme očekávali - to ukazuje na vliv i jiných faktorů, jako např. příbřežní vegetace.



Srovnání grafu č. 5 a 6 ukazuje, že změny vlnovitosti probíhají paralelně se změnou šířky údolní nivy. Křivka vlnovitosti klesá k hodnotě 1 při zúžení údolní nivy a naopak při rozšíření stoupá nad hodnotu 2. V 50. letech dosahoval nejvyšší vlnovitosti úsek před soutokem se Studenou Vltavou (3,5). Po protřžení meandru je vlnovitost v současnosti podstatně nižší a nejvyšších hodnot dosahuje střední část měřeného úseku, kde koeficient vlnovitosti přesahuje hodnotu 2,5. Stejně jako v předchozím případě se vlnovitost změnila nevýznamně, i když větší rozdíly jsou patrné. K nejvyšší změně došlo u konce sledovaného úseku (u soutoku) díky protřžení meandru. Významnější změny ve vlnovitosti vykazuje ovšem i střední úsek vodního toku s širokou údolní nivou, zatímco zúžené části údolní nivy zůstávají beze změny.

3.2.3 Srovnání obou vodních toků

Při porovnání obou vodních toků je patrný rozdílný průměrný průtok. U Jizery dosahuje průměrný průtok Q_A 0,6 m³/s, zatímco průtok Q_A u Studené Vltavy je více než trojnásobný – 2,0 m³/s. Pokud porovnáme plochy povodí, rozdíl je ještě více výrazný – povodí Studené Vltavy (121.6 km²) je šestinásobné oproti Jizeře (19,8 km²). V povodí Studené Vltavy však dle tabulek [2] je průměrný roční srážkový úhrn menší jak 1000 mm srážek ročně, což oblast povodí Jizery výrazně převyšuje (více jak 1500 mm). Z tohoto důvodu není různost průtoku Q_A tak výrazná, jak by se dala očekávat při srovnání obou povodí.

Sklon obou údolních niv je stejný – 0,0024. Koryto Jizery má nižší sklon (0,001) než koryto Studené Vltavy (0,0014). Je to zapříčiněno vyšší průměrnou vlnovitostí Jizery, která převyšuje hodnotu 2,0, zatímco vlnovitost Studené Vltavy se pohybuje kolem 1,7. Pokud bychom vyloučili krátký úsek Jizery, kdy řeka teče velmi úzkým údolím, bude rozdíl ještě výraznější – vlnovitost stoupne na hodnotu 2,2.

Šířka údolní nivy Jizery je kromě úzké části na začátku sledovaného úseku ve srovnání s nivou Studené Vltavy konstantní. Oproti tomu vykazuje šířka nivy Studené Vltavy značnou proměnlivost. V první a třetí třetině klesá šířka pod 100 m, na začátku, ve střední části a na konci sledovaného úseku většinou přesahuje 200 m.

Průměrná laterální migrace Studené Vltavy je celkově vyšší – 8,1 m, ale pokud vyloučíme úseky, kde došlo k protřžení meandrů, klesá na 5,77 m, což je nižší hodnota než u Jizery – 5,94 m. Toto zjištění je překvapivé, jelikož předpokládaná hypotéza byla, že laterální migrace bude souviset jak se šíří údolní nivy, tak s velikostí vodního toku. V našem případě, po vyloučení protřžených úseků, které nelze do analýzy zařadit, je míra bočního posunu koryta podobná. U Studené Vltavy

byla laterální migrace do jisté míry ovlivněna dvěma úzkými úseky. Tyto úseky byly ovšem poměrně krátké a nemohly míru migrace vodního toku tak výrazně ovlivnit. To ukazuje na skutečnost, že laterální migrace koryta je ovlivňována i jinými faktory, než pouze velikostí vodního toku a šíří údolní nivy. Dalším faktorem je přítomnost či absence příbřežní vegetace. I když niva Studené Vltavy v současnosti zarůstá rozptýlenou vegetací, je pravděpodobné, že po větší část sledovaného období byla zemědělsky obhospodařována (sečena), zatímco v nivě Jizery se po celé sledované období nacházela rozptýlená vegetace. Migrace vodního toku tak byla omezována vegetací více u Jizery než u Studené Vltavy. Jako nejpravděpodobnější vysvětlení se jeví rozdílné pedologické a geologické složení. Pedologické složení dle mapového portálu CENIA [1] je sice stejné, pro potřebu této práce je však toto taxonomické zařazení příliš obecné. Pro přesnější určení by bylo nutno provést analýzu zrnitosti, složení půdního profilu apod. Odlišné je geologické složení, které bude mít na migraci vodního toku pravděpodobně také vliv. U Jizery se vyskytují horniny hlinito-kamenité, zatímco u Studené Vltavy horniny v podobě nivních sedimentů.

U Jizery nebyla jednoznačně prokázána souvislost mezi šířkou údolní nivy a mírou migrace koryta. Vztah šíře nivy a migrace koryta je u Studené Vltavy již patrnější, zvláště v střední široké části dochází k výraznějšímu posunu koryta, než v zúžených úsecích.

Souvislost mezi šířkou nivy a vlnovitostí byla v obou případech poměrně výrazná. Jak u Jizery, tak u Studené Vltavy se vždy při zúžení nivy vlnovitost vodního toku snižovala a naopak. Vlnovitost se u Jizery za sledované období téměř nezměnila. U Studené Vltavy se již vlnovitost, zvláště díky protržení meandru před koncem sledovaného úseku, snížila. Snížila se i vlnovitost před koncem středního širokého úseku kvůli zkrácení trajektorie jednoho meandru.

4 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zjistit souvislost mezi laterální migrací vodního toku resp. vlnovitostí a šířkou údolní nivy. U obou vodních toků byl prokázán úzký vztah mezi šířkou údolní nivy a vlnovitostí vodního toku. Z uvedených výsledků lze konstatovat, že vlnovitost vodního toku je přímo úměrná šířce údolní nivy.

Vztah migrace vodního toku a šířky nivy již nebyl tak patrný. U Studené Vltavy bylo možné pozorovat mírné zvýšení bočního posunu koryta v širších úsecích koryta oproti úsekům užším. U Jizery toto zvýšení již nebylo zřetelné, zejména z důvodu příliš homogenní údolní nivy.



Dalším předpokladem byl přímo úměrný vztah mezi laterální migrací koryta a velikostí vodního toku – korytotvorným průtokem. Po vyloučení úseků s protřženými meandry byla míra migrace koryta stejná u obou vodních toků, i když velikost obou vodních toků je značně odlišná. Byla vyloučena většina faktorů, které tento rozpor mohly způsobovat. Jediné faktory, které nejsou podrobně zmapovány a které pravděpodobně vysvětlují stejnou míru migrace vodního toku, jsou geologické a pedologické složení údolní nivy. U obou dvou lokalit by bylo třeba provést pedologický a geologický průzkum, který by pak mohl vysvětlit ne zcela jasnou závislost laterální migrace a velikosti vodního toku.

Poděkování

Prezentované výsledky byly získány za podpory grantu SGS13/130/OHK1/2T/11.

Literatura

- [1] <http://geoportal.gov.cz>
- [2] KOLEKTIV PRACOVNÍKŮ HYDROLOGICKÉ SLUŽBY HMÚ. *Hydrologické poměry ČSSR, Díl 3., 1. vyd.*, Praha: Hydrometeorologický ústav. 1970. 557 s.
- [3] LEOPOLD, Luna B. *A View of the River*. London: Harvard University Press. 1994. 298. ISBN 0-6701845-1
- [4] <http://geoportal.cuzk.cz>
- [5] SMETANA M. *Dynamika koryta Moravy ve vztahu k příbřežní vegetaci na základě studia historických map a současných měření: případová studie ze Strážnického Pomoraví*, Brno: Geol. výzk. Mor. Slez., 2011/2. 2011



DOPADY HYDRICKÉ REKULTIVACE HNĚDOUHELNÝCH LOMŮ NA MIKROKLIMA, KVALITU OVZDUŠÍ, EKOSYSTÉMY VODY A PŮDY

IMPACTS OF HYDRIC RECLAMATION OF BROWN COAL OPEN MINES
ON MICROCLIMATE, AIR QUALITY, AND WATER AND SOIL ECOSYSTEMS

Milena Vágnerová¹

Abstract

The opencast mines in the region of the North-Bohemian basin are and will be in the close future (in the next 20 – 30 years) step wisely closed. The planned and realized reclamation procedure in the foot of the Krušné hory (the Ore mountains) is based on the constitution of the artificial lakes dedicated mainly to the recreation purposes. The hydrological reclamation represents considerable impact into the landscape, which will influences changes of microclimate, ecosystem and fresh-air quality. The complex impact of the old opencast mine reclamation on these factors has never been studied in the Czech Republic. The article gives overall information about the project TAČR No. TA01020592 “Impacts of a hydrological open-cast mine reclamation on the microclimate, fresh-air quality, water and soil ecosystems” solved in the frame of the ALFA programme. Brief description of the project objectives, its methodology and expected results is described.

Keywords

opencast mine reclamation, hydrologic reclamation, air quality, microclimate, ecosystems, Most Lake

1 ÚVOD

V současné době dochází v severočeském regionu (Podkrušnohoří) k postupnému dotěžování hnědouhelných lomů a k jejich následnému uzavírání.

¹ Milena Vágnerová, Ing., Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., tř. Budovatelů 2830/3, 43401 Most, vagnerova@vuhu.cz



Proto je zde aktuální problém rekultivace krajiny zasažené těžbou. Plánovaný a realizovaný postup rekultivace v Podkrušnohoří spočívá ve vytváření umělých jezer určených převážně k rekreačnímu využití. Zároveň dochází k zalesnění a plánuje se výstavba rodinných domů. Rekultivace představuje významný zásah do krajiny, který se projeví ve změně mikroklimatu, ekosystému a i v kvalitě ovzduší. V současné době dochází k dokončení napouštění jezera Most [1] a jezera Chabařovice. Obdobný způsob rekultivace se plánuje i pro další důlní jámy po těžbě hnědého uhlí v severočeské hnědouhelné pánvi.

Komplexní vliv rekultivace původního hnědouhelného lomu na mikroklima, ekosystém a na kvalitu ovzduší dosud v ČR nebyl studován. Z tohoto důvodu jsme zpracovali a navrhli v rámci Programu ALFA Technologické agentury České republiky čtyřletý projekt, který je zaměřen na komplexní vyhodnocení vlivu hydrické rekultivace na mikroklima, ekosystém a na kvalitu ovzduší [2]. Výsledky řešení budou využity jak organizacemi provádějícími rekultivaci lokalit vytěžených povrchových dolů, např. Palivovým kombinátem Ústí, státní podnik a společností Severočeské doly a.s., tak při konkrétním plánování využití jezera Most a jeho okolí Magistrátem města Mostu. Rekultivace je interdisciplinární činností, která je úspěšně řešitelná jen v úzké součinnosti věd zabývajících se atmosférou, biosférou, geologií, geografii a i technických a ekonomických věd. Proto jsou do projektu zapojeni odborníci z oblasti kvality ovzduší, mikroklimatu a ekologie z institucí VÚHU a.s. (Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s.), ÚFA AV ČR (Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i.) a UJEP (Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem).

Pro realizaci projektu byla zvolena lokalita Jezera Most. Důvodem volby byla poměrně velká rozloha hladiny jezera i blízkost stálé meteorologické stanice Kopisty, kde jsou klimatická měření prováděna od r. 1970 v poměrně širokém spektru veličin. Lokalita je položena v centrální části severočeské hnědouhelné pánve. Zatopením zbytkové jámy lomu Most – Ležáky vzniklo jezero Most. Po ukončení hydrické rekultivace zbytkové jámy tak bude vytvořena vodní plocha o výměře 311 ha, maximální hloubka jezera bude 75 m. Celkový objem vody v jezeře dosáhne 68,9 mil. m³ při kótě provozní hladiny 199 m.n.m. Hladina vody bude oscilovat kolem kóty 199 m n.m.v rozsahu cca 30 cm. Kolem celého jezera je již vybudována zpevněná břehová linie a břehová obvodová komunikace v délce 9 815 m, na kterou se napojuje síť obslužných příjezdových komunikací.

Na obrázcích 1 a 2 [3] je porovnán vzhled lokality před zahájením napouštění a před dokončením hydrické rekultivace.



Obr. 1: Vzhled zbytkové jámy lomu Most – Ležáky před zahájením napouštění (prosinec 2008) [3]



Obr. 2: Vzhled lokality před dokončením napouštění (březen 2012) [3]



2 METODA ŘEŠENÍ

Vlastní řešení je rozděleno do pěti tematických oblastí, které budou navzájem sdílet data a výsledky. Tyto části jsou:

1. Stanovení vlivu jezera na změnu mikroklimatu
2. Stanovení vlivu jezera na kvalitu ovzduší v jeho okolí
3. Stanovení vlivu jezera na tvorbu ekosystému vody v jezeře
4. Stanovení vlivu jezera na tvorbu ekosystému litorální zóny jezera a okolních ploch - flora fauna.
5. Pedologický výzkum zemin

3 STANOVENÍ VLIVU JEZERA NA ZMĚNU MIKROKLIMATU

Vliv umělého jezera na mikroklima bude studován s cílem najít jednoduchý matematický model kvantitativně popisující vliv velké vodní plochy na lokální srážky, teplotu, vlhkost a další meteorologické veličiny. K tomu budou použita stávající a budoucí měření atmosféry, která budou ovlivněna vodní plochou, ze dvou profesionálních meteorologických stanic Kopisty a Milešovka, které provozuje ÚFA AV ČR. Stanice Kopisty se nachází ve vzdálenosti cca 1 km od budoucího břehu jezera na okraji Mostu. Stanice je vybavena automatickou meteorologickou stanicí a 80 m meteorologickým stožárem. Klimatická měření na stanici probíhají od r. 1970. Na stanici jsou měřeny a pozorovány základní meteorologické veličiny (teplota a vlhkost vzduchu ve 2 m, tlak vzduchu, směr a rychlost větru, doba trvání slunečního svitu, vodorovná dohlednost, teploty půdy v 5, 10, 20, 50 a 100 cm, množství srážek, stav počasí, stav půdy, sněhová pokrývka, pokrytí oblohy oblačností a výška její spodní základny). Stožárová měření se uskutečňují ve výškách 20, 40, 60 a 80 m. Stanice Milešovka, která se nachází ve výšce 836 m na vrcholu stejnojmenného kopce, je vzdálena cca 20 km vzdušnou čarou od stanice Kopisty. Klimatická pozorování jsou zde od r. 1905. Na stanici jsou měřeny a pozorovány základní meteorologické veličiny (viz stanice Kopisty). Z hlediska plánovaného výzkumu stanice Kopisty měří lokální mikroklima v místě jezera. Naopak stanice Milešovka vzhledem ke své poloze měří charakteristiky volné atmosféry, které by měly být minimálně ovlivněny vznikem jezera. Výsledky měření na stanici Kopisty budou porovnávány s hodnotami na Milešovce a bude vyšetřována změna tohoto rozdílu před a po vzniku jezera. Tímto způsobem bude možné výrazně redukovat vliv variability meteorologických dat v jednotlivých letech. K datům z Milešovky bude možné použít jako referenční data také objektivní analýzy a předpovědi

z Evropského střediska pro střednědobou předpověď počasí (ECMWF). K těmto datům má ÚFA AV ČR volný přístup.

K modelování vlivu jezera na atmosférické prvky a jejich dopad na lokální počasí se bude využívat numerický model COSMO [4]. Pro podrobnější zachycení změn mikroklimatu a verifikaci modelu COSMO jsou doplněna stávající meteorologická stanoviště o další 2 dočasná stanoviště umístěná v blízkosti jezera – „Celio Most“ a „Letiště Most“. Dále byla na hladinu vodní plochy instalována automatická stanice měřící teplotu vody v jezeře a základní meteorologické veličiny.

Výsledkem budou mapy vlivu vodní plochy na meteorologické prvky v okolní krajině. Vytvořeny budou i jednoduché empiricko-statistické modely, které budou použitelné pro odhad vlivu vodních ploch u budoucích jezer v dalších lokalitách.

4 STANOVENÍ Vlivu JEZERA NA KVALITU OVZDUŠÍ V JEHO OKOLÍ

Vlastní řešení projektu v oblasti kvality ovzduší je zaměřeno na zjištění významnosti změn kvality ovzduší blízkého okolí jezera, ke kterým bude docházet v důsledku změn mikroklimatu zájmového území. Měření je směřováno na získání souboru dat pro hodnocení trendů vývoje kvality ovzduší v souvislosti s časovými a prostorovými změnami mikroklimatu. Sledovány budou znečišťující látky charakteristické pro sledovanou lokalitu. Měření bude prováděno ve dvou zónách a jednom pozadovém stanovišti. První zónou je blízké okolí jezera. Druhou zónou je vzdálené okolí jezera. V první zóně je v blízkosti okraje jezera rozmístěno přibližně v oktantech větrné růžice 8 stanovišť, kde se provádí pasivní odběry SO_2 , NO_2 , BTX, VOC, H_2S , NH_3 , O_3 a prašného spadu. Ve druhé zóně jsou umístěna 3 stanoviště Kopisty, Most-VÚHU, Brňany (do roku 2012) a od roku 2013 Lom. Pozadové stanoviště je umístěno na Milešovce. Na těchto stanovištích se provádí pasivní odběry v rozsahu shodném s první zónou a dále se zde provádí i kontinuální měření celkové koncentrace prašného aerosolu TSP a frakce PM_{10} . Ve stanovišti Most-VÚHU se navíc provádí i kontinuální měření SO_2 , NO_2 , VOC, O_3 , CO a koncentrace frakce PM_1 . Referenční stanoviště je umístěno na Milešovce.

Při pasivních odběrech vzorků sledovaných plynných složek ovzduší se používá indikativní difúzní metoda (systém Radiello) a pro vyhodnocení hmotnosti zachyceného analytu extrakce a následné stanovení metodami spektrofotometrie, iontové chromatografie a plynové chromatografie. Prašný spad je stanovován sedimentací do otevřených nádob s následným gravimetrickým vyhodnocením diferenčním vážením. Kovy ve vzorku prašného spadu (As, Pb, Ni, Cd, Hg, Mn, Cr,



Zn, V, Sr) se stanovují metodami AAS. Kontinuální měření koncentrací plyných látek je realizováno přístroji HORIBA typové řady AP 350 a aerosolových částic beta-prachoměry FH62IR nebo FH62IN.

Při hodnocení výsledků budou za účelem zjištění významnosti rozdílu úrovně znečištění v okolí jezera oproti úrovni regionálního znečištění porovnávána data z měření 1.zóny, 2.zóny, pozadového stanoviště a okolních stanovišť měřicí sítě AIM. Výsledky budou zpracovány tabelárně a graficky do grafů a specializovaných map. Do hodnocení budou zahrnuty i meteorologické a klimatické parametry, jejich sezónnost a sezónnost provozu spalovacích zdrojů.

5 STANOVENÍ VLIVU JEZERA NA TVORBU EKOSYSTÉMU VODY V JEZEŘE

Pro hodnocení ekologického stavu jezera je prováděno v souladu se směrnicí Evropského parlamentu a Rady ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky (2000/60/EC) monitorování fyto bentosu. Fyto bentos (perifyton, nárosty) je významnou složkou vodních ekosystémů. Znalost složení fyto bentosu, přítomného na biotopu, může poskytnout užitečné informace o stavu tohoto biotopu (habitatu) a popř. i navrhnout a zhodnotit vhodné strategie managementu. Z důvodu zjištění charakteru biologického oživení ve sledovaných systémech se provádí stanovení mikroskopického obrazu, nárosty, saprobní index S, množství makroskopických řas a fytoplanktonu.

Měření probíhá na 5 vybraných místech na břehu jezera. Odběry se provádí v období března až listopadu s četností 1 x za 14 dní. Vzorky jsou analyzovány a hodnoceny v hydrobiologické laboratoři Fakulty životního prostředí Univerzity J. E. Purkyně v Ústí nad Labem.

6 STANOVENÍ VLIVU JEZERA NA TVORBU EKOSYSTÉMU LITORÁLNÍ ZÓNY JEZERA A OKOLNÍCH PLOCH - FLORA FAUNA.

Botanický výzkum probíhá na vytipovaných čtvercích litorálních svahů jezera a v blízkém okolí jezera. Výsledkem bude seznam bylin a dřevin a jejich změny v průběhu trvání projektu.

Cílem botanických průzkumů je především sledování přirozené sukcese (samovolné pronikání jednotlivých druhů na neobsazené plochy a následné změny ve vegetaci) se zaměřením na vodní a pobřežní rostliny, hodnocení rozdílů ve

vegetaci na plochách různě (nebo s nestejnou intenzitou) využívaných k rekreaci a k dalším aktivitám, hodnocení vlivu výsevů, výsadeb, technických či jiných úprav pozemků a jejich využívání na výskyt a šíření expanzních, invazních nebo naopak vzácných druhů rostlin. Četnost sledování je 1 x za 14 dní během vegetačního období (březen až říjen). Zoologické sledování je zaměřeno na výskyt a hnízdění ptáků a určení jejich druhů. Na počátku řešení projektu bylo celé okolí jezera zmapováno a byla vybrána místa pravidelného pozorování. Četnost pozorování je 1 x za 14 dní. Z výsledků výše uvedených pozorování bude sestavena specializovaná mapa výskytu botanických a zoologických druhů, vyhodnocen vývoj ekosystému, podle kterého bude následně odvozen „ekologický stav“ lokality.

7 PEDOLOGICKÝ VÝZKUM ZEMIN OBLASTI

Pedologický výzkum zemin oblasti břehové linie a bližšího okolí jezera Most přinese zásadní informace o vhodnosti tohoto prostředí pro faunu a vegetaci. Proto jde o důležitou součást komplexního výzkumu oblasti. Cílem pedologického průzkumu je především vytvoření pedologické mapy zájmového území břehové linie a blízkého okolí jezera, vyhodnocení pedologických parametrů zjištěných typů zemin a jejich rekultivační využitelnosti a návrh optimálního využití jednotlivých oblastí tvořených určitým typem zeminy (ponechání přirozené sukcese, různá rekultivační opatření atd.) V první etapě byla provedena rekognoscace terénu pomocí půdních vpichů sondovací tyčí do hloubky 0,6 m půdního profilu výsypky. Po vyhodnocení této části průzkumných prací byla stanovena charakteristická místa pro zhotovení kopaných půdních sond o minimální hloubce 0,6 m, kde probíhá pravidelný odběr vzorků s četností čtyřikrát ročně. Na vzorcích je hodnocena široká škála vlastností mineralogických, fyzikálně-mechanických, chemických a pedologických. Provádí se analýzy fyzikálně mechanické (zrnitost, pórovitost), mineralogické (difrakční analýza) a chemicko–pedologické (stanovení půdní reakce pH/KCl, pH/H₂O, obsahu oxidovatelného uhlíku C_{ox}, CaCO₃, celkového obsahu dusíku N_c, S, sorpční kapacity S, T, V, obsahu přijatelných živin P, K, Mg [5] a u vybraných vzorků i obsahu rizikových stopových prvků). Výsledkem bude pedologická mapa území, pedologická charakteristika zjištěných zemin a návrh optimálního využití jednotlivých oblastí.



8 SHRNUTÍ

Príspevek informuje o výzkumu dopadů hydrické rekultivace hnědouhelných dolů na mikroklima, kvalitu ovzduší, ekosystémy vody a půdy. Výzkum je prováděn v centrální části severočeské hnědouhelné pánve v okolí jezera Most, které vzniklo po zaplavení zbytkové jámy lomu Most – Ležáky. Cílem čtyřletého projektu je vytvořit postupy pro hodnocení dopadu hydrické rekultivace povrchových lomů na mikroklima, ekosystémy vody a půdy a kvalitu ovzduší. Postupy budou využitelné a především aplikovatelné na další hydrické rekultivace hnědouhelných lomů v České republice a případně i v zahraničí.

Poděkování

Tento výzkum je realizován v rámci projektu výzkumu a vývoje č. TA 1020592 “Dopady na mikroklima, kvalitu ovzduší, ekosystémy vody a půdy v rámci hydrické rekultivace hnědouhelných lomů“, který je podporován Technologickou agenturou České republiky.

Literatura

- [1] KRUŽÍKOVÁ, Lucie. *Vývoj napouštění jezera Most*, sborník konference Jezera a mokřady ve zbytkových jamách po těžbě nerostů, Most, 04/2014, str. 89-93, ISBN 978-80-260 -4172-6
- [2] VÁGNEROVÁ, Milena, BREJCHA, Jan, SOKOL, Zbyněk., NERUDA, Martin, AMBROŽOVÁ-ŘÍHOVÁ, Jana., ŘEHOŘ, Michal.: *Dopady na mikroklima, kvalitu ovzduší, ekosystémy vody a půdy v rámci hydrické rekultivace hnědouhelných lomů*, XX. Scientific Symposium with International Participation - Situation in ecologically loaded regions of Slovakia and central Europe, Slovakia, Hrádok, 20. – 21.oktober 2011, ISBN 978-80-970034-3-2
- [3] http://www.pku.cz/pku/site.php?location=5&type=napousteni_most
- [4] BALDAUF, Michael, SEIFERT, Axel, FÖRSTNER, Jochen, MAJEWSKI, Detlev, ASCHENDORFER, Matthias, REINHARDT, Thorsten. *Operational Convective-Scale Numerical Weather Prediction with the COSMO Model: Description and Sensitivities*. 2011. Mon. Wea. Rev., 139, 3887–3905.
- [5] ČERMÁK, Petr, KOHEL, Jiří, DEDERA, František. *Rekultivace území devastovaných báňskou činností v oblasti severočeského revíru*, Czech Republic Prague 1998: Methodology, VÚMOP, v.v.i.

LIDSKÝ IMPAKT NA VÝVOJ ŘÍČNÍ ARCHITEKTURY A PŮDNÍHO POKRYVU BĚHEM POSLEDNÍCH VÍCE NEŽ 150 LET; PŘÍKLADOVÁ STUDIE ZE STŘEDNÍHO POLABÍ

ANTHROPOGENIC IMPACT ON RIVER ARCHITECTURE AND SOIL DEVELOPMENT DURING LAST OVER 150 YEARS; CASE STUDY OF MIDDLE ELBE FLOODPLAIN

Lenka Vejrostová¹

Abstract

The paper deals with the question of human impact on the middle Elbe River architecture during last two hundred years. The work included maps analyses (1841-2006), historical Elbe canalisation documentation analyses (1907) as well as the description and comparison of soil cover at different transects in surroundings of Kostelec nad Labem (2013). Between 1841 and 2006 there was gradual, almost exclusively anthropogenic river course straightening in order to make the middle Elbe navigable and to eliminate the consequences of flood events. Due to this anthropogenic influence the different natural oxbow lakes were gradually filled in and disappeared and new anthropogenically created ones appeared. The landscape mosaic changed dramatically: meadows started to be ploughed, small fields were turned into large fields, forest and urban areas expanded. These factors changed soil properties significantly: fluvic soil properties are vanishing, soil moisture regime is highly affected.

Keywords

floodplain, river architecture, soil, soil science, Elbe canalisation, Kostelec nad Labem

¹ Lenka Vejrostová, Mgr., Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra fyzické geografie a geoekologie, Albertov 6, Praha 2 128 43, lenka.vejrostova@natur.cuni.cz



1 ÚVOD

Středoevropské nivy v současné době procházejí velkými změnami. Od pleistocenní hloubkové eroze zapříčiňující vznik tolik charakteristických teras, glaciální bezlesé nivy s divočími toky, které se v dryasu po změně poměru eroze a akumulace proměnily v toky meandrující, obklopené bažinnými společenstvy a lesními dřevinami, se zdejší nivy na konci staršího holocénu dostaly do agradační fáze [1][2][3]. Se vznikem kulturní krajiny totiž souviselo i zvýšené kácení lesů a zornění půd v horních oblastech řek, což mělo za následek vznik povodňových hlín. Tento proces započatý již v pravěku, se zintenzivnil během středověké kolonizace [2] a dalšího významného nárůstu dosáhl v 18. a 19. století s masovým nástupem kukuřice a okopanin, zavedením hluboké orby a zvýšením poptávky po dřevě v souvislosti s rozvojem průmyslu [4]. Povodňové hlíny změnily charakter niv [2] směrem k plošší a jednotvárnější krajině [4], kde se etablovaly tvrdé a měkké lužní lesy [1]. Do poloviny 20. století se nehojené louky využívaly zejména k produkci steliva [2], po nástupu umělých hnojiv a mechanizace byly často odvodněny a rozorávány. Ve druhé polovině 20. století byly vodní toky regulovány, zahloubeny a přinuceny téct ve vyzděných, uměle modelovaných korytech. Nivy byly postiženy i zástavbou v podobě velkých chemických podniků, zástavbou rekreačními objekty či objekty trvalého bydlení [1][2] a to často bez ohledu na dynamiku toků a nutnost protipovodňové ochrany [5]. 20. století je označováno za období denaturalizace niv [1]. Dominantním prvkem se u dnešních pozměněných niv stala vedle klimatu antropogenní činnost [6]. Nivy jsou dlouhodobě antropogenně ovlivňovanými biotopy, což dosvědčují četné rybníky, mlýnské náhony nebo historické mapy dokumentující využití niv jako kosených luk či orné půdy [1]. Pozůstatky víceméně původních niv jsou dnes např. opuštěná říční ramena, ostrůvky či zazemněná fluvialní jezera [7]. Etapa vysoké eroze a akumulace trvá i dnes, přestože dochází k zalesňování. Monitoring na vybraných lokalitách ovšem poukazuje na vysoký regenerační potenciál niv [1].

Niva je nejen „akumulační rovina podél vodního toku, která je tvořena nekonsolidovanými sedimenty transportovanými a usazenými tímto vodním tokem, přičemž při povodních bývá zpravidla zaplavována“ [8]. Jedná se o celý ekosystém, makroformu reliéfu charakterizovanou souborem mezoforem a mikroforem reliéfu (tvary říčního koryta, přirozené hráze, slepá ramena atp.) [9] se specifickými půdními podmínkami a typickými soubory rostlinných a živočišných společenstev a zároveň významnou krajinnotvornou funkcí. Niva je tedy dynamickým, nestabilním prostředím [10] s nejasnou hranicí, často stíranou vlivem eroze [11] či antropogenních zásahů do nivních biochor, ekosystémů a společenství [12]. Zároveň

je niva součástí transportně-depozičního systému vodního toku a její půdní a sedimentární složení je tedy odrazem intenzity a rychlosti ukládání přemísťovaného materiálu a jeho vlastností [13].

Vývoj aluviálních půd není izolovaným procesem, a proto je nutno dívat se na něj v kontextu všech půdotvorných faktorů a podmínek, včetně vývoje vodního toku a jeho nivy. Kromě vlivu matečné horniny, klimatu regionu, jeho reliéfu, vlivu organismů na pedogenezi a dobu (čas) pedogeneze, nelze opomíjet další faktory, jako jsou intenzita a četnost povodní či antropogenní zásahy. Zejména antropogenní zásahy jsou dnes významným faktorem ovlivňujícím dynamiku vývoje aluviálních půd, neboť úpravy řek, jejich kanalizace a přímé zásahy do půdního fondu v nivních územích jsou nejen časté, ale též velmi intenzivní [7]. Půdy v nivě jsou obvykle mladé, vznikají většinou z půd, jež byly erodovány v horních částech povodí a následně resedimentovány po transportu vodním tokem [14]. Půdní profily jsou typické svojí vrstevnatostí, časté jsou znaky hydromorfismu a přítomnost organického materiálu v hlubších částech profilu, typický je i vysoký obsah živin [9] [15]. Zrnitostně se jedná o půdy štěrkovité až jílovité [15] [16], nejčastější je materiál hlinitopísčitý až hlinitojílovitý [17]. Vzájemné uspořádání všech půdních typů závisí na stáří a šířce nivy, poloze nivy v rámci povodí a technických úpravách v posledním století [15]. I malé rozdíly v topografii nivy obvykle vyúsťují v markantní pedologické a hydrologické rozdíly [18]. Podle Kubienovy klasifikace (1953) v nivě najdeme rambly paternie a vegy, v modernějším pojetí taxonomického klasifikačního systému půd ČR [19] se jedná o fluvizemě, černice, gleje, organozemě i regozemě.

Tato práce je věnována fenoménu nivy a nivních půd se zřetelem na oblast středního toku Labe. Snaží se zhodnotit vývoj říční architektury a půd v nivě zejména z krátkodobého hlediska, k čemuž využívá dostupné informace nejen textového charakteru, historické mapy a terénní záznamy stejně jako aktuální terénní šetření na vybraných transektech územím.

2 ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ

Zájmové území, ve kterém studie probíhala, bylo vymezeno na základě dostupných historických dat potřebných pro dvoustupňové porovnání vývoje půd a sledování vývoje říční architektury. Na základě historické dokumentace vyhotovené při přípravě splavnění Labe v roce 1907 bylo vymezeno území rozkládající se v nivě středního Labe v katastrech Kostelec nad Labem, Jiřice u Kostelce nad Labem, Rudeč, Křenek, Lobkovice, Ovčáry u Dřís, Kozly u Tišic a Záryby. Nachází se



v něm terasy vyššího a nižšího nivního stupně a současné nivy [20]. V území se kromě Labe vyskytují pouze drobné vodní toky a svodnice. Původní, neupravené koryto Labe bylo v úseku mezi Starou Boleslaví a Kostelcem nad Labem charakteristické svými meandry, dnes však řeka teče v upraveném korytě z roku 1927 a v Kostelci nad Labem je tok přehrazen jezem s plavební komorou a vodní elektrárnou. Dále po proudu jsou zachovány zbytky meandrů až do vzdálenosti 2,5 km od dnešního řečiště [21]. V území se nachází řada zamokřených území a fluviálních jezer, tůní. Nachází se zde Evropsky významná lokalita Polabí u Kostelce a nadregionální biokoridor Územního systému ekologické stability. Z pedologického hlediska se zde nachází půdy velmi úrodné i slabě úrodné až neúrodné, konkrétně pak fluvizem modální i glejová, černice fluvická glejová, kambizem arenická a regozem arenická [22].

Nejstarší doklady o vývoji středolabské nivy pocházejí z počátku čtvrtohor, rekonstrukce průběhu vodního toku je možná na základě studia teras. Po spodním a středním pleistocénu, kdy byla hlavním tokem Orlice stékající se s Labem u Dobřenic, došlo ještě několikrát k přesunu řečiště, mj. ve svrchním pleistocénu, kdy se vlivem tektonických změn v okolí Kunětické hory vyvinul charakteristický ohyb Labe u Pardubic a také oblouk mezi Kolínem a Nymburkem [23]. Na středním Labi lze identifikovat 3 terasy [20]. V holocénu se vyvinula ž 15 km široká niva, vznikly četné volné meandry a pleistocenní nánosy oblázkových štěrků byly postupně odplavovány a nahrazovány jemnějším materiálem. Zdejší niva je významnou starosídelní oblastí (osídlení doloženo od neolitu) [24], nachází se zde i pozůstatky opevněného blatného hradiště Kozly. V pravěké starosídelní oblasti se udrželo mozaikovitě kontinuum bezlesí, přičemž nelesní a kulturní krajinné prvky zůstaly zachovány i po období stěhování národů, neboť osídlení úplně nezmizelo [3]. Na počátku středověku se ve středolabské nivě objevují povodňové sedimenty červenky (červenice) [3], které jsou dokladem odlesňování a následné eroze ve vyšších polohách povodí (Krkonosé – Semilsko) [1] [24]. Druhá fáze intenzivního osidlování byla započata cca ve 13. století, kdy první Slované vybudovali sídla v lužních lesích meandrového pásu Labe. Hradiště a vesnice, původně zakládáné na březích meandrů, se postupem času ocitly i stovky metrů od dnešní řeky. Další tlak na nivu byl vyvíjen od 19. století, kdy byla zrušena robota a docházelo ke kácení lužních lesů, vysušování rybníků a rozorávání pastvin za účelem získání orné půdy. Zemědělství v oblasti bylo komplikováno fluviálním nanášením hlusiny a odplavováním orné půdy při častých povodních. Proto se již v témže století začalo vážně uvažovat o regulaci řeky [21].

Otázkou regulace středního Labe se zabýval od roku 1884 Zemský sněm a od roku 1899 Středolabský komitét sdružující zájemce o úpravu řeky. Do praxe byly

úvahy převedeny na počátku 20. století na základě tzv. vodocestného zákona. Ten byl jistou formou kompenzace stavby alpských železnic, na něž finančně doplácely zejména rozvinuté České země [21]. Plánováno bylo zkrácení toku i drenáže a odvodňovací příkopy za účelem meliorace okolních pozemků [26]. Geologicko-pedologický průzkum byl proveden v letech 1903-1907 spolu s geodetickým zaměřením a byl vypracován projekt pro splavnění Labe a melioraci. Stavební činnost byla zahájena v roce 1907 v Mělníce a Obříství [21]. Práce byly přerušeny jen v letech války (v druhé sv. válce ne zcela) a bezprostřední poválečné obnovy, projekty byly několikrát revidovány. Ke konci roku 2012 bylo Labe splavné po Chvaletice a taktéž v izolovaném úseku Přelouč-Pardubice.

3 MATERIÁLY, METODY A VÝSLEDKY ANALÝZ

Základem pro práci se stala historická dokumentace a mapy (poskytnuté Ing. Z Šámalovou), dále pak aktuální mapové podklady a terénní průzkum. Všechny podklady a výstupy terénní prací byly analyzovány za účelem získání dat o vývoji říční architektury a vývoj půd v zájmovém území za posledních cca 150 let.

3.1 Materiály

Pro zhodnocení změn byly užity fragmenty dokumentace geologicko-pedologického průzkumu a geodetického zaměření, jejichž kopii laskavě poskytl PhDr. D. Dreslerová, Ph.D. prostřednictvím RNDr. L. Šefrny, CSc. Tyto historicky velmi cenné, avšak nekompletní materiály (chybějící doprovodná dokumentace, chybějící výkresy příčných profilů či naopak chybějící zakreslení profilů v mapách), protřídil, spároval a geodeticky zpracoval J. Ďoubal ve své diplomové práci [27]. Jedná se o 8 mapových listů vypracovaných v letech 1903-1907 na podkladu Stabilního katastru [27] obsahujících výškopis, polohopis, parcely, koryto Labe před kanalizací a projektovaný průběh koryta po kanalizaci. Pro práci byly k dispozici mapové listy v rozsahu Kostelec nad Labem – Lobkovice. Součástí dokumentace jsou i transekty, zvláště vykreslené akvarelovou technikou na milimetrové papíry. V každém příčném profilu je vykresleno koryto Labe před kanalizací, plánovaný průběh koryta po kanalizaci, vegetační a půdní pokryv i výškopisné údaje. Zájmové území zachycují v letech 1841, 1885 a 1901. Ne všechny listy zachycují zájmové území v celém jeho rozsahu; měřítko se pohybovalo od 1:2880 do 1:5760.

3.2 Metody

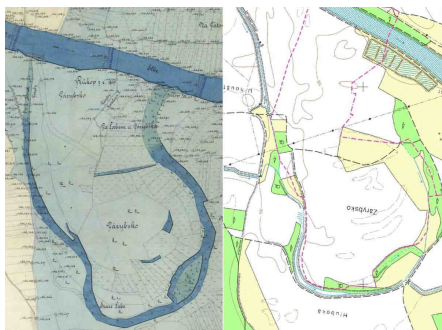
Historické materiály byly analyzovány tak, aby bylo možno zdokumentovat změny v průběhu koryta Labe a změny půdního i vegetačního pokryvu. Mapové listy vč. aktuální mapy byly v softwaru ArcGis georeferencovány a rektifikovány na podkladu katastrální mapy. Byly vektorizovány vodní toky a plochy s důrazem na Labe, jeho ramena a odškrčené meandry. Tato práce umožnila porovnání vývoje toku v nivě vč. antropogenních zásahů. Dále byly vektorizovány šterkové nánosy a lavice, mokřiny, louky, lesy aj. Tato prostorová data byla využita k vyhodnocení dynamiky změn v nivě. Transektly byly zpracovány z hlediska vegetačního pokryvu, pedologie, změn výškového profilu a polohy vůči toku Labe v minulosti i dnes. U vybraných transektů byl veden i terénní průzkum, jehož výsledky byly porovnány se stavem v roce 1907. Vlastní terénní průzkum proběhl v březnu až květnu 2013. Bylo provedeno vyhodnocení makroskopických vlastností půd podle metodiky Pansu et al. [28], vyhodnocen byl i vegetační kryt. Celkově se jednalo o více než 40 sond na 5 transektech.

Zpracováním historických mapových podkladů vznikly přehledové mapy zachycující koryto řeky a s ním související prvky v letech 1841-2006. Jejich analýzou bylo zjištěno, že hlavní změny se skutečně týkaly napřímování toku a zarůstání slepých ramen [29]. Dále byly vypracovány grafy výškových rozdílů a jejich změn na základě práce J. Ďoubala [28], mapy land use, reliéfu, záplavových území pro různé hodnoty průtoků a půdní poměry. Zhodnoceny byly změny land use na jednotlivých profilech, a zejména změny půdních typů a subtypů [29].

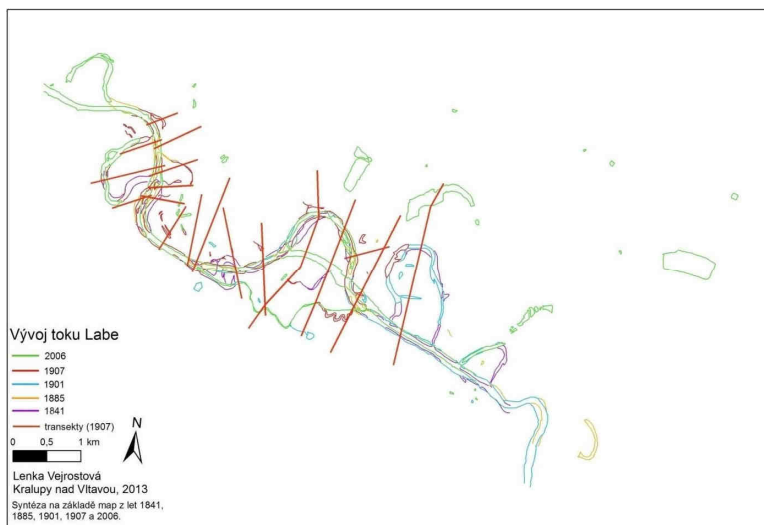
3.3 Výsledky analýz

Za účelem dynamiky nivy a půd v nivě v okolí Kostelce nad Labem byly zkoumány mapové podklady z let 1841 až 2006 a transektly územím, které byly pořízeny v roce 1907 a nyní byly částečně aktualizovány. Na základě informací o četnosti povodní, vývoji toku Labe a výškových, vegetačních a pedologických poměrech bylo usuzováno na vývoj toku a půd ve zkoumaném území v letech 1981 až 2013 se zvl. důrazem na období 1907-2013. Vývoj půd a říční nivy v zájmovém území byl charakterizován jak na základě mapových podkladů, tak na základě pečlivého zkoumání transektů, aktuálních a digitálních mapových podkladů a terénních prací. Pro vývoj zájmového území byl klíčovým vývoj řeky. Mezi lety 1841 a 2006 došlo k postupnému, téměř výhradně antropogennímu napřímování toku za účelem splavnění a eliminace následků povodňových událostí a ke vzniku, zarůstání i zazemňování oddělených meandrů (Obr. 1,2) [29]. Rozsah meandrového

pásma nebyl sice příliš změněn, ale s úpravou koryta a břehů lze předpokládat změny v rozlivu. V posledních asi 150 letech docházelo nejen k výrazným antropogenním úpravám nivy, ale i k nárůstu hustoty osídlení v oblasti [22]. Rozmanitost land use se s rostoucí mírou kanalizace Labe a rostoucí délkou a četností postupně snižovala – došlo k rozorávání luk, scelování polí, nárůstu lesních ploch i sídel.



Obr. 1: - Starolabský meandr v letech 1885 a 2006



Obr. 2: – Vývoj řečiště Labe v zájmové oblasti

Z hlediska pedodiverzity se nejedná o příliš pestré území, což je dáno vývojem půd výhradně na fluvialních substrátech a antropogenním ovlivněním půd. Bylo



zjištěno, že vývoj půd na transektech je vzájemně velmi podobný, a i přes výrazné změny v průběhu koryta Labe a změny týkající se režimu povodní si jednoznačně zachovává rysy typicky fluviální. Ty jsou ovšem značně přetvářeny a stírány antropogenními zásahy do vodního režimu půd, orbou a změnami v land use.

Zjištěné výškové rozdíly mezi transekty v roce 1907 a znovuzaměřenými transekty v práci Ďoubala [28] byly zapříčiněny zejména změnou polohy koryta Labe, vznikem navážek a budováním soustavy struh a svodnic. Dynamika vývoje aluviální půd v území tak neodpovídá přírodnímu potenciálu, vývoj půd je z fluviálního hlediska oslaben, zpomalen, místy téměř zastaven. V extrémních případech změny vedou až k degradaci půd, u těch pak mj. vyvstává otázka klasifikace. Řada z nich by snesla subtypový přípravek antropická, či přímo označení „kultizem“.

4 ZÁVĚR

Dynamicky se vyvíjející niva v okolí Kostelce nad Labem je typickým příkladem středoevropské nivy. Její přirozený vývoj byl antropogenně pozměňován již od pravěku se zvyšující se intenzitou. Člověk ovlivňoval mozaiku biotopů, svou činností inicioval vznik povodňových hlín zhlazujících povrch nivy, budoval v nivě antropogenní prvky jako sídla, rybníky či mlýnské náhony, napřimoval meandrující tok řeky a vytvářel tak řadu nepřirozeně vzniklých fluviálních jezer, melioroval vlhké plochy a zintenzivňoval zde svoji zemědělskou činnost. Měnil tak nejen říční architekturu, ale i faktory pedogeneze a z krajně nestabilního prostředí vytvářel relativně stabilní prostředí, které ale silně změnilo svůj charakter. Vyvstává tak otázka zachování nejen ekologických funkcí nivy.

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce RNDr. Ludku Šefrnovi, CSc. a Mgr. Lence Lisé, Ph.D. za věnovaný čas i cenné připomínky a Ing. Zlatě Šámalové z Povodí Labe, s. p. za poskytnuté materiály.

Literatura

- [1] LOŽEK, V. *Po stopách pravěkých dějů: O silách, které vytvářely naši krajinu*. Praha: Dokořán. 2011. 1. vydání. 181 s. ISBN 978-80-7363-301-1
- [2] POKORNÝ, P. *Neklidné časy: Kapitoly ze společných dějin přírody a lidí*. Praha: Dokořán. 2011. 1. vydání. 369 s. ISBN 978-80-7363-392-9



- [3] LE BISSONNAIS, Y., GASCUEL-LOUDOUX, C. *L'érosion hydrique des sols cultivés en milieu tempéré*. In STENGEL, P., GELIN, S. (eds.) *Sol: Interface fragile*. Paris : INRA. 1998. S. 129-144. ISBN 2-7380-0786-4
- [4] SÁDLO, J. et al. *Krajina a revoluce: Významné přelomy ve vývoji kulturní krajiny českých zemí*. Praha: Malá Skála. 2008. 256 s. 3. upravené vydání. ISBN 97880-86776-09-4
- [5] KOVANDA, J. *Depositional dynamics on flood-plains*. In RŮŽIČKOVÁ, E., ZEMAN, A. *Holocene floodplain of the Labe river. Contemporary state of research in the Czech Republic*. Praha: GÚ AV ČR. 1994. S. 89-97.
- [6] RULF, J. *The floodplain archaeology*. In RŮŽIČKOVÁ, E., ZEMAN, A. *Holocene floodplain of the Labe river. Contemporary state of research in the Czech Republic*. Praha: GÚ AV ČR. 1994. S. 77-83.
- [7] LEHOTSKÝ, M. et al. *Flooding and geomorphic evolutions of modern floodplain*. In *Revue Roumaine de géographie/Romanian journal of geography*. București: Academia Română. 2009. Vol. 53. S. 81-90.
- [8] DEMEK, J. *Obecná geomorfologie*. Praha: ČSAV. 1988. 476 s.
- [9] BOETTINGER, J. L. *Aluvium and alluvial soils*. In HILLEL, D. et al. *Encyclopedia of Soils in the Environment*. Academic Press. 2005. 1. vydání. S. 45-49. ISBN 0-12-348530-4
- [10] DOOLITTLE, W.E. *Agricultural manipulation of floodplains in the southern Basin and Range province*. In Catena. 2006. Vol. 65. S. 179-199.
- [11] ZÁDOROVÁ, T. *Delimitace fluvizemí v prostoru hranice niva-svah v povodí menších vodních toků*. In LANGHAMMER, J. (ed.) *Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní*. Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze. 2008. S.180-186. ISBN 978-80-86561-59-2.
- [12] CHUMAN, T. *Vymezení nivy pomocí pedologických a biogeografických podkladů na příkladu povodí Otavy*. In LANGHAMMER, J. (ed.) *Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní*. Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze. 2008. S.174-180. ISBN 978-80-86561-59-2.
- [13] ZÁDOROVÁ, Z. et al. *Niva jako součást topografické půdní katény*. In: LANGHAMMER, J. (ed.) *Změny v krajině a povodňové riziko. Sborník příspěvků semináře Povodně a změny v krajině*. Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze. 2007. S. 203-208. ISBN 978-80-86561-87-5.



- [14] GOBAT, J.-M. et al. *Le sol vivant: bases de pédologie, biologie des sols*. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes. 1998. 1. vydání. 519 s. ISBN 2-88074-637-2.
- [15] ŠEFRNA, L. *Vznik a vývoj nivy z pedogeografického hlediska*. In: LANGHAMMER, J. (ed.) *Změny v krajině a povodňové riziko*. Sborník příspěvků semináře Povodně a změny v krajině. Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze. 2007. S. 209-215. ISBN 978-80-86561-87-5.
- [16] BRADY, N.C. *The Nature and Properties of Soil*. New York: Macmillan Publishing Company. 1990. 10. vydání. 621 s. ISBN 0-02-313361-9
- [17] NĚMEČEK, J. *Charakteristika půd*. In NĚMEČEK J., SMOLÍKOVÁ, L., KUTÍLEK, M. *Pedologie a paleopedologie*. Praha: Academia. 1990. S. 215-364. 1. vydání. ISBN 80-200-0153-0
- [18] RINKLEBE, J. et al. *Aggregation of floodplain soils based on classification principles to predict concentration of nutrients and pollutants*. In *Geoderma*. 2007. Vol. 141. Issue 3-4. S.210-233.
- [19] NĚMEČEK, J. et al. *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze a Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd. 2001. 78 s. ISBN 80-238-80-91-6
- [20] RŮŽIČKOVÁ, E., ZEMAN, A. *Holocene fluvial sediments of the Labe river*. In RŮŽIČKOVÁ, E., ZEMAN, A. *Holocene floodplain of the Labe river*. Contemporary state of research in the Czech Republic. Praha: GÚ AV ČR. 1994. S. 3-25
- [21] ŠÁMALOVÁ, Z., TÁZLER, J. *Po řekách krajinou a časem: putování po řekách ve správě Povodí Labe, s.p. Hradec Králové: Povodí Labe a Garamon*. 2010. 301 s. ISBN 978-80-86442-46-1
- [22] Národní geoportál Inspire. Dostupný z <http://geoportal.gov.cz>
- [23] ŠÁMALOVÁ, Z. *Morfologie koryta středního úseku českého Labe, jeho vývoj a interakce toku s prostředím*. In: *Ekosystém Labe*. 7. Magdeburský seminář o ochraně vod. Praha: VÚV TGM. 1996. S. 56-61.
- [24] DRESLEROVÁ, S. *Holocene environmental processes and alluvial archaeology in the middle Labe (Elbe) valley*. In GOJDA, M. (ed) *Ancient Landscape, Settlement Dynamic and Non-Destructive Archaeology*. Praha: Academia. 2004. S. 121-170. ISBN 80-200-1215-X
- [25] MILÁČEK, J. *Historie splavňovacích prací na středním Labi*. Hradec Králové: Povodí Labe. 1994. 21 s.



-
- [26] ĐOUBAL, J. *Posouzení změny reliéfu nivy Labe na základě historického a současného zaměření*. Diplomová práce. Vedoucí LUKEŠ, Z. České vysoké učení technické v Praze, fakulta stavební, katedra vyšší geodézie.
- [27] PANSU, M. et al. *L'analyse du sol: échantillonnage instrumentation et contrôle*. Paris: Masson. 1998. 497 s. ISBN 2-225-83130-0
- [28] VEJROSTOVÁ, L. *Půdy labské nivy: dynamika změn vývoje aluviálních půd Labe na vybraných profilech v průběhu 100 let*. Diplomová práce. Vedoucí ŠEFRNA, L. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, katedra fyzické geografie a geoekologie. 2013.

GIS NÁSTROJ „USLE THRESHOLD“ A JEHO VYUŽITÍ PRO IDENTIFIKACI EROZNĚ OHROŽENÝCH MÍST, SPADAJÍCÍCH MIMO PLATNOST USLE

IDENTIFICATION OF EROSION RILLS BY GIS TOOL „USLE
THRESHOLD“

Markéta Vláčilová¹, Petr Kavka², Josef Krása³

Abstract

GIS based implementation of the USLE (called 2D or 3D) has recently been the most frequently used method for identification of the erosion risks on arable land. But original USLE methodology was limited for straight slopes without concentrated flow areas. This makes USLE 2D application difficult, the concentrated flow areas should be excluded from simulations. The rill (or ephemeral gully) position on the slope should coincident with the starting point of the USLE “misuse” on the slope.

To identify the areas of possible USLE invalidity a tool was created at the Department of Irrigation, Drainage and Landscape Engineering called USLE Threshold. The tool is written as a Python script for ArcGIS environment. For working with raster data it employs a standard ArcGIS library. For identification of the USLE limits three variables are used: a) soil loss, b) morphological factor (LS), c) flow accumulation. The tool enables calibration of the adjusting thresholds.

This method was verified with rills identified by remote sensing methods from orthophotos.

Keywords

USLE Threshold, sediment yield, concentrated flow.

¹ Markéta Vláčilová, Ing., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, Thákurova 7, 166 29 Praha 6 - Dejvice, marketa.vlacilova@fsv.cvut.cz

² Petr Kavka, Ing., Ph.D., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, Thákurova 7, 166 29 Praha 6 - Dejvice, petr.kavka@fsv.cvut.cz

³ Josef Krása, doc., Ing., Ph.D., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, Thákurova 7, 166 29 Praha 6 - Dejvice, josef.krasa@fsv.cvut.cz

1 ÚVOD

Ochrana před zvýšeným povrchovým odtokem a erozní činností jsou hlavním důvodem pro vytváření systémů protierozních opatření a k vytváření matematických nástrojů popisujících tyto děje. Jedním ze základních nástrojů pro posouzení míry erozního ohrožení je metoda Univerzální rovnice ztráty půdy – USLE [1]. Tato empirická metoda byla odvozena na přímých svazích. Většina parametrů této rovnice byla v Evropě a tedy i u nás převzata z USA. Nejprve byla používána jako profilová metoda, ale s rozvojem GIS nástrojů je v současné době uplatňována ve 2D řešení. Jedním z problémů řešení eroze pomocí metody USLE v distribuované podobě je odvození této metody pro přímé svahy, na kterých nedochází ke zvýšené koncentraci odtoku a k rýhové erozi. Místa na jednotlivých pozemcích, kde dochází ke zvýšené koncentraci odtoku a k nadměrné ztrátě půdy, jsou místa spadající mimo platnost této rovnice. Aplikace metody je sice matematicky možná a v praxi často používána, odporuje ale základním principům, pro něž byla USLE odvozena a pro určení skutečného smyvu způsobeného soustředěným odtokem by měly být použity doplňující nástroje. Metoda je ve své distribuované aplikaci velmi často využívána pro snadnou agregaci výstupů pro celé pozemky, případně povodí či kraje, ke stanovení hodnoty průměrné roční ztráty půdy. Pokud však nejsou z výpočtu vyloučena místa spadající mimo meze platnosti USLE, dochází k ovlivnění výsledků, neboť v místech koncentrovaného odtoku převažují vyšší formy erozního procesu, nebo naopak sedimentace. LS faktor určený 2D řešením na bázi USLE v údolnicích vždy produkuje řádově vyšší hodnoty smyvu, bez ohledu na jejich lokální sklon. Problém je, že identifikace těchto ploch není možná jen ze samotné hodnoty ztráty půdy, ale je závislá i na morfologických parametrech samotné metody. Morfologický faktor (LS) je závislý na lokálním sklonu a na velikosti zdrojové plochy [2], [3]. Dalším vstupem je potom akumulace odtokových drah. Nelze jednoznačně prokázat, který z faktorů má na konkrétní lokalitě větší vliv.

V tomto článku je popsáno testování nástroje USLE Threshold [4], jehož cílem je identifikovat místa spadající mimo platnost rovnice USLE na základě limitních hodnot tří výše zmiňovaných vrstev (vrstva akumulace - Acc, LS faktor a výsledná ztráta půdy - G). Nástroj byl napsán jako skript v jazyce Python využívající knihovny ArcGIS. Jako pilotní lokalita byl zvolen experimentální pozemek v povodí Býkovického potoka, na kterém probíhá dlouhodobé sledování srážkoodtokových vztahů a erozních procesů. Testování bylo prováděno na sérii leteckých snímků, jakožto možnosti identifikace erozních rýh bez terénního průzkumu, a tedy pro budoucí využití na větším území.

2 MATERIÁLY A METODY

2.1 Testovací lokalita

Jako testovací byla pro tento výzkum zvolena lokalita u obce Býkovice, ve Středočeském kraji (viz Obr.). Jedná se o pozemek o velikosti 34 ha, na kterém je aplikováno konvenční zemědělství. Průměrný sklon pozemku činí 9,2 %, místy však dosahuje až 28 %. Přibližně středem řešeného území prochází výrazná údolnice, do které se sbíhají erozní rýhy od jižního okraje pozemku, a která ústí na severovýchodě do Býkovického potoka. Dále zde byly identifikovány další tři významné erozní rýhy a několik menších útvarů.

Území je pro jeho specifickou morfologii a náchylnost k eroznímu poškození využíváno Katedrou hydromeliorací a krajinného inženýrství také jako experimentální. Výzkum na erozních plochách, odpovídajících svou délkou (22,13 m) původním Wischmeierovým [1], zde probíhá již od roku 2009.



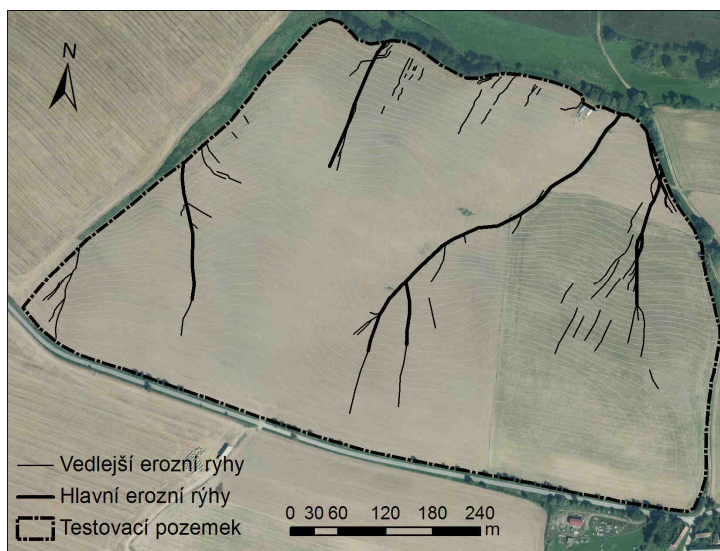
Obr. 1: Mapa s vyznačením testovací lokality

2.2 Vizuální identifikace rýh

Jednou z možností, jak identifikovat erozní ohrožení, je vizuální identifikace erozních rýh pomocí leteckého snímkování. Pro tuto identifikaci na testovacím

pozemku bylo analyzováno několik leteckých snímků z let 2004, 2006, 2008, 2011 a 2013. Na všech snímcích lze snadno identifikovat údolnici nacházející se uprostřed území, významné rýhy jsou patrné na snímku z roku 2008. Velikostí méně významné erozní rýhy pak bylo možné rozpoznat pouze na snímku z roku 2006, který byl pořízen po prokazatelných erozních událostech. Ten byl také pro vlastní identifikaci rýh na testovací lokalitě použit.

Pro pozdější porovnání s výsledky byly vizuálně identifikované rýhy rozděleny do dvou kategorií, na tzv. hlavní (rýhy vytvořené v lokálních údolnicích, snadno viditelné na ortofotu) a vedlejší (rýhy ústící do lokálních údolnic, často jen obtížně rozlišitelné na ortofotu). Veškeré identifikované rýhy byly manuálně vektorizovány v software ArcGIS (viz Obr.).



Obr. 2: Erozní rýhy vizuálně identifikované nad ortofotem z roku 2006

2.3 Nástroj USLE Threshold

Na Katedře hydromeliorací a krajinného inženýrství byl vytvořen nástroj s názvem USLE Threshold, který slouží k identifikaci míst, spadajících mimo platnost metody USLE. Tento nástroj byl napsán v jazyku Python pro prostředí Esri ArcGIS 10.1. Využívá knihovny balíku *arcpy*, a pro práci s rastrem také matematickou knihovnu *numpy*. Nástroj vypočítá rovnici USLE, kde je pro výpočet LS použita rovnice podle Mitášové [2], C a K faktor je do modelu zadáván ve formátu **shp*. R faktor je v modelu zadán podle metodiky [5] jednou hodnotou 40. Po spočtení USLE na celém pozemku jsou pro další práci využity následující tři vrstvy, se kterými se dále pracuje: a) vrstva spočtené ztráty půdy (G), b) vrstva morfologického faktoru (LS), c) vrstva zdrojových ploch (Acc). Nástroj pracuje tak, že výsledné rastry převede pomocí *arcpy* funkce *RasterToNumPyArray* na matice, které jsou nadále používány při zpracovávání dat v jazyce Python. Hodnoty v matici každého faktoru jsou pak seřazeny od nejmenšího po největší nezávisle na jejich umístění v prostoru (informaci o poloze každé buňky ale uchovává). Z takto seřazených hodnot je pak postupně od nejmenších počítán průměr. Při spouštění skriptu jsou pro tyto tři vrstvy stanoveny limitní (thresholdové) hodnoty maximálních průměrů, jejich překročení pak znamená identifikaci místa mimo platnost metody USLE. Pokud tato spočtená průměrná hodnota dosáhne zvolené limitní hranice - threshold, jsou buňky pod touto hranicí považovány za vyhovující – hodnota v buňce je rovna jedné, ostatní pak za nevyhovující – hodnota je rovna NoData. Takto jsou odděleně vytvořeny masky pro vrstvu akumulace odtoku, LS a ztráty půdy. Vzájemným násobením těchto masek je pak získána jediná maska, zahrnující překročení alespoň jednoho z faktorů.

Nástroj dále předpokládá, že jsou rizikové a metodou USLE neřešitelné také všechny buňky, které leží níže po odtokové dráze od takto identifikovaných míst. Proto v dalším kroku postupně označí i všechny níže ležící buňky po odtokové dráze. Takto označené buňky jsou přidány do výsledné masky, která rozděluje pozemek nebo řešenou lokalitu na části, které lze anebo nelze řešit pomocí metody USLE.

Nastavení limitních hodnot je samozřejmě předmětem kalibrace, nelze je určit na základě samotné rovnice USLE. V rámci tohoto příspěvku je ukázána kalibrace těchto hodnot pomocí leteckých snímků na příkladu konkrétního pozemku v povodí Býkovického potoka. Pro výpočty byl potom použit Digitální model reliéfu 5. generace (DMR5G). Tento model zobrazuje zemský povrch v digitálním tvaru ve formě výšek diskrétních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) [6]. Model

vznikl z dat pořízených metodou leteckého laserového skenování výškopisu území České republiky v letech 2009 až 2013.

Limitní hodnoty (threshold) byly nejprve nastavovány pro každý ze tří faktorů (G, LS, Acc) zvlášť tak, že ostatním dvěma neřešeným faktorům byla zadána taková vysoká limitní hodnota, která výpočet neovlivnila. Pro každý faktor byla potom optimální limitní hodnota hledána tak, aby výsledná maska identifikovaných rýh co nejvíce odpovídala rýhám vizuálně vektorizovaným z ortofota. Kombinací takto tří vytvořených masek potom vznikla maska výsledná, na které jsou identifikována místa, která neodpovídají platnosti metody USLE.

Celý výpočet byl opakován dvakrát, na rastrovém digitálním modelu terénu (DMT) o velikosti buňky 1 m a 3 m, odvozeném z DMR5G.

3 VÝSLEDKY

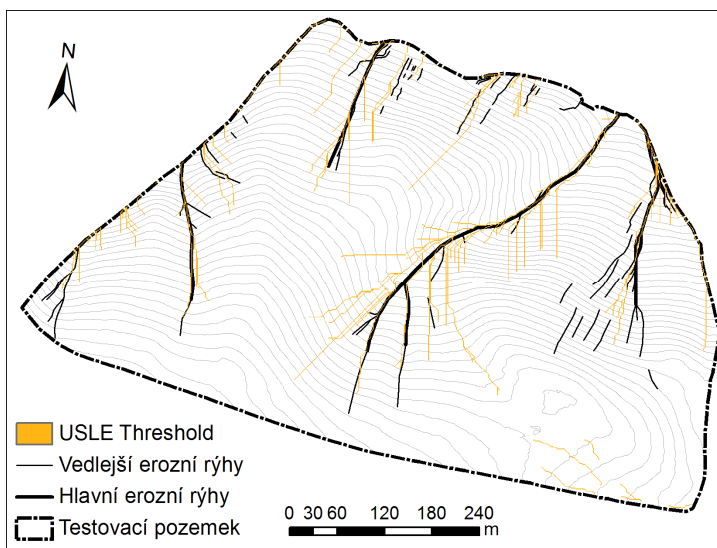
Kombinace nalezených optimálních limitních hodnot je pro obě rozlišení použitého digitálního modelu shrnuta v následující tabulce (Tab.).

Tab. 1: Přehled výsledných optimálních limitních hodnot

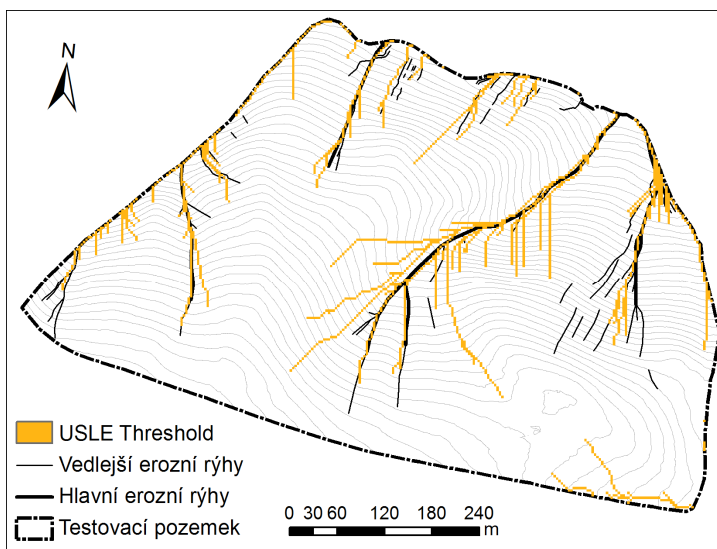
Velikost buňky [m]	Flow Accumulation (Acc) [m ²]	Faktor LS	Průměrná ztráta půdy (G) [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]
1	65	1.27	3.25
3	198	1.35	3.45

Výsledkem výpočtu pomocí nástroje USLE Threshold je finální maska, která testovací pozemek rozděluje na části, které lze anebo nelze řešit pomocí metody USLE. Na následujících obrázcích (Obr. 3 a Obr. 4) je tato maska graficky znázorněna společně s rýhami identifikovanými nad ortofotem.

Je zde patrné, že erozně ohrožená místa, která není vhodné řešit pomocí metody USLE, se nachází v místech vizuálně identifikovaných rýh. Průběh masky USLE Threshold se s těmito rýhami poměrně dobře shoduje, zejména pak u tzv. hlavních erozních rýh. Tento výsledek tak poukazuje na možnost využití tohoto přístupu pro identifikaci míst mimo platnost rovnice USLE, vzniklých soustředěním odtokových drah.



Obr. 3: Výsledná maska USLE Threshold pro rozlišení 1 m



Obr. 4: Výsledná maska USLE Threshold pro rozlišení 3 m

Tab. potom ukazuje rozdíly ploch a vypočtené ztráty půdy na pozemku před a po aplikaci nástroje USLE Threshold, tedy na ploše původní a ploše vyřezané o místa spadající mimo platnost USLE.

Z výsledků je patrné, že z pozemku je mírou nejistoty platnosti metody USLE zatíženo 2 až 5 % (dle rozlišení DMT) ploch, které podle výpočtu pomocí nástroje USLE Threshold spadají mimo její platnost. Tato plocha představuje nejistotu určení ztráty půdy (G) o 12 až 18 % (viz Tab. 3), opět dle rozlišení vstupního digitálního modelu.

Tab. 2: Porovnání hodnot spočtených na původním pozemku a výsledných hodnot po aplikaci nástroje USLE Threshold

		Původní pozemek	Pozemek vyřezaný USLE Threshold	Plocha rýh ortofoto	Plocha rýh USLE Threshold
1 m	Plocha [ha]	34.09	33.44	0.45	0.65
	G [t.ha-1.rok]	3.59	3.17		
3 m	Plocha [ha]	34.09	32.44	1.34	1.65
	G [t.ha-1.rok]	4.06	3.32		

Následující tabulka (Tab. 3) znázorňuje procentuální vyjádření identifikované plochy z řešeného pozemku a rozdíl v nejistotě vypočtené průměrné ztráty půdy (procentuálně vyjádřený rozdíl vypočtené ztráty půdy na původním pozemku a pozemku vyřezaném o plochy spadající mimo platnost USLE pomocí nástroje USLE Threshold).

Tab. 3: Procentuální porovnání plochy identifikovaných rýh a ztráty půdy na původním pozemku a po aplikaci nástroje USLE Threshold

	% identifikovaných rýh pomocí ortofota	% identifikovaných rýh pomocí USLE Threshold	% nejistoty vypočtené ztráty půdy G
1 m	1.31	1.91	11.72
3 m	3.94	4.84	18.05

4 ZÁVĚR

Z výsledků na testovacím pozemku je zřejmé, že metoda USLE používaná bez vyřazení lokalit mimo její platnost, nadhodnocuje vypočtenou ztrátu půdy. Plocha rýh, které se na pozemku vyskytují, se liší v závislosti na rozlišení, což je způsobeno tím, že při velikosti pixelu 3 x 3 m je pravděpodobně pokryto více plochy, než jen samotná šířka rýhy. Na zvoleném testovacím pozemku je však rozdíl mezi identifikací vizuální a výpočetní pomocí nástroje USLE Threshold minimální. Plošně riziková místa zabírají na řešeném území relativně malou plochu, 2 % resp. 5 % dle rozlišení. Výpočetně pomocí metody USLE však tyto rýhy představují 12 % resp. 18 % průměrné roční ztráty půdy z celého pozemku. Toto rozmezí představuje nejistotu výpočtu, bez individuálního posouzení nelze říci, zda je smyv v těchto lokalitách nadhodnocen nebo naopak podhodnocen, z důvodu extrémní intenzity probíhající rýhové a výmolné eroze. Intenzita erozního procesu v rýhách je monitorována během navazujícího výzkumu. Metoda USLE vypočítává v každém elementu pouze uvolnění částic, nezahrnuje jejich sedimentaci, která není nijak ošetřena ani v testovaném nástroji USLE Threshold.

Testování nástroje USLE Threshold na lokalitě Býkovického povodí ukazuje poměrně dobrou shodu mezi realitou a modelovanou situací. Do budoucna bude třeba výsledky modelu porovnat také s fyzikálně založenými modely, jako je například model SMODERP a provést verifikaci nastavených hodnot na dalších vytýpovaných lokalitách.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory těchto projektů: NAZV - QJ330118 „Monitoring erozního poškození půd a projevů eroze pomocí metod DPZ“, TA ČR - TA02020647 „Atlas EROZE - moderní nástroj pro hodnocení erozního procesu“ a SGS14/180/OHK1/3T/11 „Srážko-odtokové, erozní a transportní procesy - experimentální výzkum“

Literatura

- [1] WISCHMEIER, W. H., Smith D. D. *Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide to Conservation Planning*. Washington: United States Department of Agriculture. 1978, Agr.Handbook No.537.
- [2] MITÁŠOVÁ, H. et al. *Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS*. International Journal of Geographical Information Science, 1995, 1/16/95, s. 629– 641.



-
- [3] McCOOL, D. K. et al. *Revised Slope Length Factor for the Universal Soil Loss Equation*. ASABE, 1989, 32 (5), s. 1571-1576.
- [4] KRÁSA, J. Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2013, Atlas EROZE - moderní nástroj pro hodnocení erozního procesu. Praha: ČVUT v Praze. 2014.
- [5] JANEČEK, M. et al. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: powerprint s.r.o. 2012. 113 s. ISBN 978-80-87415-42-9.
- [6] BRÁZDIL, K., et al. *Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 5. generace (DMR 5G)* [online]. Duben 2012, [cit. 2014-06-12]. Dostupné z:
[http://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMR_5G.p
df](http://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMR_5G.pdf)



VLIV URBANISMU PRŮMYSLOVÉHO PODNIKU NA VODOPISNOU SÍŤ ÚZEMÍ NA PŘÍKLADU PODNIKU IGNAZ KLINGER V NOVÉM MĚSTĚ POD SMRKEM

INFLUENCE OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISE URBANISM ON
HYDROGRAPHIC NET OF THE TERRITORY – A CASE STUDY OF THE
IGNAZ KLINGER'S ENTERPRISE IN NOVÉ MĚSTO POD SMRKEM

Tereza Vokurková¹

Abstract

A part of the current problems of the industrial heritage is a change of water regime since the 19th century. On a case study of the enterprise of Ignaz Klinger in Nové Město pod Smrkem the contribution shows that the development of the enterprise and the water regime of its territory have been influencing each other during the 19th and the 1st half of the 20th centuries.

Keywords

Urbanism, industrial heritage, hydrographic net

1 ÚVOD

V současnosti často dochází k zanedbání údržby území průmyslových areálů, ve kterých ustala průmyslová výroba. Dochází proto nejen k chátrání budov a zařízení, ale i pustnutí přilehlého území včetně vodních děl.

Ekonomicky výhodnější je ovšem zabránit zanedbání údržby těchto území, čehož lze dosáhnout jejich novým využitím. Přičemž naopak celková revitalizace území těchto bývalých průmyslových areálů, která by zahrnovala nejen revitalizaci budov, ale i okolního prostředí včetně vodopisné sítě, by jejich nové využití zefektivnila. Revitalizace vychází ze znalosti vývoje území.

¹ Tereza Vokurková, Ing., ČVUT v Praze, Fakulta architektury, Ústav prostorového plánování a Výzkumné centrum průmyslového dědictví, Thákurova 9, Praha 6 Dejvice, vokurkova.tereza@email.cz



Továrny byly zprvu stavěny v blízkosti vodních toků, které později často zcela přeměnily. Území se vyvíjelo jako jeden propojený celek.

Tento příspěvek ukazuje v urbanistických souvislostech vývoj vodopisné sítě na území průmyslového podniku Ignaz Klinger v Novém Městě pod Smrkem, který byl v období 19. a 20. století jedním z největších průmyslových podniků v Libereckém kraji.

2 VÝVOJ PRŮMYSLOVÉHO ÚZEMÍ

2.1 Vývoj do 19. století

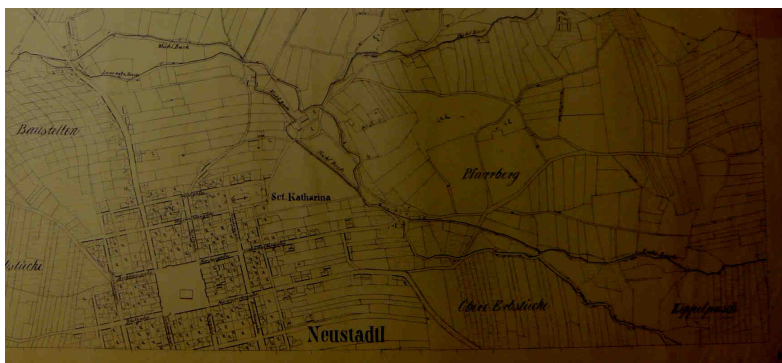
Základy osídlení krajiny Frýdlantska byly dány během kolonizace německým obyvatelstvem ve 13. století, kdy byly zakládány údolní lánové vsi. Ve zdejších podhorských podmínkách se obyvatelstvo živilo především dobytkářstvím a přivydělávalo si podomním tkalcovstvím. Na hřebenech kopců byly ponechány „háje“, ve kterých zdejší vodní toky pramenily.

V 16. století bylo v souvislosti s těžbou rud na úpatí Jizerských hor založeno Nové Město pod Smrkem. Město bylo založeno na pravidelně šachovnicovém půdorysu po vzoru saských horních měst [1] na mírné vyvýšenině, kterou obklopovaly kopce s četnými vodními prameny, z nichž některé jsou minerální a radioaktivní [2]. Prameny se vlévaly do toku Lomnice pramenící na severním úbočí hory Smrku, která tekla kolem Nového Města mělkým údolím od jihu na severozápad. Po šestnácti kilometrech od svého pramene se v Raspenavě vlévala do řeky Smědé. Tkaní se v hornickém Městě rozmohlo zejména po roce 1773 [3].

2.2 Stav v první polovině 19. století

Ještě když Lomnice tekla přirozeným korytem mezi poli a loukami za městem, její sílu využívaly drobné manufaktury. Za pravobřežním přítokem Lomnice zvaným *Rothe Bach* - potok nemá český název [3] - byly za sebou zřízeny tři vodní náhony, které své vody postupně vždy zase vracely do Lomnice, což ukazuje mapa Stabilmního katastru z roku 1843 [4], (viz obr. 1). Za silnicí vedoucí přes Hajniště na Frýdlant se do Lomnice vracela voda z posledního náhonu, aby tekla dál zase svým přirozeným korytem. Tento úsek Lomnice byl i později v souvislosti s průmyslovou urbanizací nejvíce regulován. Vodní sílu ale již i v první polovině 19. století využívalo u náhonů celkem pět zděných a dva dřevěné objekty, mezi které patřily pily, brusírna skla a dva obilné mlýny [3].

V tomto období již byl v Novém Městě usazen Ignác Klinger, který přišel do Nového Města z Děčína [3, 5]. Zprvu byl faktorem (tj. výkupčím přáze od domácích tkalců) pro Blumrichovu továrnu, kde pro něj již v roce 1830 pracovalo na 700 domácích tkalců [3]. Po Blumrichově smrti se osamostatnil a od roku 1839 začal podnikat. Koupil si v Novém Městě svůj první dům a našel si zákazníky v Liberci a Mladé Boleslavi. V roce 1844 svůj první novoměstský dům prodal, aby koupil jiný.



Obr. 1: Poloha toku Lomnice a jejích náhonů v 1. polovině 19. století - Kopie katastrální mapy, 1843 [4] (Zdroj: SOkA Liberec)

2.3 Vývoj od poloviny 19. století do roku 1872

V roce 1850 zaměstnával Ignaz Klinger 1500 domácích tkalců a pronajal si dům pro tkaní bavlny a vlny. V roce 1857 pronajal další dům. V roce 1862 koupil nejstarší parní přádelnu ve městě a o rok později postavil na potoce Lomnici třípodlažní tkalcovnu, která byla zárodkem pozdější rozlehlé textilní továrny. Po válce po roce 1866 se zvýšila poptávka po Klingerově zboží, a proto postavil v roce 1868 mechanizovanou přádelnu. Současně bylo upravováno koryto Lomnice napřímením výraznějších meandrů, viz črty tužkou v Indikační skice [6] na obr. 2.



Obr. 2: Skica napřímení meandru toku Lužnice - Indikační skica Stablního katastru, před rokem 1874 [6] (Zdroj: <http://www.archivnimapy.cuzk.cz>)

2.4 Vývoj od roku 1872 do konce 19. století

Ignaz Klinger zemřel v roce 1872. Podnik s názvem Ignaz Klinger byl dále řízen jeho syny Oskarem a Edmundem a od roku 1879 ještě Ottomarem [3]. Synové výrazně rozšiřovali areál továrny a také si postupně stavěli své vily.

Lomnice protékala podél reprezentativní zahrady vily Oskara Klingerera, která byla postavena v letech 1873-4. Za zahradou protekla budovou továrny a vynořila se v rohu zahradního prostranství před mostem silnice vedoucí z Nového Města do Hajniště, (viz obr. 3). Na plánu je nad zahradou patrná vodní nádrž lichoběžníkovitého tvaru [7].



Obr. 3: Plán továrny se zelení, před koncem 19. století – Plán zahrad, nedatováno [7] (Zdroj: Severočeské muzeum v Liberci)

Porovnáním Stabilmního katastru s mapou z roku 1892 [8] lze zjistit, že tato lichoběžníková nádrž byla napouštěna z původního mlýnského náhonu, (viz obr. 4). Již dříve se v těchto místech údajně vyskytoval chovný rybník [3]. Voda byla z nádrže vedena spodem zahrady do další obdélné nádrže stojící mezi továrními budovami, kterými pokračovala až k silnici, kde se vlévala zpět do Lomnice. Mapa také zachycuje Lomnice. Továrními budovami bylo zastavěno zejména území za pravobřežním přítokem potoka *Kohl Bach* - potok nemá český název [3] - což by mohlo vypovídat o tom, že pro výrobu bylo zapotřebí určitého množství vody a zřejmě určitého spádu území, které Lomnice po soutoku s ním poskytovala.



Obr. 4: Katastrální mapa, 1892 - [8] (Zdroj: SOkA Liberec)

Na mapě z roku 1892 je patrná již vila Klinger, kterou si v letech 1888-91 v historizujícím zámeckém stylu architekta Eduarda Trossiniho postavil Ottomar Klinger [9]. Později byla kolem vily založena rozsáhlá zahrada podle návrhu drážďanského architekta Huga Eckeho. Tato čtrnáctihektarová zahrada s travnatými palouky a výsadbami dřevin mohla přispět ke zvýšení retenční schopnosti území, na němž se původně nacházela pole, (viz obr. 5).



Obr. 5: Veduta továrny Ignaz Klinger, konec 19. století [13]
(Zdroj: <http://www.nmps.cz/historie.php>)

Teprve později byla lichoběžníková nádrž nad Oskarovou vilou přeměněna na okrasná jezírka v zahradě, (viz obr. 6). Podle vpisek do nedatované mapy [10] měla dvě okrasná jezírka obsah 1.200 m³ a 4.500 m³.

Koncem 19. století pro podnik Ignaz Klinger pracovalo 3200 dělníků, pro které bylo v roce 1896 postaveno šest dělnických domů a v roce 1897 otevřena knihovna Anny Klingerové.

2.5 Vývoj během první poloviny 20. století

V roce 1901 bylo pod italským palladiovským vlivem na hřbitově postaveno Klingerovo mauzoleum a rok na to 1902 byla do Nového Města zavedena železnice. V letech 1903-4 byla postavena vila Williho Klinger. Podnik podporoval otevření městských lázní v roce 1911, katolický kostel, mateřskou školku, knihovnu a starobinec [11]. V roce 1912 podnik zaměstnával 2256 a v roce 1937 1084 dělníků.

V místě vtoku pravobřežního přítoku potoku *Rothe Bach* do Lomnice byly založeny dva rybníky, a to nejen pro potřebu výroby Klingerovy textilky, ale i výše stojící Mazelovy porcelánky. Horní nádrž o ploše 26.950 m² měla objem 38.280 m³ a dolní nádrž o ploše 14.000 m² měla objem 15.472 m³ [12].



Obr. 6: Mapa s vyznačením vod, zřejmě počátek 20. století [14] (Zdroj: Severočeské muzeum v Liberci)

2.6 Vývoj od druhé světové války dodnes

Po druhé světové válce bylo německé obyvatelstvo z Nového Města odsunuto a podnik byl znárodněn [13]. Zahrada, v které měli průmyslníci své vily, začala postupně pustnout a zarůstat nálety. Mazelova porcelánka však byla během druhé poloviny 20. století zbořena a v jejím místě byly postaveny garáže. Koryto Lomnice se postupně téměř celé vrátilo do své původní polohy, kterou měla, než byla regulována pro potřeby výroby. Regulace koryta se dochovala pouze v areálu bývalé Klingerovy továrny.

V posledním desetiletí ustal i provoz v továrních budovách, které od té doby rovněž spíše chátrají. Území je dnes rozděleno mezi různé vlastníky. Sledovaný úsek Lomnice dnes spadá pod správu Lesy České republiky, s. p. [15]. Její charakter zůstává vnitroměstský.

Vodní náhony jsou v současnosti téměř zaniklé a v jejich lokalitách dochází k zamokření. Rybníky na soutoku *Rothe Bach* a Lomnice jsou dodnes využívány jako koupaliště. Zachovala se i okrasná jezírka a vodní nádrž v blízkosti Klingerovy továrny, (viz obr. 7).



*Obr. 7: Pohled na okrasná jezera v zahradě směrem od továrny (vlevo nahoře),
na okrasná jezera směrem k továrně (vpravo nahoře),
na regulovaný břeh Lomnice v továrním areálu (vlevo a vpravo uprostřed),
na koryto Lomnice od továrny v místech bývalých mlýnů (vpravo uprostřed) a
na průčelí bývalé továrny Frydlantskou ulicí v místech, kudy podtéká Lomnice
(vpravo dole), 2011(Zdroj: fotoarchív autorky)*

3 ZÁVĚR

Tento příspěvek ukazuje v urbanistických souvislostech vývoj vodopisné sítě na území průmyslového podniku Ignaz Klinger v Novém Městě pod Smrkem, který byl v období 19. a 20. století jedním z největších průmyslových podniků v Libereckém kraji.

Původní přirozené koryto vodního toku Lomnice bylo meandrovité. Již v době před zavedením průmyslové výroby byla v místech soutoku Lomnice s některými jejími přítoky (*Rothe Bach* a dále *Kohl Bach*) její síla využita pro různá výrobní zařízení, kterými byly nejprve drobné manufaktury (obilné mlýny, pily, brusírna skla apod.). V týchž místech se později rozvíjela stavební činnost průmyslového areálu podniku Ignaze Klinger. Období největších změn vodopisné sítě na území podniku Ignaz Klinger spadá do období druhé poloviny 19. století a první poloviny 20. Století. Tyto změny probíhaly v souvislosti s inovacemi výroby a se stavebním rozvojem továrních budov. Od druhé světové války docházelo spíše k postupnému zanedbávání údržby území. V současnosti již ve sledovaném území neprobíhá průmyslová výroba a dochází k postupné sukcesi jeho vodopisné sítě, přičemž dochází k zamokření některých lokalit a k postupnému návratu koryt vodních toků do jejich původní polohy.

Poděkování

Příspěvek byl podpořen studentským grantem SGS12/202/OHK1/3T/15.

Literatura

- [1] KUČA, Karel. *Města a městečka v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. IV. díl Ml-Pan*. Praha: Libri, 2000. (Nové Město), s. 434
- [2] <http://www.mapy.cz/#!x=15.232247&y=50.927677&z=14&l=16>
- [3] TIMA, Václav. *Nové Město pod Smrkem*. Občanské sdružení pro obnovu Nového Města pod Smrkem a okolí: 2010. ISBN 978-80-254-8871-3. s. 103-104
- [4] *Kopie mapy Stablního katastru, 1843*. SOKA Liberec. Fond: Archiv města Nové Město pod Smrkem. Mapy a plány.
- [5] ŠÍNOVÁ, Dana; CHOCHOLOUŠKOVÁ, Hana. *Sdružený inventář Dětrichov – OÚ-MNV Dětrichov*. 176-1985. OA Liberec.
- [6] <http://www.archivnimapy.cuzk.cz>



-
- [7] *Plán zahrad, nedatováno*. Poskytl Ivan Rous, Severočeské muzeum v Liberci
 - [8] *Katastrální mapa, 1892*. SOkA Liberec. Fond: Archiv města Nové Město pod Smrkem. Mapy a plány. 3 a-d
 - [9] http://cs.wikipedia.org/wiki/Klingerova_vila
 - [10] *Situace továrny s lesoparkem, nedatováno, (zřejmě záhy po roce 1945), (vpisky v češtině)*. Poskytl Ivan Rous, Severočeské muzeum v Liberci
 - [11] NÁDENÍK, Karel, JELÍNEK, Rostislav: *Nové Město pod Smrkem 1900-2000. 100 Nového Města pod Smrkem ve fotografii*. Liberec: Nové Město pod Smrkem and Agentura 555, 2001. ISBN 80-902887-2-3. s. 70
 - [12] *Lázeňská komise (koupaliště-výstavba): Plánek polohy rybníků firem J. Mazel a Ig. Klinger, 1926-1939. Situační plán, 1920. M1:1000*. SOkA Liberec. Fond: Archiv města Nové Město pod Smrkem. Sign. Stavební záležitosti, KT 55
 - [13] <http://www.nmps.cz/historie.php>
 - [14] *Mapa města s vybarvením továrny, nedatováno, (v němčině)*. Poskytl Ivan Rous, Severočeské muzeum v Liberci
 - [15] <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/aplikace/vodni-nadrze-lesy.html>



ZDROJE ZNEČISTENIA AKO POTENCIÁLNY ZDROJ ENVIRONMENTÁLNYCH POVODŇOVÝCH ŠKÔD V POVODIACH JUHOVÝCHODNÉHO SLOVENSKA

SOURCES OF POLLUTION AS A POTENTIAL SOURCE OF
ENVIRONMENTAL FLOOD DAMAGES IN THE RIVER BASINS OF
SOUTHEASTERN SLOVAKIA

Martina Zelenáková¹, Lenka Gaňová², Lenka Zvijáková³

Abstract

Environment and its natural values may be affected by flooding, despite the fact that floods are to some extent a natural phenomenon. Effects of floods can take many forms, it is a physical damage, injuries, fatalities, environmental contamination, etc. Priceless part of the environmental damage is the leakage of harmful substances that may in various forms affect ecosystems long after the flood. The aim of this paper is quantification of flood damage to the environment in the river basin Bodva, which are then classified in terms of efficiency and a measure of acceptance. In the evaluated area of southeastern Slovakia measures need to build flood protection to be effective not only in terms of protection, but also in terms of economic, social and environmental benefits. Evidence that flood protection and prevention are justified and must be one of the most important parts of urban planning is often repetitive flood damage.

Keywords

Bodva river basin, environmental impact assessment, sources of pollution

¹ Martina Zelenáková, doc. Ing. PhD., Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, ústav Environmentálneho inžinierstva, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, martina.zelenakova@tuke.sk

² Lenka Gaňová, Ing., Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, ústav Environmentálneho inžinierstva, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, lenka.ganova@tuke.sk

³ Lenka Zvijáková, Ing. PhD., Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, ústav Environmentálneho inžinierstva, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, lenkazvijakova@gmail.com

1 CHARAKTERISTIKA POVODIA BODVY

Rieka Bodva pramení na južnom okraji Slovenského Rudohoria v pohorí Volovské vrchy, na severovýchodnom svahu vrchu Osadník (1186 m n. m.). Celé povodie Bodvy (Obr. 1) má rozlohu 1758,8 km², z toho na území Slovenskej republiky je 891,3 km² a 867,5 km² sa nachádza na území Maďarska. Povodie Bodvy sa na Slovensku nachádza v správnom území medzinárodného povodia Dunaja, rozprestiera sa v juhozápadnej časti Košického kraja [1]



Obr. 1: Povodie Bodvy

Čiastkové povodie Bodvy na území Slovenskej republiky susedí na severozápade, severe a východe s čiastkovým povodím Hornádu a zo západnej

strany s čiastkovým povodím Slanej. Z juhu je slovenská časť povodia Bodvy ohraničená štátnou hranicou s Maďarskou republikou. Maďarská časť povodia Bodvy sa nachádza v severovýchodnej časti krajiny, v regióne Severného Maďarska, v župe Borsod-Abaúj Zemplén. Bodva je najvýznamnejším malým vodným tokom Severného Maďarska. Maďarská časť povodia Bodvy má takmer trojuholníkový tvar, zo severu je ohraničená štátnou hranicou, ktorá sa v tomto úseku ťahá takmer v celej dĺžke po hranici maďarského povodia. Na juhovýchode rozdeľuje na dve časti pohorie Cserehát, na juhozápade oddeľuje Borsodskú pahorkatinu – smerom z juhovýchodu na severozápad – hranicou začínajúcou terasami Bodvy cez pohorie Rudabánya až po Aggtelecký kras [1]

1.1 Kvalita vody v rieke Bodva

Kvalitu vody v Bodve ovplyvňuje okrem maďarských zdrojov znečistenia aj znečistenie pochádzajúce z územia Slovenska. Kvalita vody v Bodve vplyvom meniaceho sa množstva znečisťujúcich látok sa v čase pohybuje v širokom intervale, ale zásadne patrí medzi najčistejšie domáce vodné toky. Zátťažou sú nečistené komunálne odpadové vody, ako aj vypúšťanie znečisťujúcich látok neidentifikovaného pôvodu. V povodí rieky je na slovenskom aj maďarskom území viacero obcí bez kanalizácie (v Maďarsku napr.: Komjáti, Tornanádaska, Becskeháza, Tornakápolna). Vážnosť problému charakterizujú údaje namerané počas povodní v roku 2010. Nárast koliformných baktérií v júni 2010 naznačuje, že sa do Bodvy dostala odpadová voda, dusík a umelé hnojivá. Z výsledkov meraní je zrejmé aj to, že počas povodní bola kvalita vody v rieke na základe mikrobiologických charakteristík v kategórii „znečistená“, ale dosiahla takmer najhoršiu kategóriu „silne znečistená“. To znamená, že koncentrácia biologicky škodlivých látok môže v jednotlivých prípadoch dosiahnuť úroveň chronickej toxicity. Táto kvalita vôd nepriaznivo pôsobí na vodné rastliny a mnohobunkové živočíchy [1].

Problémom z hľadiska kvality sú popri povodniach aj najmenšie prietoky, pretože v takom prípade vedie vyššia koncentrácia znečistenia tiež k zhoršenej kvalite vody.

Ak je úroveň kvality vody blízka priemeru alebo nižšia, majú bodové zdroje znečistenia v povodí menší význam, vtedy sa totiž dostávajú znečisťujúce látky do Bodvy difúznym spôsobom. Pri ich tvorbe zohrávajú úlohu charakteristiky odtoku a zrážok, v dôsledku zmeny prietoku sa znečisťujúce látky miešajú s vodou v stále inom pomere. Z poľnohospodárskeho územia sa dostáva znečistenie do podzemnej vody a následne do recipienta vmývaním hnojív a prípravkov na ochranu rastlín.



V dôsledku neexistencie kanalizácie predstavujú organické látky vsakujúce do podzemných vôd veľkú záťaž. Vážnym problémom sú skládky odpadu zriadené v povodí. V údolí prebieha, resp. bola práve ukončená rekultivácia viacerých skládok, napr. Perkupa, Szendrő. Z nich pochádzajúce priesakové vody z časti priamo, z časti nepriamo cez podzemnú vodu zaťažujú rieku.

2 ZDROJE ZNEČISTENIA V POVODÍ BODVY

Potenciálnym zdrojom znečistenia podzemných vôd sú všetky aktivity v povodí t.zn. okrem environmentálnych záťaží i všetky skládky, priemyselné aktivity, poľnohospodárske aktivity, komunálna sféra a iné. Bodové zdroje znečistenia t.zn. potenciálne i zistené sú na Slovensku evidované prostredníctvom troch účelových databáz, a to:

- KV-ENVIRO [2], ktorá obsahuje viac ako 13 004 bodových potenciálnych zdrojov znečistenia. Základom tejto databázy je databáza GEOENVIRON, ktorá obsahuje 9177 potenciálnych bodových zdrojov znečistenia. Jedná sa o 2279 lokalít, 6938 skládok a iné zdroje znečistenia.
- Register environmentálnych záťaží (REZ), ktorý je súčasťou Informačného systému [3] vybudovaného v rámci projektu Systematická identifikácia environmentálnych záťaží Slovenskej republiky. Obsahuje 1 819 lokalít, ktoré sú rozdelené na 3 časti: pravdepodobné environmentálne záťaže (časť A) - 878 lokalít, environmentálne záťaže (časť B) - 257 lokalít, sanované a rekultivované environmentálne záťaže (časť C).
- Databáza Integrovaný monitoring zdrojov znečistenia (IMMZ), ktorá obsahuje zdroje znečistenia zaobchádzajúce s nebezpečnými látkami, ktorým orgán štátnej vodnej správy uložil povinnosť monitorovať ich vplyv na podzemné vody. Táto databáza v súčasnosti obsahuje viac ako 310 zdrojov znečistenia, prevažne skládok [2].

Identifikácia základných zdrojov znečistenia je uvedená v Tab. 1

Tab. 1: Hlavné zdroje bodového znečistenia

Priemysel	priemyselné areály, ťažba, sklady
	kalové polia, lagúny, nádrže na odpadovú vodu
	čerpacie stanice
	haldy, odkaliská
Poľnohospodárstvo	sklady hnojív, hnojné jamy
	nevyužitý odpad zo živočíšnej či rastlinnej výroby
	chovné prevádzky
Sídlné aglomerácie	skládky odpadov
	čistiarne odpadových vôd
	dopravné depá
Iné	dažďové odľahčenie
	environmentálne záťaže
	bane

V rámci ochrany vôd a kontroly znečisťovania sa doteraz venovala pozornosť predovšetkým zdrojom bodového znečistenia a často sa zabudlo na ťažko registrovateľné a kontrolovateľné plošné, difúzne zdroje znečistenia. Tie však podľa odhadov predstavujú takmer polovicu znečistenia, ktoré sa dostáva do vôd. Charakter plošného znečistenia, jeho zloženia a dynamika vykazuje v čase a priestore oveľa väčšiu variabilitu ako typické bodové zdroje znečistenia.

V povodiach, ktoré majú typicky poľnohospodársky charakter – takým je aj povodie Bodvy – je vsakovanie prepojené so sezónnym charakterom počasia, čo ovplyvňuje úlohu rastlinnej pokrývky a rastlinstva pri uvoľňovaní a zadržiavaní znečistenia. Poveternostné podmienky určujú dynamiku prúdenia a zloženie znečistenia. Plošné zdroje znečistenia sú významným zdrojom biogénnych zlúčenín, hlavne fosforu a dusíka, ktoré sa dostávajú do povrchových vôd.

Medzi významné znečistenia spôsobené poľnohospodárstvom je potrebné zahrnúť aj pesticídy, ktoré sa vymývajú z obrábaných území. Kyslé dažde, predovšetkým topiaci sa sneh znižuje reakcie vody.

V nasledujúcom je uvedené hodnotenie potenciálnych povodňových environmentálnych škôd v meste Medzev, ktoré bolo v rámci predbežného hodnotenia povodňového rizika na Slovensku identifikované ako jedna z oblastí s existujúcim povodňovým rizikom.

3 ZDROJE ZNEČISTENIA V ZÁPLAVOVEJ OBLASTI MESTA MEDZEV

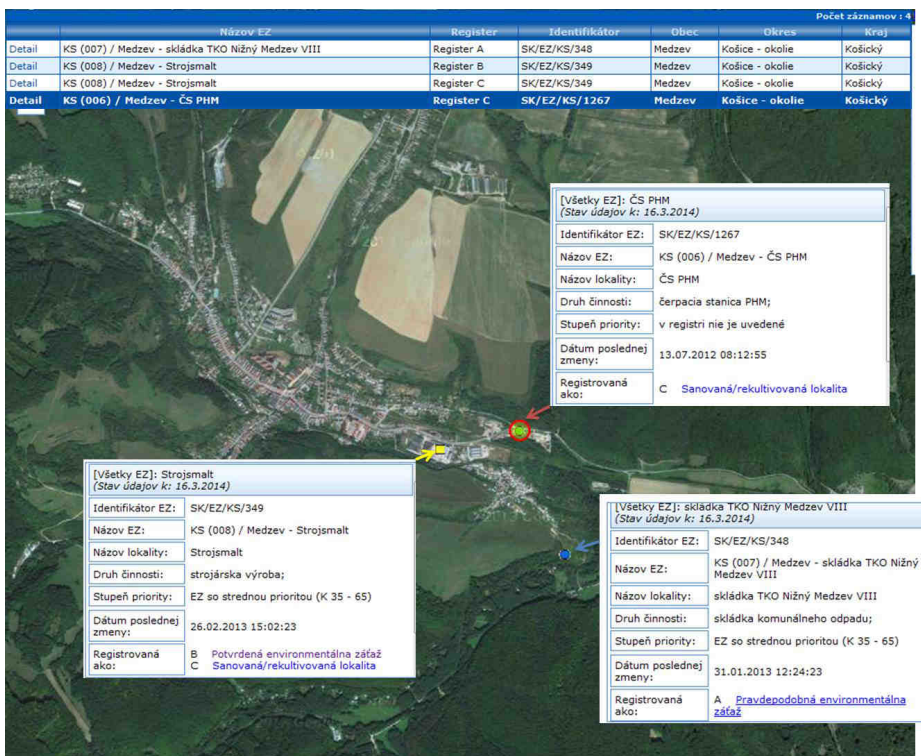
Priamo v meste Medzev je životné prostredie v relatívne dobrom stave. Do určitej miery sú znečisťovateľmi miestne firmy. Kataster obce je v pomerne pokojnom prostredí, mimo hlavných dopravných ťahov. Mesto zabezpečuje zber a odvoz komunálneho odpadu prostredníctvom firmy AVE – Košice odvozom na riadenú skládku odpadov, ktorá sa nachádza na katastrálnom území obce Jasov patriacej AVE Jasov, s.r.o., kde sa tento zneškodňuje. Táto skládka je zaradená do kategórie pre nie nebezpečný odpad. Na území mesta sú evidované divoké skládky na Kováčskej ulici v oddelenej časti v rómskej osade [2]. V meste, konkrétne na východnom okraji Medzeva, sa nachádza čistiareň odpadových vôd (ČOV).

V meste Medzev sa nachádzajú 3 environmentálne záťaž, ktoré sú zaradené do registra A (pravdepodobná environmentálna záťaž), registra B (environmentálna záťaž) a registra C (sanovaná, rekultivovaná lokalita) [3]. Základné údaje o týchto environmentálnych záťažach sú získané z registra environmentálnych záťaží [2]. Publikovanie údajov pre environmentálnu záťaž zaradenú do časti A - registra environmentálnych záťaží nie je povolené bez autorizovaného vstupu. V zmysle § 20 a odseku 2 zákona č.569/2007 Z. z. o geologických prácach (geologický zákon) v znení neskorších predpisov (zákon č.384/2009 Z.z.) nie sú sprístupnené informácie o pravdepodobných environmentálnych záťažach, preto sú v ďalšej časti uvedené len údaje o environmentálnych záťažach zaradených do časti B a C (Obr. 2).

V prípade environmentálnej záťaže Strojsmalt, ktorá je zaradená do registra B a C predstavuje ohnisko znečistenia sklad ťažkých olejov, ale aj provizórny sklad PHM odkiaľ sa šírilo znečistenie zemín, povrchových, ale aj podzemných vôd ropnými látkami.

Ďalšou environmentálnou záťažou je čerpacia stanica pohonných hmôt (ČS PHM), ktorá je zaradená do kategórie C. Znečistenie horninového prostredia a podzemných vôd bolo spôsobené opakovanými únikmi motorovej nafty a benzínu z podzemných nádrží a z povrchu prevádzkového priestoru v dlhodobom časovom úseku a rôznej intenzity.

Na okraji mesta na Kováčskej ulici, vedľa environmentálnej záťaže Strojsmalt, sa nachádza priemyselný podnik Rosenberg – Slovakia. Hlavným výrobným programom firmy je odlievanie odliatkov technológiou tlakového liatia, výroba magnetických obvodov a komponentov pre ventilátory.



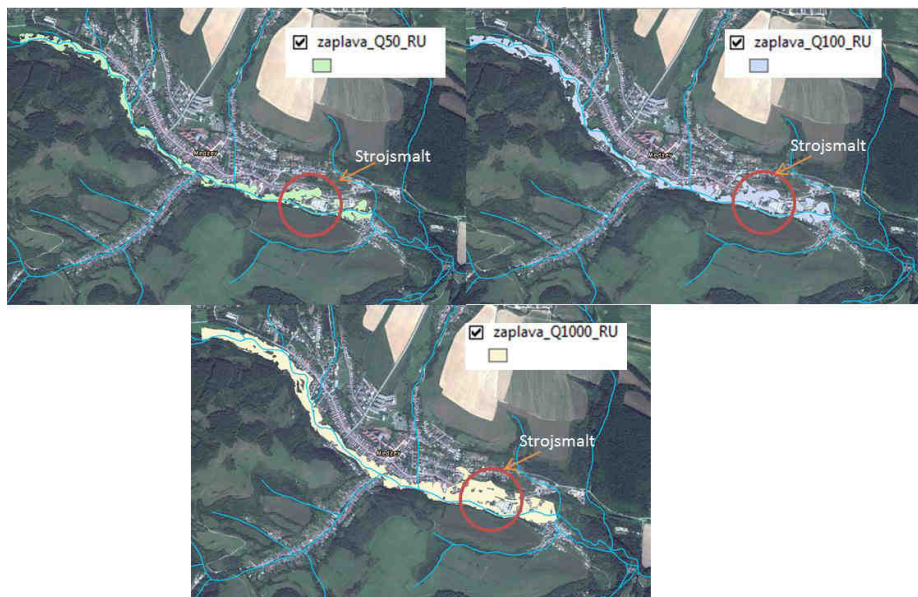
Obr. 2: Údaje o environmentálnych záťažoch v Medzeve s ich presnou lokalizáciou [3]

3.1 Stanovenie dôsledku povodní na životnom prostredí

Celkový dôsledok je vypočítaný ako suma priradených bodov jednotlivým zdrojom znečistenia nachádzajúcich sa v záplavovej oblasti pre dané Q_N (pravdepodobnosť výskytu povodní) vynásobený príslušnou váhou. Bodová klasifikácia dôsledku pre jednotlivé kategórie zdrojov znečistenia je uvedená v Tab. 2.

V záplavovej oblasti pre jednotlivé Q_N sa nenachádzajú žiadne odkaliská, skládky odpadov a taktiež ČOV leží mimo záplavového územia. Mimo záplavové územie leží aj čerpacia stanica pohonných hmôt.

Environmentálna záťaž zaradená do kategórie B sa nachádza v záplavových územiach Q_{50} , Q_{100} a Q_{1000} (Obr. 3). Jednotlivým Q_N je tomuto zdroju v čiastkovej kategórii B priradená hodnota 0,36 (Tab. 2).



Obr. 3: Zobrazenie zaplavenia Strojsmaltu (environmentálnej záťaže C) pre Q_{50} , Q_{100} a Q_{1000}

V záplavovom území Q_{50} , Q_{100} a Q_{1000} sa nachádza aj priemyselný podnik Rosenberg. Podnik nie je v zmysle zákona č.277/2005 Z. z., zaradený do žiadnej z kategórií A alebo B, preto v rámci hodnotenia dôsledku patrí do čiastkovej kategórie „nezaradené“. Jednotlivým Q_N konkrétne Q_{50} , Q_{100} a Q_{1000} je v Tab. 2 v tomto riadku (nezaradené) priradená hodnota 1.

Vzhľadom na skutočnosť, že v meste Medzev je vybudovaná kanalizácia, sa predpokladá, že percento neodkanalizovaného obyvateľstva sa pohybuje v rozmedzí od 0 do 40%, preto je každému Q_N priradená hodnota 0,48 (Tab. 2).

Percentuálny podiel zaplavenej poľnohospodárskej pôdy z celkovej zaplavenej pôdy nepresahuje 40% pri žiadnom prietoku, a preto je tomuto zdroju pre každé Q_N priradená hodnota 0,36 (Tab. 2).

Sumarizácia pridelených bodov spolu s výpočtom celkovej hodnoty dôsledku je uvedená v Tab. 2.

Tab. 2: Výpočet výsledného dôsledku resp. negatívneho vplyvu na ŽP

Zdroj znečistenia ZZ	Čiastková kategória zdroja znečistenia	Bodová klasifikácia hrozby	Váha	Q ₅	Q ₁₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₁₀₀₀
Bodové zdroje znečistenia								
Podniky s prítomnosťou nebezpečných látok	Nezara- dené	5	0,2	0	0	1	1	1
Plošné zdroje znečistenia								
Neodkanalizo- vané obyvateľstvo	0 – 40%	4	0,12	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Poľnohospo- dárstvo	0 – 40%	3	0,12	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
	sanovaná / rekulti- vovaná lokalita (C)		0,12	0	0	0,36	0,36	0,36
Σ dôsledok (D _i)				0,84	0,84	2,2	2,2	2,2

Na základe Tab. 2 je vypočítaný dôsledok zaradený pre všetky Q_N do kategórie „okrajový dôsledok“ tzn., že zaplavenie jednotlivých zdrojov znečistenia spôsobí len minimálnu respektíve žiadnu degradáciu životného prostredia.

4 ZÁVER

Zlepšenie kvality vody, nielen v rieke Bodva, v nedávnej minulosti je možné odôvodniť predovšetkým útlmom intenzívnej poľnohospodárskej činnosti, resp. investíciami do kanalizácie a čistiarní odpadových vôd realizovaných v povodí rieky. Pozitívny vplyv majú aj rekultivácie skládok odpadov realizované v rokoch 2012-2013. V dôsledku výstavby kanalizácií došlo v poslednom období k zníženiu množstva nelegálne vypúšťaných odpadových vôd. Pri riešení odvádzania odpadových vôd nie je nutné usilovať sa o dosiahnutie úplného pokrytia územia kanalizáciou, nakoľko to je veľmi ťažko realizovateľné z dôvodu, že pre územie sú charakteristické malé dediny. Vo výhľadových plánoch týkajúcich sa údolia Bodvy je potrebné ponechať priestor pre odborné, individuálne riešenie umiestnenia čistiarní odpadových vôd. Realizáciou týchto plánov a vhodným motivačným systémom je možné minimalizovať zdroje znečistenia rieky.



Bodva je významným zdrojom pitnej vody regiónu, preto má ochrana kvality vody prioritné postavenie. Je to účelné o to viac, že v údolí Bodvy v Maďarsku nie je žiadna väčšia priemyselná prevádzka a jej prírodné hodnoty sú tak významné, že kvalitu vody je potrebné chrániť všetkými dostupnými prostriedkami.

Pod'akovanie

Príspevok vznikol v rámci riešenia projektov HUSK/1001/2.1.2/0058 a HUSK/1001/2.1.2/0009.

Literatúra

- [1] ZELENÁKOVÁ, Martina, ZVIJÁKOVÁ, Lenka, TOTH, Viktor, KISS, Jozsef. *Modelovanie povodní a vytvorenie logistického modelu pre ochranu pred povodňami*. Miskolc: ME, 2014. 75 p.
- [2] *Návrh opatrení pre dosiahnutie dobrého stavu v útvaroch podzemných vôd SROV*. VÚVH, 2008, 73 p.
- [3] *Dobudovanie Informačného systému environmentálnych záťaží* [online]. SAŽP, 2013. [cit. 2014-06-01]. Dostupný z: <http://www.enviroportal.sk/environmentalne-temy/environmentalne-zataze>
- [4] Mesto Medzev. *Program hospodárskeho a sociálneho rozvoja, časť Sociálno-ekonomická analýza* [online]. Mesto Medzev. [cit. 2014-06-01]. Dostupný z: <http://www.medzev.info/download/socialno-ekonomicka-analyza.pdf>.

PŮSOBENÍ KRYPEDOLOGICKÝCH JEVŮ NA VODOSTABILITU PŮDNÍCH AGREGÁTŮ

Aneta Žabenská¹

Abstrakt

V rámci výzkumu byly sledovány změny stability agregátů jako jedné z hlavních půdních charakteristik, určujících půdní erodovatelnost. Teplotní změny, tzv. mrazové cykly, byly simulovány v klimatické komoře. Půdní povrch byl pro zjednodušení uvažován bez vegetačního krytu a sněhové pokrývky. Práce se zabývá změnami stability půdních agregátů v důsledku probíhajících kryopedologických jevů. Jako dva hlavní faktory, ovlivňující míru destruktivních účinků, byly uvažovány teplota a půdní vlhkost. Půdní vzorky odebrané ze 3 lokalit byly podrobovány mrazovým cyklům v laboratorních podmínkách. Ke stanovení stability půdních makroagregátů o velikosti 1 – 2 mm byla použita standardní jednosítová metoda mokrého prosévání (Kemper et Rosenau, 1986). Uvažovaná hypotéza týkající se snížení množství vodostabilních makroagregátů s počtem mrazových cyklů nebyla jednoznačně potvrzena a žádá si další zkoumání.

Klíčová slova

kryopedologie, eroze z tání sněhu, erodovatelnost, stabilita půdních agregátů, mrazový cyklus

1 ÚVOD

V průběhu zimního období dochází k opakovanému zamrznání a rozmrznání půdního profilu. Cílem práce bylo zjistit, zda mrazové jevy vedou ke zvýšení erodovatelnosti svrchní vrstvy půdy v průběhu mimovegetačního období. Názory na působení mrazu na stabilitu půdních agregátů jsou rozporuplné. Na tom, že mráz působí na půdní agregáty destruktivně a oslabuje tak půdní strukturu se shodují například Øygarden (2000), Oztas et Fayetorbay (2003), Kværnø et Øygarden

¹ Ústav vodního hospodářství krajiny, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně, Žižkova 17, Brno 602 00, zabenska.a@fce.vutbr.cz



(2006) a další. Stejně jako smyková pevnost je stabilita půdních agregátů nepřímo úměrná obsahu vody v půdě (Øygarden, 2000). Při promrznutí půdy je voda vytlačována z půdních agregátů a vytváří okolo nich malé ledové krystaly, které při svém formování částečně rozmělní půdní agregáty. Mnoho kvalitních půdních částic je proto s příchodem tání rozplaveno (Malenová et Toman, 2005). Dle Tomana a Podhrázké (2002) je problematika stanovení odhadu eroze způsobené táním sněhu v ČR poměrně málo rozpracovaná vzhledem k obtížnosti stanovení jednotlivých faktorů, které mají na intenzitu eroze vliv. V důsledku tání sněhu vzniká povrchový odtok s ničivými následky. Díky specifickým půdním podmínkám v průběhu chladné periody a nedostatečnému vegetačnímu pokryvu jsou nebezpečná již malá množství povrchového odtoku. Nejhlubší poznatky o tomto typu eroze přináší představitelé severských států a alpských zemí, kde se tento problém vyskytuje v největší míře.

2 MATERIÁL A METODIKA

Ke zkoumání *ex situ* byly odebrány půdní vzorky kambizemí ve třech lokalitách: Luká (nadmořská výška 512 m n. m.) (Obr. 1), Bystrice nad Pernštejnem (nadmořská výška 564 m n. m.) (Obr. 2) a Koclířov (nadmořská výška 525 m n. m.) (Obr. 3). První odběr byl proveden po odtání sněhové pokrývky koncem dubna 2013 a letní odběr na konci července 2013 před sklizní. Na všech lokalitách byla vyseta ozimá řepka, která v průběhu zimního období tvoří pouze sporadické krytí půdního povrchu.



Obr. 1: Místo odběru v k.ú. Luká 23. 4. 2013 a 31. 7. 2013



Obr. 2: Místo odběru v k.ú. Bystřice nad Pernštejnem 26. 4. 2013 a 31. 7. 2013

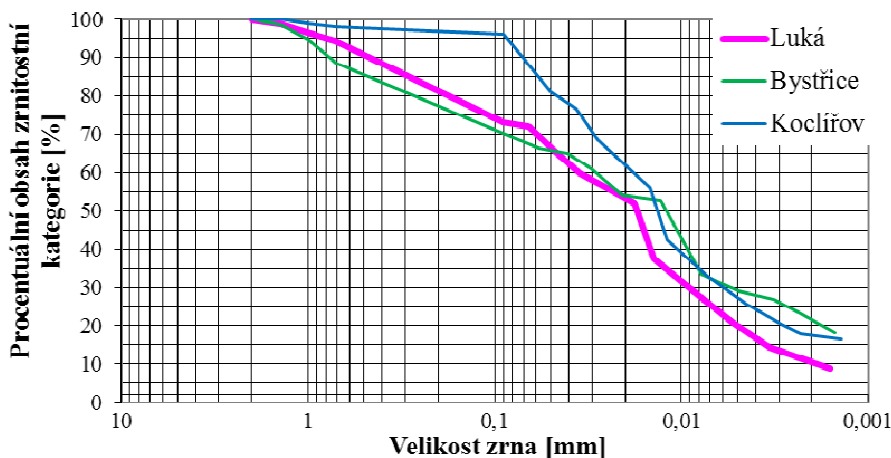


Obr. 3: Místo odběru v k.ú. Koclířov 26. 4. 2013 a 31. 7. 2013

Poměrně pozdní jarní odběr byl způsoben letošním dlouhým trváním sněhové pokrývky. Hloubka odběru byla zvolena co nejmenší. Odebírána byla pouze svrchní vrstva půdy bez vegetačního pokryvu do hloubky cca 2,5 cm.

2.1 Vybrané půdní charakteristiky (zrnitost)

Ve všech třech případech se jednalo o středně těžké hlinité půdy.



Graf 4: Křivka zrnitosti

2.1.1 Luká

Hlavní půdní jednotka (HPJ 26): Kambizemě modální eubazické a mezobazické na břidlicích, převážně středně těžké, až středně skeletovité, s příznivými vláhovými poměry.

2.1.2 Bystřice nad Pernštejnem

HPJ 29: Kambizemě modální eubazické až mezobazické včetně slabě oglejených variet, na rulách, svorech, fylitech, popřípadě žulách, středně těžké až středně těžké lehčí, bez skeletu až středně skeletovité, s převažujícími dobrými vláhovými poměry.

2.1.3 Koclířov

HPJ 25: Kambizemě modální a vyluhované, eubazické až mezobazické, výjimečně i kambizemě pelické na opukách a tvrdých slínovcích, středně těžkém flyši, permokarbonu, středně těžké, až středně skeletovité, půdy s dobrou vodní kapacitou.

2.2 Stanovení stability půdních agregátů metodou mokrého prosévání

Bezprostředně po odběru byly stanoveny momentální vlhkosti půdy a počáteční stabilita agregátů. Po vysušení vzorku volně na vzduchu (24 hod), byla oddělena frakce 1 – 2 mm pomocí sady klasických plochých sít. Navážka 4 g takto upraveného vzorku byla podrobena standardní jedno-sítové metodě mokrého prosévání (Kemper et Rosenau, 1986) přístrojem firmy Eijkelkamp. Vzorky byly prosévány 3 minuty s frekvencí 35 cyklů/min a vertikální amplitudou 1,3 cm v destilované vodě přes síta o průměru ok 0,25 mm. Zůstatek na sítě byl vysušen při 105 °C (6 hod), zvážen a posléze dispergován a 5 min proséván v roztoku polyfosforečnanu sodného tak, aby byly vyplaveny všechny jílové částice a na sítěch zůstaly pouze písčité částice. Pokud se agregáty nerozpadnou ani po 5 minutách prosévání v roztoku, pomůžeme jim mechanicky. Zůstatek na sítu (částice pouze o velikosti nad 0,25 mm) byl opět vysušen a zvážen.

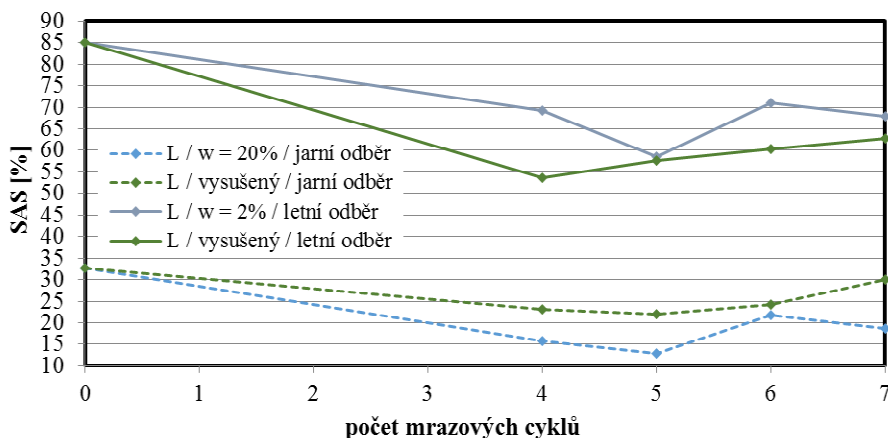
Snaha dokázat závislost stability agregátů na vlhkosti půdy při přemrznutí vedla k testování dvou sad vzorků – vzorky vyschlé na vzduchu (24 hod) a vzorky o počáteční vlhkosti. S ohledem na metodiku nebylo možné nasycení porušených vzorků na požadované, standardně používané vlhkosti (např. polní vodní kapacita). Sady vzorků z každé lokality byly umístěny do uzavřených plastových dóz a podrobeny určitému počtu mrazových cyklů. Každý vzorek byl vyhotoven ve třech opakováních. Při volbě charakteristik mrazového cyklu byla snaha kopírovat přírodní podmínky. Délka jednoho cyklu byla stanovena na 24 hodin. Vzorky byly vystaveny teplotě -5 °C 12 hodin a dalších 12 hodin teplotě +5 °C. Změna stability agregátů byla určována po 4, 5, 6, a 7 24-hodinových cyklech. Po jednotlivých počtech cyklů byly vzorky vysušeny, oddělena frakce 1 – 2 mm a provedena uvedená agregátová analýza pomocí metody mokrého prosévání. Výsledkem bylo procento vodostabilních půdních agregátů SAS (Kandeler et. al, 1996):

$$SAS = 100 * \frac{M_2 - M_3}{W - (M_2 - M_1)} \quad (1)$$

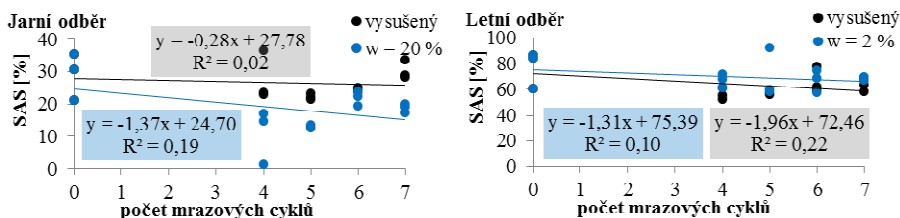
SAS...	procento vodostabilních půdních agregátů [%]
M ₁ ...	hmotnost misky [g]
M ₂ ...	hmotnost misky, vodostabilních agregátů a písku [g]
M ₃ ...	hmotnost misky a písku [g]
W...	navážka vzorku [g]

3 VÝSLEDKY

Místa odběru byla situována na středně-těžkých hlinitých kambizemích. Výsledné hodnoty procentuálního obsahu vodostabilních makroagregátů (stanovené metodou mokrého prosévání) jsou uvedeny v následujících grafech.

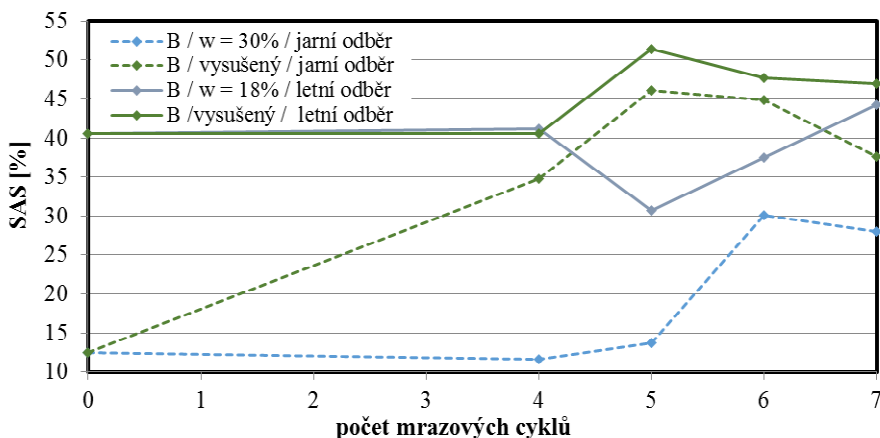


Graf 5: Vývoj hodnot SAS po jednotlivých mrazových cyklech (Luká)

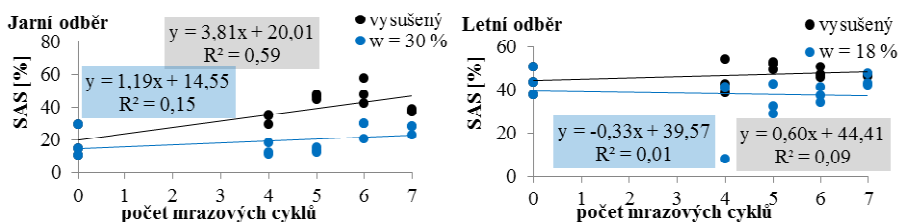


Graf 6: Závislost SAS na počtu mrazových cyklů (Luká)

Jednoduchá lineární regresní analýza neprokázala významnou korelaci mezi SAS a počtem mrazových cyklů. V případě půdních vzorků z lokality Luká se korelační koeficient pohyboval pouze mezi hodnotami -0,14 to -0,47. Jsou zde však vidět jasné rozdíly mezi stabilitou agregátů u vzorků odebraných po zimním období a u vzorků odebraných v létě. Růst stability agregátů v průběhu vegetační periody je všeobecně známý fakt.

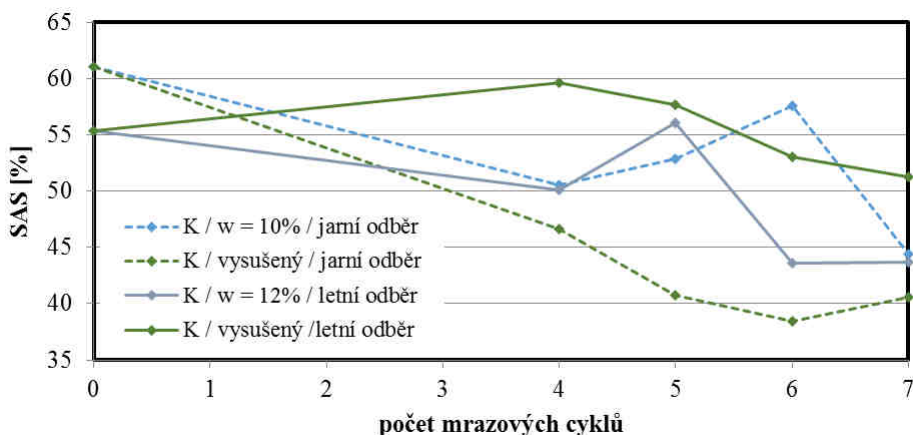


Graf 7: Vývoj hodnot SAS po jednotlivých mrazových cyklech (Bystřice)

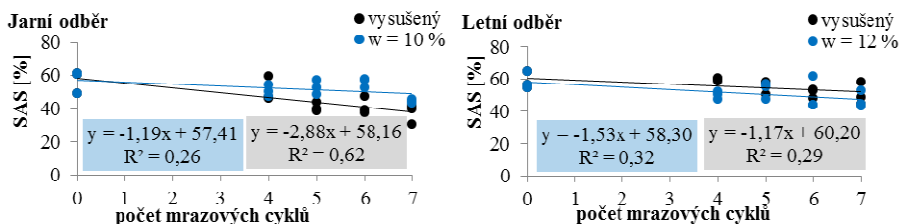


Graf 8: Závislost SAS na počtu mrazových cyklů (Bystřice)

V případě vzorků z lokality Bystřice byl trend spíše opačný. SAS rostla s malým počtem mrazových cyklů a pak začala klesat, jak uvádí např. Mostaghimi (1988). Korelační koeficient se pohyboval mezi -0,08 a 0,77.



Graf 9: Vývoj hodnot SAS po jednotlivých mrazových cyklech (Koclířov)



Graf 10: Závislost SAS na počtu mrazových cyklů (Koclířov)

Nejvíce významnou korelaci vykazoval experiment se vzorky odebranými v lokalitě Koclířov. Na druhou stranu SAS ovlhčených vzorků byla neočekávaně vyšší než SAS vzorků vysušených na vzduchu (podobné výsledky jako v případě letního odběru v Luké). To mohlo být způsobeno například velkou rozkolísaností hodnot SAS v důsledku nepřesností v případě srovnávání vysušených vzorků a vzorků s nízkou vlhkostí (Koclířov - jarní odběr: $w = 10\%$, Luká - letní odběr: $w = 2\%$).

4 DISKUZE

Ačkoli nebyla metodou mokrého prosévání potvrzena hypotéza snižování stability půdních agregátů s počtem mrazových cyklů, je zřetelná závislost stability agregátů na půdní vlhkosti a době odběru. Množství vodostabilních agregátů SAS s počtem mrazových cyklů proměnlivě klesalo či nečekaně stoupalo. Podle



Mostaghimiho (1988) stabilita agregátů roste s malým počtem mrazových cyklů, avšak další mrazové cykly už mají minimální efekt. Vysoušení mrazem také vede ke zvýšení agregátové stability (Oygarden, 2000). Mrazovému vysoušení však bylo v případě experimentu zabráněno. Vzorky byly neprodyšně uzavřeny v plastových dózách. Lehrsche (1997) udává, že míra zmrznutí nemá na SAS žádný. Nevýrazné zvyšování či snižování SAS může poukazovat na nepřesnosti v měření a možné velice malé změny v důsledku mrazových cyklů, které se podobným měřením nedaly uspokojivě zachytit. Především u vzorků z lokalit Luká a Bystřice je vidět závislost stability agregátů na době odběru. Půdní vzorky odebrané v létě vykazují výrazně vyšší stabilitu agregátů narozdíl od vzorků odebraných v období jarního tání. Je tedy zřejmé, že stabilita agregátů v průběhu zimy klesá a následně během vegetačního období roste. Z naměřených výsledků lze usuzovat, že simulované podmínky nebyly vhodně zvoleny.

5 ZÁVĚR

Práce se zabývala posouzením dopadu mrazových jevů na půdní erodovatelnost jako jeden z příčinných faktorů eroze z tání sněhu. Jednou z hlavních charakteristik půdy, která určuje míru erodovatelnosti, je stabilita půdních agregátů. Sledovány byly její změny v důsledku teplotních a vlhkostních změn ex situ. V klimatické komoře byly simulovány 24-hodinové mrazové cykly (-5°C po dobu 12 hodin a $+5^{\circ}\text{C}$ dalších 12 hodin). Procento vodostabilních půdních agregátů bylo stanoveno po odběru a následně po proběhnutí 4, 5, 6 a 7 mrazových cyklů. Závislost stability agregátů na mrazových jevech v půdách je kontroverzním tématem zahraniční literatury. Přestože se mnozí autoři shodují na snižování agregátové stability v důsledku opakovaného zamrznutí a rozmrazení půdy, nebyla tato hypotéza zcela prokázána. Výsledky poukazují na jasný vzrůst stability půdních agregátů v průběhu vegetačního období. V důsledku mrazových jevů simulovaných v laboratorních podmínkách se však hodnoty stability agregátů výrazně neměnily. S ohledem na časovou náročnost změn půdních vlastností je možné se domnívat, že délka mrazového cyklu nebyla vhodně zvolena a nabízí se možnost dalšího zkoumání kryopedologických jevů se zamyšlením nad případnou změnou metodiky.

Poděkování

Príspevek byl zpracován za podpory projektů MŠMT – FAST-J-13-2004 Kryopedologické procesy ve vztahu k erozi z tání sněhu a NAZV Mze - QJ1320157 Erozní procesy a jejich vliv na produkční schopnost půd a navrhování protierozních

opatření v procesu pozemkových úprav. Velký dík patří Ing. Martinu Brtnickému (Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně) za zapůjčení přístroje ke stanovení stability agregátů.

Reference

- [1] KEMPER, W. D., ROSENAU, R. C., 1986. *Aggregate Stability and Size Distribution*. p. 435-436.
- [2] ØYGARDEN, L., 2000. *Monitoring of soil erosion in small agricultural catchments, south – eastern Norway*. Doctor Scientarium Theses 2000:8, p. 167.
- [3] OZTAS, T., FAYETORBAY, F., 2003. *Effect of freezing and thawing processes on soil aggregate stability*. Catena 52, p. 1-8.
- [4] Kværnø, S. H., ØYGARDEN, L., 2006. *The influence of freeze-thaw cycles and soil moisture on aggregate stability of three soils in Norway*. Catena 67, p. 75-182.
- [5] MALENOVÁ, P., TOMAN, F., 2005. *Vliv tání sněhu na míru ohrožení půd erozí*. Dostupné z:
<http://mnet.mendelu.cz/mendelnet2005/articles/enviro/malenova.pdf>
- [6] TOMAN, F., PODHRÁZSKÁ, J., 2002. *Vliv klimatických podmínek na vznik eroze způsobené táním sněhu*. XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference, Lednice na Moravě. ISBN 80-85813-99-8, p. 456-464.
- [7] KANDELER, E., SCHINNER, F., OHLINGER, R., MARGESIN, R., 1996. *Methods in Soil Biology*, ISBN 3-540-59055-2 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, p. 390-395.
- [8] MOSTAGHIMI, S., YOUNG, R. A., WILTTS, A., R., KENIME, A., L., 1988. *Effects of frost action on soil aggregate stability*. Trans. ASAE 31 (2), p. 435 – 439.
- [9] LEHRSCHE, G. A., SOJKA, R. E., CARTER, D. L., JOLLEY, P., M., 1991. *Freezing effects on aggregate stability affected by texture, mineralogy, and organic matter*. Soil Sci. Soc. Am. J. 55, p. 1401 – 1406.

WATER & LANDSCAPE 2014 – CONFERENCE PROCEEDINGS

Team of authors

Publication was supported by SVK 11/14/F1

The papers were peer-reviewed. Language and stylistic corrections weren't applied. The authors are fully responsible for the originality and accuracy of the paper's content.

Imprint:

Editors: Miroslav Bauer, Jan Devátý, Martin Dočkal, Michal Lipták,
Martin Štich, Markéta Vláčilová

Publication name: Sborník příspěvků odborné konference Voda a krajina 2014

Published by: České vysoké učení technické v Praze

Processed by: Fakulta stavební,
Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství

Contact: Fakulta stavební, K143, Thákurova 7, 166 29, Praha 6

Phone: (+420) 224 354 740

Printed by: Česká technika - nakladatelství ČVUT

Address: Žitná 4, 166 36, Praha 6

Number of pages: 236, 1st edition

ISBN 978-80-01-05533-5