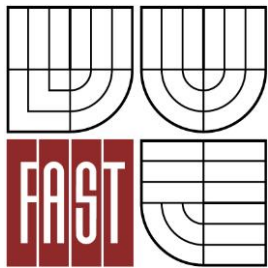




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍCH STAVEB**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

SPLAVENINOVÁ STUDIE TOKU MORAVANSKÝ POTOK VE VAZBĚ NA EXTRÉMNÍ PRŮTOKY A SUCHO

STUDY OF SEDIMENT TRANSPORT MORAVANSKY POTOK FLOW IN RELATION TO
EXTREME FLOWS AND DROUGHT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

VÁCLAV POJSL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Doc. Ing. JAROSLAV VESELÝ, CSc.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Václav Pojsl

Název Splaveninová studie toku Moravanský potok ve vazbě na extrémní průtoky a sucho

Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jaroslav Veselý, CSc.

Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2014

Datum odevzdání bakalářské práce 29. 5. 2015

V Brně dne 30. 11. 2014

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

- Bogardi, J.: Sediment transport in aluvial streams. Akadémiai Kiadó, Budapest 1974.
- Broža, V., Haindl, K., Patera, A.: Provoz vodních děl, ES ČVUT Praha 1989.
- RHOADS, B. L., CAHILL, R. A. (1999). Geomorphological assessment of sediment contamination in an urban stream system. Applied geochemistry 14, pp. 459 – 483
- Směrnice evropského parlamentu a rady 2000/60/es pro činnost Společenství v rámci vodní politiky, 2000. Online:
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:15:05:32000L0060:CS:PDF>
- Veselý, J. a kol.: Splaveninové studie a Souhrnné hodnocení splaveninového průzkumu hlavních toků v Povodí Moravy, s.p.
- DP a práce STČ se zaměřením na průzkum a hodnocení splavenin a plavenin v tocích. Např.: Rožnovský D., 2006
- Hydrologické, projektové a mapové podklady (Povodí, s.p.).

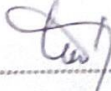
Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Zpracujte splaveninovou studii toku Moravanský potok (č.h.p. 4-15-03-0013) včetně retenčních nádrží z OC FUTURUM po zaústění do Svatky (č.h.p. 4-15-03-001, lokalita nad Bobravou). Zjistěte hydrologické údaje a zabývejte se bilancí transportovaných částic ve vazbě na extrémní průtoky (povodně, sucho). Na základě studia podkladů a rekognoskace terénu vyberte vhodná odběrná místa. Zdokumentujte a proveďte odběry vzorků splavenin, zpracujte jejich granulometrické rozborů včetně křivek zmitosti. Zabývejte se stanovením transportovaného množství. Výsledek porovnejte s dříve zpracovanou bilancí, pokud ji budete mít k dispozici. Formulujte závěry a náměty využitelné pro vlastníky a správce toku. Vypracujte potřebnou výkresovou dokumentaci (situaci, podélný profil, potřebné příčné řezy) s vyznačením odběrných míst a významných objektů ve vazbě na řešenou problematiku.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).


doc. Ing. Jaroslav Veselý, CSc.
Vedoucí bakalářské práce



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce	doc. Ing. Jaroslav Veselý, CSc.
Autor práce	Václav Pojsl
Škola	Vysoké učení technické v Brně
Fakulta	Stavební
Ústav	Ústav vodních staveb
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Název práce	Splaveninová studie toku Moravanský potok ve vazbě na extrémní průtoky a sucho
Název práce v anglickém jazyce	Study of sediment transport Moravanský potok flow in relation to extreme flows and drought
Typ práce	Bakalářská práce
Přidělovaný titul	Bc.
Jazyk práce	Čeština
Datový formát elektronické verze	Pdf
Anotace práce	Úkolem této bakalářské práce je vytvořit splaveninovou studii Moravanského potoka. Studie se v úvodu zaměřuje na popis a fotodokumentaci stavu Moravanského potoka, před úpravou a po úpravě toku. V dalších kapitolách je pojednáno o granulometrickém rozboru na Moravanském potoce včetně výpočtu splavenin. Studie dále popisuje morfologii oblasti a ovlivnění vodohospodářskými poměry. V závěrečné části jsou zhodnoceny zjištěné údaje o stavu Moravanského potoka a doporučení na způsoby snížení sedimentace.

**Anotace práce
v anglickém
jazyce**

This bachelor thesis will concentrate on sediments study of Moravanský potok. In the introduction the study focuses on the description and photographic documentation of the situation of Moravanský potok before and after treatment flow. In following chapters it deals with granulometric analysis of Moravanský potok including the calculation of sediments. The study also describes the morphology of the area and influence by water management ratios. In the final part of the thesis are assessed the survey data of the situation of Moravanský potok and the recommendations how to reduce sedimentation.

Klíčová slova

Splaveniny, extrémní průtoky, sucha, Moravanský potok, granulometrický rozbor

**Klíčová slova v
anglickém
jazyce**

Sediments, extreme flows, droughts, Moravanský potok, granulometric analysis

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 29. 5. 2015

.....
podpis autora
Václav Pojsl

Abstrakt

Úkolem této bakalářské práce je vytvořit splaveninovou studii Moravanského potoka. Studie se v úvodu zaměřuje na popis a fotodokumentaci stavu Moravanského potoka, před úpravou a po úpravě toku. V dalších kapitolách je pojednáno o granulometrickém rozboru na Moravanském potoce včetně výpočtu splavenin. Studie dále popisuje morfologii oblasti a ovlivnění vodohospodářskými poměry. V závěrečné části jsou zhodnoceny zjištěné údaje o stavu Moravanského potoka a doporučení na způsoby snížení sedimentace.

Klíčová slova

Splaveniny, extrémní průtoky, sucha, Moravanský potok, granulometrický rozbor

Abstract

This bachelor thesis will concentrate on sediments study of Moravanský potok. In the introduction the study focuses on the description and photographic documentation of the situation of Moravanský potok before and after treatment flow. In following chapters it deals with granulometric analysis of Moravanský potok including the calculation of sediments. The study also describes the morphology of the area and influence by water management ratios. In the final part of the thesis are assessed the survey data of the situation of Moravanský potok and the recommendations how to reduce sedimentation.

Keywords

Sediments, extreme flows, droughts, Moravanský potok, granulometric analysis

Bibliografická citace VŠKP

Václav Pojsl *Splaveninová studie toku Moravanský potok ve vazbě na extrémní průtoky a sucho*. Brno, 2015. 57 s., 16 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce doc. Ing. Jaroslav Veselý, CSc.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval (a) samostatně a že jsem uvedl (a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 29. 5. 2015

.....
podpis autora
Václav Pojsl

Poděkování

Poděkování bych rád věnoval vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Jaroslavu Veselému, CSc. za odborné, svědomité vedení, pozitivní přístup, jeho věcné poznámky, připomínky a rady vedené na řešenou problematiku související s bakalářskou prací.

Dále bych chtěl poděkovat paní Doc. Ing. Janě Pařílkové, CSc. za nápomocnou činnost při tvorbě laboratorních výstupů. Mé poděkování také patří pracovníkům obecního úřadu obce Moravany, pracovníkům Pöyry Environment a.s. a panu Ing. Jiřímu Janíčkoví za cenné informace o Moravanském potoce.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat rodině za dlouhodobou podporu a své přítelkyni za podporu.

Obsah

1.	Úvod.....	1
2.	Zadání a cíl práce	2
3.	Vybrané údaje o Moravanském potoce a jeho okolí.....	2
3.1.	Obecný popis města Modřice a obce Moravany	2
3.2.	Charakteristika zájmového území Moravanského potoka.....	3
3.3.	Hydrologické údaje Moravanského potoka	4
3.4.	Pedologické poměry zájmového území	5
4.	Popis Moravanského potoka před úpravou, současný nový stav	5
4.1.	Charakteristika Moravanského potoka před úpravou v roce 2014 ..5	
4.2.	Aktuální popis Moravanského potoka, během úpravy toku	10
4.3.	Matematické porovnání kapacity koryta	13
5.	Údaje z katastru nemovitostí České republiky.....	14
5.1.	Rozdělení povodí Moravanského potoka dle KN.....	14
6.	Vysvětlení vybraných hydraulických a hydrologických pojmů.....	15
6.1.	Pojmy splaveniny a plaveniny	15
6.2.	Extrémní průtok	17
6.3.	Extrémní sucho	18
7.	Granulometrický rozbor	19
7.1.	Popis odběru vzorku	19
7.2.	Provedení granulometrického rozboru	20
8.	Vybrané profily na Moravanském potoce pro granulometrický rozbor....	22
8.1.	Odběrný profil - M 1	23
8.2.	Odběrný profil - M 2	26
8.3.	Odběrný profil - M 3	29
8.4.	Zhodnocení a závěr granulometrického rozboru	32
9.	Pohyb splaveninových částic	32
9.1.	Počáteční místo pohybu splavenin	33
9.2.	Sedimentační rychlost.....	33
9.2.1.	Rovnováha unášecích a bránících sil pohybu.....	34
10.	Výpočet splavenin – Moravanský potok.....	36
10.1.	Výpočet průtoku dnových splavenin	36

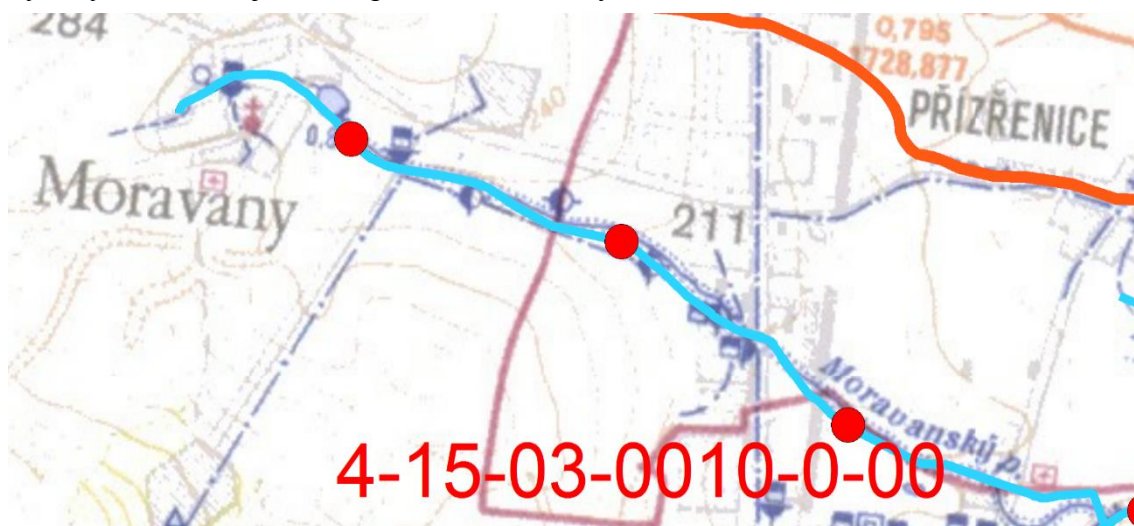
10.1.1.	Výpočet dle Scholkitsche	37
10.1.2.	Výpočet dle Einsteina	38
10.1.3.	Výpočet dle Meyer-Petera	40
10.2.	Výpočet plavenin v profilech M1, M2, M3	42
11.	Drsnost dna vlivem splavenin	44
11.1.	Makrodrsnost dna	44
11.1.1.	Vrásy	45
11.1.2.	Duny	45
11.1.3.	Antiduny	45
11.2.	Mikrodrsnost dna	45
12.	Ohrožení extrémními průtoky na Moravanském potoce	46
12.1.	Ohrožené lokality	47
12.2.	Výstavba protipovodňových zábran	47
13.	Extrémní sucho a dopad na zájmové území	48
13.1.	Eroze půdy	49
14.	Změna koryta vlivem extrémního průtoku a sucha	50
14.1.	Vliv extrémního průtoku na koryto toku	50
14.2.	Vliv extrémního sucha na koryto toku	52
14.3.	Vybrané statě ze Zákona č. 254/2001 Sb.	53
15.	Morfologie oblasti	53
15.1.	Vyústní trať toku	54
15.2.	Vodohospodářské poměry	55
16.	Závěr	56

1. Úvod

Téma této práce jsem si vybral z důvodu mého zájmu o danou problematiku.

Transport splavenin v tocích vlivem síly proudu vody má velký podíl na zanášení a poškození koryta daného toku. V nejčastějších případech dochází v hydraulicky vhodnějších oblastech toku k zanášení koryta, také ke změnám tvaru koryta jak ve směru horizontálním, tak i vertikálním, dále dochází k zmenšení kapacity koryta během případných extrémních průtoků (povodní). Při úvahách revitalizace toku, přestavby toku z hlediska sportovně rekreační plavby a rekreačních účelů obyvatelstva, představuje transport splavenin závažný problém. Z množství splaveninových látek v podstatě vyplývá otázka řešení dlouhodobého udržení tvaru koryta v původním stavu bez zanášení a poškození koryta. K řešení této situace se nabízí dvě možnosti, a to výjimečné těžení nánosů splavenin při minimálním průtoku vody nebo opevnění a stabilizace hydraulicky nevýhodných (namáhaných) úseků koryta toku v případě vysokého podílu transportovaných nebo zanášených splavenin v korytě toku.

Cílem této práce je zpracovat splaveninovou studii Moravanského potoka (dále jen MP) po celé jeho délce (od začátku toku v obci Moravany až po zaústění toku do řeky Svratky), stanovení množství transportovaných částic, dále zjištění hydrologických údajů MP. Součástí této práce byla i práce v terénu, včetně odebrání čtyř vzorků splavenin a jejich laboratorních rozborů. Dále je přiložena projektová dokumentace, včetně zakreslení odběrných míst vzorků splavenin. Ke zhodnocení získaných výsledků jsou využity rovněž údaje o transportu látek měřených ČHMÚ.



2. Zadání a cíl práce

Cíl práce je odvozen ze zadání bakalářské práce s názvem: „Splaveninová studie toku Moravanský potok ve vazbě na extrémní průtoky a sucho“.

V první fázi studie je zapotřebí odebrat granulometrické vzorky z povodí Moravanského potoka, dále je potřeba fotograficky zaznamenat současný stav, zkontrolovat zájmové území a zjistit případné kritické oblasti.

Na základě odebraných vzorků bude zpracována bilance transportovaných částic, od pramene až k místu, kde Moravanský potok ústí do ramene řeky Svratky. Bude zpracována výkresová dokumentace odběrných míst, situace Moravanského potoka. Za účelem získání pokladů k vypracování studie bude navázán kontakt s Obecním úřadem Moravany, Městským úřadem Modřice, Povodím Moravy, společností Pöyry Environment a.s. a dalších orgánů.

3. Vybrané údaje o Moravanském potoce a jeho okolí

3.1. Obecný popis města Modřice a obce Moravany

Město Modřice se nachází v okrese Brno-venkov v Jihomoravském kraji (souřadnice 49.1278386N, 16.6143922E). Leží v těsné blízkosti města Brno, přibližně 1,5 km jižně od města Brna. Modřice jsou umístěny 204 m n. m. a dle katastru nemovitostí, výměra Modřic je 10,05 km². Počet obyvatel k datu 1. 1. 2014 je 4893.

Obec Moravany se nachází v okrese Brno-venkov v Jihomoravském kraji, jižně od města Brno, přibližně 2 km (souřadnice 49.1456497N, 16.5767122E). Moravany leží v 246 m n. m., výměra v katastru nemovitostí je 6,64 km². Počet obyvatel k datu 1. 1. 2014 je 2467.



3.1-2 Poloha města Modřice a obce Moravany [4]

3.2. Charakteristika zájmového území Moravanského potoka

Povodí toku Moravanského potoka (č.h.p. 4-15-03-0013) se nachází v jihovýchodní části České Republiky. Nejvyšším místem v povodí je Kozí hora (356 m. n. m., souřadnice 49.1307297N, 16.5645044E). Nejnižším místem je ústí Moravanského potoka do řeky Svatky (198 m. n. m., souřadnice 49.1356364N, 16.6203078E) v blízkosti města Modřice (souřadnice 49.1360953N, 16.6157983E) v okrese Brno-venkov v Jihomoravském kraji.

Moravanský potok je důležitou součástí morfologie zájmového území, jak z důvodu charakteristiky krajiny, tak i z důvodu ochrany obyvatelstva před povodněmi.

Tok má délku 4,2 km, z poloviny spadá katastrálním územím pod obec Moravany u Brna, z druhé poloviny pod Statutární město Brno. Povodí má přibližnou celkovou rozlohu 0,0156 km².

Moravanský potok je pravostranným přítokem Svatky, resp. náhonu, který se od toku Svatky odděluje u Přízřenic a vlévá se zpět u Modřic. Moravanský potok se do náhonu vlévá na úrovni ř. km 40 toku Svatky. Na svém toku v některých úsecích je zaveden do trub, převážně však teče otevřeným korytem. V současnosti je kapacita zatrubněného úseku i otevřeného koryta nedostatečná a při přívalových deštích dochází k opakovaným záplavám. Na ochranu stávající i budoucí zástavby proti povodním, při přívalových deštích je navrženo vybudování retenční nádrže na toku. Podle Studie odtokových poměru Moravanského potoka (J. Štěpánek, Aquatis a.s., listopad 1998) byl řešen jako suchý poldr k zachycení kulminačních průtoků (transformace povodňové vlny). Správcem toku je Zemědělská vodohospodářská správa, oblast povodí Moravy. [2]

Na začátku toku jsou zřízeny protipovodňová opatření v obci Moravany u Brna (suchý poldr). Dále po směru toku je současný stav koryta ve velmi špatném stavu, velké sedimentační nánosy, eroze břehů, velké množství vegetace přímo v korytě toku. Při povodních dochází k ohrožení zastavěného území, průmyslové zóny Statutárního města Brna a města Modřice.

Na povodí se nachází přibližně na 2,5 km čistírna odpadních vod, dále před vtokem do průmyslové zóny se nacházejí retenční nádrže OC FUTURUM přibližně na 1,8 km.

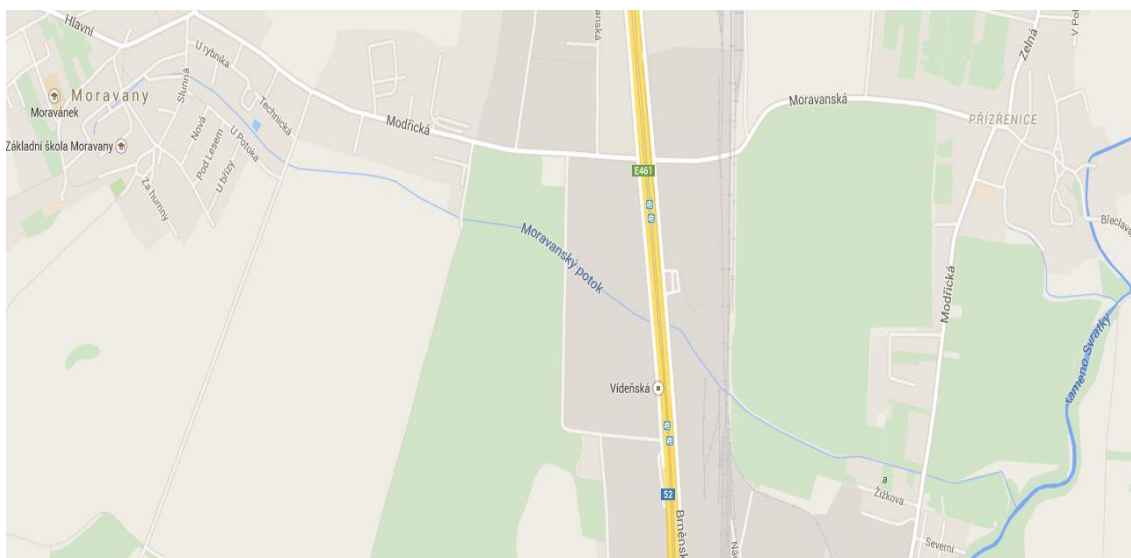
Povodí Moravanského potoka bylo zdokumentováno výkresovou formou v rámci Generel odvodnění města Brna.

V rozsahu celého toku není žádné rekreační využití, v budoucnu se uvažují dle studií rekreační využití toku v blízkosti města Modřice, zároveň dokončení protipovodňových opatření v celé délce povodí.

V současné době dojde k opravě toku v délce přibližně 0,3 km, v místě na pozemku p. č. 470 v k. ú. Přízřenice, který je v majetku Statutárního města Brna, mezi

silničním mostem na ulici Modřická, po zaplacení přístupu k toku. Oprava bude spočívat v opevnění paty a narušených břehů koryta toku rovnaninou z lomového kamene. V řešeném úseku byla v roce 1966 vybudována úprava Moravanského potoka, z původních úprav se dochovaly pouze pozůstatky opevnění lomovým kamenem a polo vegetačními tvárnici. Horní část břehů navazující na kamennou rovnaninu bude vysvahována a oseta. Začátek práce je plánován v druhé polovině roku 2014. [3]

Moravanský potok není významným vodním tokem ve smyslu vyhlášky MZ č. 470/2001 Sb.



3.2-3 Situace Moravanského potoka [4]

3.3. *Hydrologické údaje Moravanského potoka*

Naměřené hydrologické údaje byly stanoveny v rámci projektu GENEREL odvodnění města Brna. V tabulce 3.3-1 *N-leté průtoky Moravanského potoka* [5] jsou zaznamenány N-leté průtoky z obce Moravany a města Modřice. Moravany se nachází na začátku profilu Moravanského potoka. Modřice se nachází na konci zájmového území, při ústí Moravanského potoka do ramene řeky Svatky.

Tabulka 3.3-1 *N-leté průtoky Moravanského potoka* [5]

Tok	Lokalita	Zdroj	N-leté průtoky [m ³ /s]		
			Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀
Moravanský potok	Moravany	GENEREL odvodnění města Brna	3,6	6,7	11,5
Moravanský potok	Modřice	GENEREL odvodnění města Brna	3,8	7,1	12,3

3.4. Pedologické poměry zájmového území

Město Modřice a obec Moravany se nachází na území subprovincie Vněkarpatské sníženiny, geomorfologického celku Dyjsko-svratecký úval. Podloží je tvořeno převážně z hlín, sprašů, štěrků. Vrstva podloží je překryta z velké části fluvialními štěrkopískama s převládajícími valouny křemene, horniny brněnského masívu a krystaliniky z Českomoravské vrchoviny (ruly, granodiority, aplity) a pískovci. Půda je tvořena ze sprašových hlín a hlinitých písků. Mapa půdních typů v zájmovém území Moravanského potoka je součástí 7. přílohy [6].

4. Popis Moravanského potoka před úpravou, současný nový stav

V následujících podkapitolách je uveden popis Moravanského potoka. Podkapitoly líčí stav potoka v roce 2014 před úpravou a také současný stav z roku 2015.

4.1. Charakteristika Moravanského potoka před úpravou v roce 2014

Dne 15. 9. 2014 byl proveden vizuální průzkum terénu zájmového území Moravanského potoka, byly odebrány granulometrické vzorky na třech předem vytipovaných místech, dále byla pořízena fotodokumentace celého toku a získáno několik důležitých informací po prohlídce obce Moravany. Účelem toho průzkumu bylo zjistit aktuální stav povodí daného toku, okolní krajiny, přesné vedení toku v zatrubněné části Moravanského potoka.

Moravanský potok pramení v nejvyšším bodě obce Moravany, kde je již hotova protipovodňová ochrana formou suchého poldru (objem 6000 m³, biotechnická protierozní opatření a mokřad o ploše 812m²).



4.1-4 Suchý poldr v obci Moravany [7]



4.1-5 Suchý poldr v obci Moravany [7]

Obcí Moravany protéká Moravanský potok z velké části v troubě (1xDN1500), na 3,4 km vytéká do obdélníkového, vydlážděného, kamenného koryta. Obec Moravany opouští v upraveném, lichoběžníkovém korytě, které se po 200 metrech mění na velmi špatně udržované, vegetací zarostlé koryto. Po obou stranách břehů potoka jsou vysazeny vzrostlé stromy, jež jsou neudržované a zhoršují přístupnost k břehům. V oblasti jsou z obou stran zemědělské půdy. Z důvodu nevhodné setby, dochází dle výpovědi místních lidí, k smílání orné půdy do potoka. Toto má za následek v dalších částí toku, velký výskyt splavenin.



4.1-6 Lichoběžníkové koryto v obci [7]



4.1-7 Udržované koryto na konci obce [7]

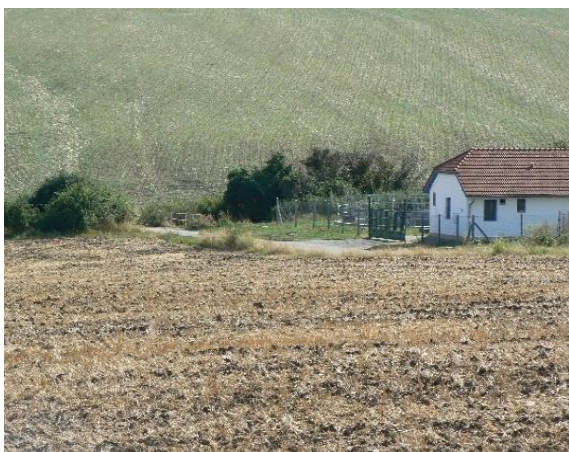


4.1-8 Potok opouští obec Moravany [7]



4.1-9 Zarostlé koryto vegetací za obcí [7]

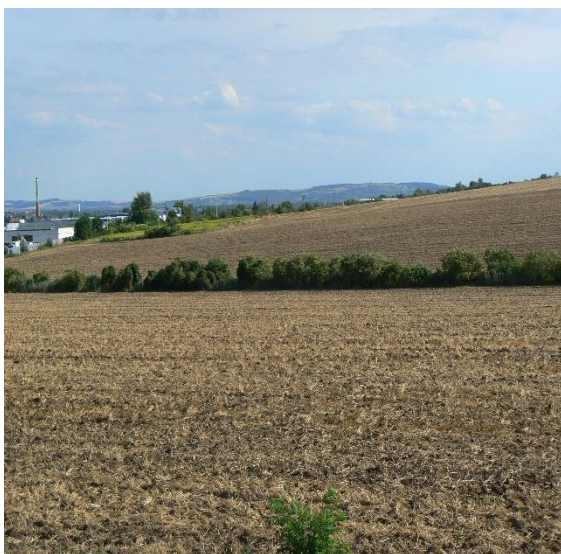
Na 2,5 km je umístěna čistírna odpadních vod, která spadá pod obec Moravany. V těchto místech je rozměr koryta, šířka 8 m a výška 1,9 m. Toto koryto dále pokračuje k průmyslové zóně. Betonové koryto je ve velmi špatném stavu, dochází ke korozi a vyvracení betonových dílů, zanášení kynety. Opět se na obou březích nachází bujná, neudržovaná vegetace. Břehy potoka jsou velmi strmé a hranice břehů je viditelná na velmi malou vzdálenost, což má za následek případné ohrožení člověka, který nebude upozorněn na to, kde se přesně břehy nacházejí.



4.1-10 ČOV na Moravském potoku [7]



4.1-11 Sedimentace v korytě u ČOV [7]



4.1-12 Koryto před průmyslovou oblastí [7]



4.1-13 Vegetace v korytě za ČOV [7]



4.1-14 Zbytky betonového opevnění kynety za ČOV [7]

Od 1,9 km je Moravanský potok pod průmyslovou oblastí zatrubněn až po 1,5 km, 2x DN 1500.

Na 1,5 km vytéká do neupraveného koryta. Při vyústění dochází k vymílání koryta, jsou zde vytvořené ostrůvky ze sedimentů a splavenin (největší podíl na splaveninách mají okolní pole). V těchto místech dochází k vymílání a abrazi břehů, je zde velké riziko sesutí břehů vlivem vymílání. Potok protéká pod železničním a silničním mostkem, kde dochází ke korozi betonové konstrukce mostku. V oblasti jsou koleje, průmyslové sklady a silnice první třídy. Koryto je zde velmi špatně přístupné, místy nebezpečné, břehy jsou velmi zarostlé vegetací a strmé. Šířka koryta v tomto místě je 10 m a výška 3 m.



4.1-15 Výtok z průmyslové oblasti [7]



4.1-16 Poškození konkávního břehu [7]

Dále potok pokračuje zemědělskou oblastí města Modřice. V těchto místech je koryto ve velmi špatné stavu, vegetace v korytě brání volnému průtoku vody, v některých úsecích jsou spadlé stromy a větve do koryta toku. Po celé délce se místy tvoří ostrůvky ze sedimentů a splavenin. Místy dochází k vymílání břehů. V oblasti jsou pole a rekreační zástavba.



4.1-17 Špatný stav břehů - vegetace[7]



4.1-18 Vymílání břehů - sedimentace[7]

Ve městě Modřice, je řečiště 200 metrů v obdélníkovém, betonovém korytě, bez povrchové úpravy. Dále je koryto lichoběžníkové, mírně udržované. Kolem toku vede polní cesta, která končí se zaústěním potoka do ramene Svratky. Před vyústěním do ramene Svratky, meandr potoka prudce zatáčí. V tomto místě dochází k nánosům splavenin a vymílání břehů. Místy je velmi bujná vegetace, která brání volnému průtoku. Po obou stranách je břeh velmi zarostlý vegetací a špatně dostupný. V okolí jsou pole v mírném sklonu ke korytu potoka. Dle historických záznamů dochází při extrémních průtocích k zaplavení obydleného území města Modřice. V budoucnu je plánována protipovodňová ochrana města Modřice. Zatím jsou pouze studie v rámci GENERELU města Brna. Rozměr koryta při ústí do ramene Svratky je šířka 7 m a výška 2,5 m.



4.1-20 Obdélníkové betonové koryto[7]



4.1-21 Vegetace v místě koryta u Modřic[7]

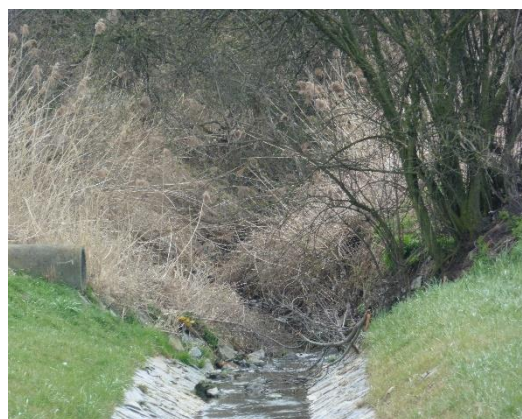


4.1-22 Napojení potoka do ramene Svratky[7]

4.2. Aktuální popis Moravanského potoka, během úpravy toku

Dne 4. 3. 2015 byla provedena vizuální prohlídka povodí Moravanského potoka, za účelem získání informací o aktuálním stavu toku a získání aktuální fotodokumentace.

V obci Moravany byla zjištěna úprava zeleně a vegetace v místě retenční nádrže, došlo k redukci orobince a ostatní vegetace za účelem údržby povodí. V místě kde opouští potok obec Moravany, byla též vegetace zredukována a upravena, za účelem lepšího odtoku vody při extrémních průtocích. Redukce vegetace končí s hranicemi obce Moravany a dále je potok ve velmi špatném stavu, s velkým množstvím vegetace, zasahující do koryta. Tato úprava vegetace v místě, kde potok opouští obec, ztrácí účel z důvodu zanedbání údržby koryta, dále za hranicí obce. V extrémní situaci (v případě extrémních průtoků) může dojít k zatopení obytné části Moravan a ohrožení občanů, v blízkosti potoka.



4.2-23 Retenční nádrž s redukcí orobince[7] 4.2-24 Potok opouští obec Moravany[7]

Dále je koryto potoka až k průmyslové oblasti, lehce udržované, s vegetací bránící průtoku.



4.2-25 Koryto potoka před průmyslovou oblastí[7]

U výtoku z průmyslové oblasti došlo k celkové revitalizaci toku. Koryto toku bylo upraveno. Břehy potoka jsou nyní vysvahovány, bez opevnění břehů. V místě, kde tok mění směr (výtok potoka z průmyslové oblasti je o 10 metrů posunut oproti mapovým podkladům a nyní je tento problém řešen prudkou změnou koryta do původního místa toku) jsou umístěny betonové desky, bez upevnění, v případě extrémního průtoku dojde k jejich uvolnění a vymílání kritických míst koryta. Po revitalizaci toku, je koryto stále velmi náchylné na erozi břehů, vlivem větších průtoků. Stále dochází k tvoření ostrůvků ze splavenin a plavenin.



4.2-26 Opevnění konkávního břehu[7]



4.2-27 Výtok z průmyslové oblasti[7]

Na území města Modřice je potok celkově revitalizován, u vstupu potoka do ramene Svratky probíhá výstavba nádrže s možným rekreačním využitím. U náhonu do nádrže je proveden kamenný pohoz (1 metr od náhonu do nádrže na obě strany břehů), zatím nebyla provedena stabilizace břehů vhodnou vegetací, kritická místa, konkávní břeh potoka, je stále bez opevnění. V průběhu prohlídky byly břehy toku vysvahovány zeminou bez opevnění břehů. Při extrémních průtocích může dojít k erozi koryta. Zřízení vodní nádrže bude do budoucna přispívat k zásobě vody v případě sucha a k možné rekreaci obyvatel Modřic.



4.2-28 Oblouk toku ve městě Modřice[7]



4.2-29 Vtok do vodní nádrže[7]



4.2-30 Vodní nádrž na Moravanském potoce ve městě Modřice[7]

4.3. Matematické porovnání kapacity koryta

Matematické porovnání kapacity koryta v místě výtoku Moravanského potoka z obce Moravany (km 3,36-3,4). Porovnání upraveného a neupraveného koryta. Jedná se o teoretický výpočet kapacity koryta při plném zatopení.

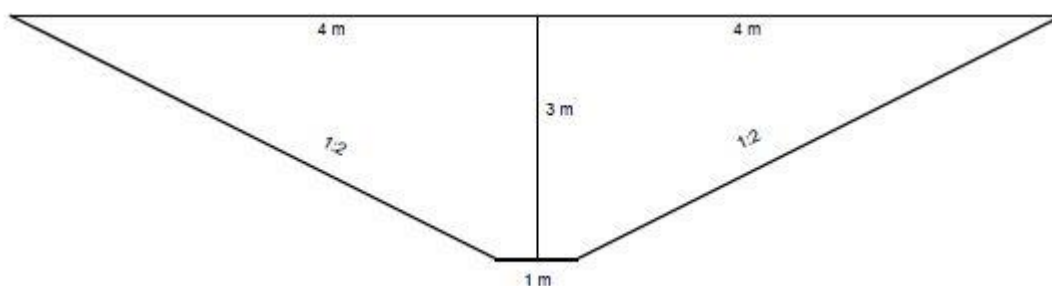
Tabulka 4.3-1 Matematický výpočet kapacity koryta

ŘEZY	A [m ²]	O [m]	R [m]	C	i	v [m/s]	Q [m ³ /s]
1	28	17,48	1,60	20,41	0,00012	0,28	7,92
2	21	14,42	1,46	10,65	0,00012	0,14	2,96

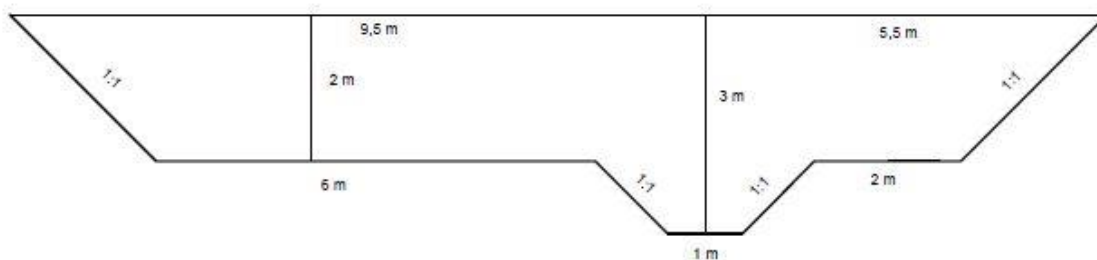
$$n_p = 0,053 \quad R = A/O \quad C = R^{1/6}/n \quad v = c^*(R*i)^{0,5}$$

$$n_p = 0,1$$

Řez neupraveným korytem s nadměrnou vegetací
km 3,360



Řez upraveným korytem na území obce Moravany
km 3,400



Závěr:

Z výpočtů je patrné, že kapacita koryta se mění o více jak 50%. Z toho vyplývá, že v případě extrémních průtoků dojde k zahlcení koryta a rozlití vody do obytné části obce Moravany.

5. Údaje z katastru nemovitostí České republiky

Katastr nemovitostí České republiky (dále KN) je soubor údajů o nemovitostech v České republice zahrnující jejich soupis a popis a jejich geometrické a polohové určení. Jeho součástí je evidence vlastnických a jiných věcných práv a dalších, zákonem stanovených, práv k těmto nemovitostem. KN obsahuje řadu důležitých údajů o pozemcích a vybraných stavbách a o jejich vlastnících. KN je zdrojem informací, které slouží k ochraně práv k nemovitostem, pro daňové a poplatkové účely, k ochraně životního prostředí, zemědělského a lesního půdního fondu, nerostného bohatství, kulturních památek, pro rozvoj území, k oceňování nemovitostí, pro účely vědecké, hospodářské a statistické a pro tvorbu dalších informačních systémů. [9]

Je veden jako informační systém o území České republiky převážně počítačovými prostředky, kde základní územní jednotkou je katastrální území a jeho operát mimo jiné tvoří:

- Soubor geodetických informací, který zahrnuje katastrální mapu (včetně jejího číselného vyjádření ve stanovených katastrálních územích).
- Soubor popisných informací, který zahrnuje údaje o katastrálních územích, o parcelách, o stavbách, o bytech a nebytových prostorech, o vlastnících a jiných oprávněných, o právních vztazích a právech a skutečnostech, stanovených zákonem.

5.1. Rozdělení povodí Moravanského potoka dle KN

Na území obce Moravan patří potok pod katastrální území (dále KÚ) Moravany u Brna (698504). Suchá retenční nádrž km 4,200, je vedena v KN jako orná půda, s omezením vlastnického práva typu: Věcné břemeno zřizování a provozování vedení. Dále je potok veden v KN jako vodní plocha, koryto vodního toku přirozené nebo upravené, na většině povodí na území obce Moravany je omezení vlastnického práva typu: Věcné břemeno zřizování a provozování vedení. Od dětského hřiště km 3, 423 v Moravanech je potok veden jako vodní plocha, koryto vodního toku umělé, bez omezení vlastnického práva. Vlastnické právo Moravanského potoka spadá po čističku odpadních vod km 2, 300, pod obec Moravany u Brna. Dále koryto potoka spadá dle KN pod KÚ Přízřenice (612146) až po průmyslovou oblast km 1,900, vedeno jako vodní plocha, vlastnické právo Česká republika, právo hospodařit Povodí Moravy, pozemek je omezen vlastnickým právem typu: Věcné břemeno. Na území průmyslové oblasti nelze přesně dohledat polohu potoka, není zde zaměřena. Po vyústění potoka za průmyslovou oblastí km 1,400, patří právo hospodařit s majetkem státu Správě železničních dopravních cest, pozemek je veden jako ostatní plocha.

Na km 1,300 došlo z neznámých důvodů k špatnému zaměření potoka, vyústění potoka je přibližně o 35 metrů dál, oproti KN. Potok vyústí na pozemku soukromého

vlastníka Naviero, s.r.o., plocha je vedena jako ostatní plocha s manipulačním využitím. Na tomto pozemku nejsou žádná omezení vlastnického práva a není zde potok nijak zaznamenan. V budoucnu může dojít k právní neshodě s vlastníkem pozemku, pokud nebude potok zaznamenan do KN dle skutečného stavu. Hned po vyústění potoka, je koryto prudce zaoblno a navráčeno do pozemků dle KN.

Od železničního mostu km 1,150 je území koryta potoka v soukromém vlastnictví více vlastníků, KÚ Modřice (697931), pozemky jsou vedeny jako trvalý travní porost, pozemky jsou bez omezení vlastnického práva. Od km 0,900 je potok na území KÚ Přízřenice (612146), vlastnické právo má Statutární město Brno, pozemek je veden jako ostatní plocha, omezení vlastnického práva je věcné břemeno oprav a údržby. Od silničního mostu km 0,400, vlastnické právo na pozemek má Česká republika, právo hospodařit s majetkem státu Povodí Moravy, pozemek veden v KN jako orná půda. Od km 0,300 – 0,100, vlastnické právo na pozemek patří Statutárnímu městu Brno, druh pozemku dle KN je ostatní plocha. V zaoblání potoka km 0,100 – 0,000 po vyústění potoka do ramene Svatky, vlastnické právo patří městu Modřice, KÚ Modřice (697931), s omezením vlastnického práva typu věcné břemeno zřizování a provozování vedení, pozemek je veden jako orná půda.

Území Moravského potoka je z velké části zaneseno v KN a případně opatřeno omezením vlastnických práv. Na povodí se však vyskytují případy špatného zaměření, nezanesení věcných břemen a tím nemožnost údržby povodí, v nejhorším případě potok zasahuje korytem na soukromý pozemek bez záznamu v KN. Do budoucna by se toto mělo zlepšit smlouvami s vlastníky pozemků, do nichž zasahuje koryto Moravského potoka, z důvodů údržby a revitalizace. Pokud nebude tato situace nijak řešena, může dojít k zhoršení stavu koryta a právnickým rozepřím o úpravu toku.

Bližší informace lze nalézt ve *vykresové dokumentaci* [10] nebo na internetovém prohlížení programu Českého úřadu zeměměřického a katastrálního, Marushka, jedná se o nahlížení do KN včetně mapových podkladů, informací o vlastnicích pozemků a dalších omezeních týkajících se pozemků.

6. Vysvětlení vybraných hydraulických a hydrologických pojmů

V kapitole jsou obecně vysvětleny pojmy splaveniny, plaveniny, extrémní průtoky, extrémní sucho a s nim související pojmy.

6.1. Pojmy splaveniny a plaveniny

Průtok splavenin je vyjádřen v (m^2/s), tedy v jednotkách objemu transportovaných sedimentů za jednotku času a vztažených na jednotku šířky.

Pojem splavenina vyjadřuje částice látek minerálního nebo organického původu, přemísťovaného povrchovou tekoucí vodou. Částice jsou unášeny vodním proudem nebo

se pohybují po dně koryta toku v závislosti na unášející schopnosti. Odolnost koryta závisí na typu hornin, které tvoří okolí řeky, a na jejich vlastnostech.

Z uvedených informací lze vyvodit, že délka vodního toku, šířka koryta, hloubka a sklon, průtok a rychlost jsou navzájem na sobě závislé veličiny a tvoří otevřený systém.

Pro erozní činnost vodních toků má největší význam hrubý materiál dopravovaný po dně koryta. Materiál je po dně posouván, převalován anebo se pohybuje skoky. Největší množství materiálu určité velikosti, které řeka může dopravovat jako splaveniny na dně, se nazývá unášecí kapacita toku. Největší průměr částic, které tok může dopravovat po dně jako splaveninu, udává unášecí rychlost toku. Unášecí kapacita a schopnost vzrůstá s vodností a rychlostí toku. Proto činitele, kteří ovlivňují rychlost, jako je sklon koryta a jeho drsnost, zakřivenost, rovněž ovlivňují unášecí kapacitu a schopnost.

Plaveniny se skládají z částic jemnějších, jejichž usazovací rychlost je menší než síly turbulence vodního toku. Náleží do oblasti disperzních soustav, u nichž dochází k rozptýlení jedné látky uvnitř druhé. Základním pojmem vyjadřujícím kvantitativní zastoupení plavenin ve vodě je koncentrace plavenin (C), to znamená hmotnost plavenin v jednotkovém objemu vody (obvykle $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$). [8]

Pro lepší názornost při zařazení splavenin do určitých skupin dle velikosti zrn, slouží tabulka 6.1-1.

Tabulka 6.1-1 *Zařazení splavenin dle velikosti zrn*

Název	Rozměr zrna
	(mm)
Velmi velké balvany	4000 - 2000
Velké balvany	2000 - 1000
Středně velké balvany	1000 - 500
Malé balvany	500 - 250
Velké valouny	250 - 130
Malé valouny	130 - 64
Velmi hrubý štěrk	64 - 32
Hrubý štěrk	32 - 16
Středně hrubý štěrk	16 - 8
Jemný štěrk	8 - 4
Velmi hrubý písek	4 - 1
Hrubý písek	1 - 0,5
Středně hrubý písek	0,5 - 0,25
Jemný písek	0,25 - 0,125
Velmi jemný písek	0,125 - 0,062
Hrubý prach	0,062 - 0,031
Středně hrubý prach	0,031 - 0,016
Jemný prach	0,016 - 0,008
Velmi jemný prach	0,008 - 0,004

Hrubý jíl	0,004 - 0,002
Středně hrubý jíl	0,002 - 0,001
Jemný jíl	0,001 - 0,0005
Velmi jemný jíl	0,0005 - 0,00024

Hranice mezi splaveninami a plaveninami obvykle rozlišujeme podle velikosti efektivního zrna- d_{ef} . Za splaveniny pak považujeme materiál s $d_{ef} > 0,1$ mm, za plaveniny materiál s $d_{ef} < 5$ mm. Se změnou průtoku, příčného profilu koryta i tvaru částic a zrn se mohou splaveniny stát plaveninami a naopak plaveniny splaveninami.

Mezi plaveninami a splaveninami nelze definovat přesnou hranice. Širší hranici tvoří písky s velikostí částic v rozmezí od 0,05-7 mm. Závisí na hydraulické povaze vodního proudu a zejména na unášecí síle. Některá zrna mohou být v určité fázi posouvána po dně a unášena proudem vody. Částice podléhají kvantitativním, ale i kvalitativním přeměnám (např. obroušení, rozpadání, sedimentacím apod.). Kvalitativní změna se projevuje ve změně způsobu pohybu částice, to lze vyjádřit jako přechod ze splaveninového režimu do režimu plaveninového. [8]

6.2. *Extrémní průtok*

Pojem extrémní průtoky lze označit jako povodně. V případě extrémních průtoků dochází k úplnému naplnění kapacity koryta a k rozlití mimo koryto potoka, případné zatopení přilehlé oblasti povodí. Průtok se obecně značí Q a udává se v ($m^3 \cdot s^{-1}$), lze vyjádřit jako objemový průtok vody v daném profilu vodního toku. Vyjadřuje objem vody, který proteče určitým profilem vodního toku za jednotku času. Maximální nebo extrémní průtok se značí jako N-letý průtok, představuje takový extrémní průtok, který je dlouhodobě dosažen nebo překročen jednou za N let. Pro odvození N-letých průtoků se vychází z čáry překročení maximálních ročních průtoků, která byla získána pozorováním a dlouho dobým měřením na toku.

Povodeň definujeme jako přírodní jev způsobený rozlitím nadměrného množství vody mimo oblast koryta toku, případně dochází k zatopení okolních oblastí. Dle vodního zákona č. 254/2001 Sb. ve znění zákona č. 150/2011 se rozumí přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody. U nás se povodně vyskytují většinou v případě způsobení prudkého nárůstu vody nad kapacitu koryta a v takovém případě je povodní zasažen delší úsek toku. V určitých specifických situacích může být rozliv pouze lokální způsobený přehrazením nebo zúžením koryta řeky. Příčiny většiny povodní mají přírodní charakter - způsobuje je silný déšť, tání sněhu nebo zahrazení koryta ledovou bariérou. Mohou se vyskytnout ale také tzv. "zvláštní povodně", které jsou vyvolané například protržením přehrady nádrže nebo ochranné hráze. Tyto povodně

bývají většinou spojené s výskytem přirozeného nárůstu průtoku, ovšem škody, které zvláštní povodně vyvolávají jsou vždy větší, než při přirozeném rozlivu. [11]

Naprostou většinu povodní, které se vyskytují na našem území lze zařadit mezi jednu ze čtyř kategorií:

- Povodně z tání sněhu
- Ledové povodně
- Dešťové povodně
- Přívalové povodně

Při povodních dochází k sedimentacím v korytě, velkou unášecí silou jsou unášeny nebo posouvány velké kusy zemin a kamení, po zmírnění průtoků dochází k vytvoření sedimentačních ostrůvků a zmenšení kapacity koryta. V mnoha případech dochází k poškození majetku obyvatel v záplavovém území toku a škody jsou i na okolní vegetaci, která je vlivem unášecí síly extrémního průtoku poničena nebo odstraněna.

6.3. Extrémní sucho

Pojem sucho je velmi neurčitý, avšak v meteorologii často užívaný pojem, znamenající v zásadě nedostatek vody v půdě, rostlinách nebo i v atmosféře. Jednotná kritéria pro kvantitativní vymezení neexistují s ohledem na rozmanitá hlediska meteorologická, hydrologická, zemědělská, pedologická, bioklimatologická a celou řadu dalších podmínek i s ohledem na škody v různých oblastech národního hospodářství. Vyjadřujeme ho pomocí různých klimatologických indexů. Sucho hydrologické je sucho definované pro povrchové toky určitým počtem za sebou jdoucích dní týdnů, měsíců i roků s výskytem relativně velmi nízkých průtoků vzhledem k dlouhodobým měsíčním či ročním normálům. [11]

Extrémní sucho můžeme definovat jako minimální průtok vody v korytě toku, v extrémních případech může dojít k úplnému vyschnutí koryta a způsobení eroze břehů. Tento jev má velký vliv na okolní vegetaci a ovzduší, přispívá k prašnosti ovzduší, usychání vegetace v okolí povodí. A odkrývání sedimentačních ostrůvků v korytě toku, usazení plavenin a zmenšení kapacity koryta. V dlouhodobém případě může dojít k zásahu vegetace do koryta toku a tím snížením kapacity koryta. Sucho přispívá ke zvýšení sedimentace toku, dochází k vysychání zemin a při zvýšeném průtoku k stoupající sedimentaci a tím zanášení koryta.

Sucho lze rozdělit do skupin dle ČHMÚ, viz následující rozdělení.

Rozdělení sucha dle ČHMÚ:

- *Sucho meteorologické* – Definované nejčastěji časovými a prostorovými srážkovými poměry, např. výskytem suchého nebo vyprahlého období.
- *Sucho agronomické* - Nedostatek vody v půdě, ovlivněný předchozím nebo ještě nadále trvajícím výskytem meteorologického sucha.
- *Sucho hydrologické* – Sucho definované pro povrchové toky určitým počtem za sebou jdoucích dní týdnů, měsíců i roků s výskytem relativně velmi nízkých průtoků vzhledem k dlouhodobým měsíčním či ročním normálům.
- *Sucho socioekonomické* – Sucho, snad vhodněji nedostatek pitné vody pro obyvatele, užitkové vody pro průmysl, nemožnost využívat hydroelektrárny apod. [11]

7. Granulometrický rozbor

Stanovení zrnitosti dnového materiálu spočívá v prosévání jeho vzorku sadou normových sít, vážením zbytků na sítěch a stanovení jejich hmotnostního podílu za pomoci digitální váhy a výpočtu. Stanovení zrnitosti bylo provedeno v laboratorních podmínkách na VUT FAST v Brně. Jde tedy o roztřídění a oddělení materiálu (odebrané vzorky na daném toku) pomocí zkušební sady sít se sestupnou velikostí čtvercových otvorů ve dně sít. Sada sít je uspořádána nad sebou vzestupně dle velikosti ok sít, velikosti ok v sítěch jsou uvedeny v tabulce 7-1.

Tabulka 7-1 Rozměry čtvercových ok zkušební sady sít

Označení sít	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rozměr ok (mm)	0,063	0,125	0,250	0,500	1,000	2,000	4,000	8,000	16,000	32,000

7.1. Popis odběru vzorku

Vhodné místo na odběr vzorku v předem vytipovaném, charakteristickém úseku toku, např. sedimentační ostrůvky, neporušené splaveninové útvary v obloucích toku (v konvexe i v konkávě). Odběr se provádí nejlépe za příznivých povětrnostních podmínek a za nízkého stavu vodního průtoku, nejlépe v začátku letního období. Vhodným nástrojem, např. lopatou, sejmeme splaveninové vzorky tvořící horní vrstvu dna koryta a poté spodek splaveninového útvaru.

7.2. *Provedení granulometrického rozboru*

Granulometrický rozbor byl proveden v laboratořích VUT FAST v Brně.

Odebrané vzorky se vysuší při teplotě 105°C v kovových otevřených krabicích v sušárně po dobu 24 hodin. Po vysušení a vychladnutí vzorků následuje sestavení zkušební sady normových sít a nasypání části vzorku na nejhornější síto, s největším průměrem ok síta. Dále se vzorek prosévá pomocí vibračního mechanického stroje, vždy po dobu dvou minut. Následně se zváží zbytky vzorku na sítěch, hmotnosti příslušných skupin se sečtou a zaznamenají se data do tabulky. Údaje hmotností zůstatků na jednotlivých sítěch v závislosti na celkové hmotnosti vzorku jsou výsledkem zrnitostního rozboru a zároveň podkladem pro zpracování zrnitostní křivky.

Výsledným zpracováním získaných dat hmotnostních podílů zůstatků vzorků na sítěch se získá granulometrická křivka, též nazývaná křivka zrnitosti. Ta udává procentuální zastoupení jednotlivých frakcí, to znamená celkové zrnitostní složení zkušební vzorku. [12]

Z křivky zrnitosti se především určuje velikost efektivního zrna, která charakterizuje celkovou zrnitost. Efektivní zrno je představitelem křivky zrnitosti, a proto je velmi důležitým údajem pro další výpočty např. drsnosti, odolnosti dna toku apod.

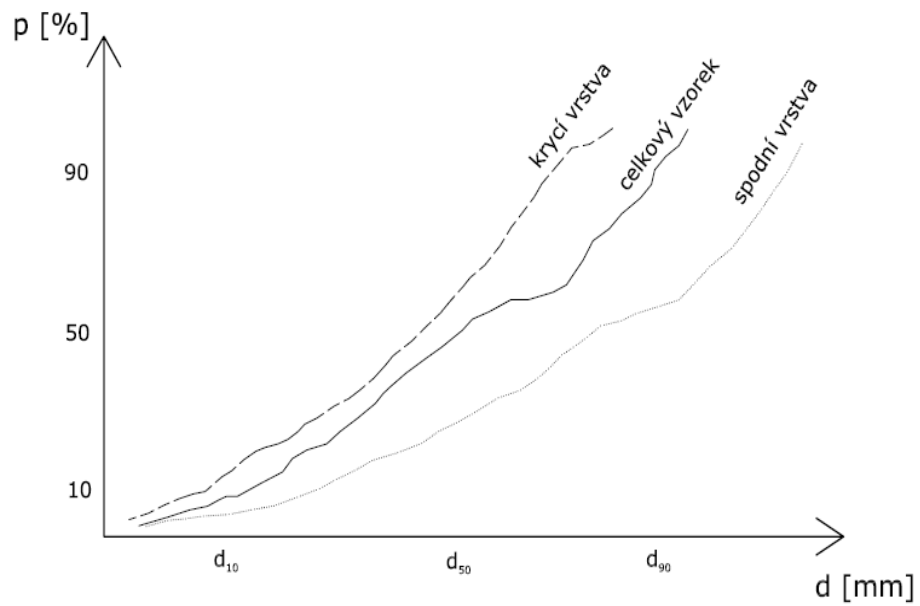
$$d_{\text{ef}} = \frac{\sum (d_i \cdot p_i)}{100} \quad (1)$$

Kde: d_i ... aritmetický průměr velikosti zrn i -té frakce
 p_i ... procentuální podíl i -té frakce

Další významnou veličinou, která vyjadřuje rozsah zrnitosti je poměr velikostí zrn 60%-ního a 10%-ního propadu. Tento poměr se nazývá číslo stejnozrnnosti. [13]

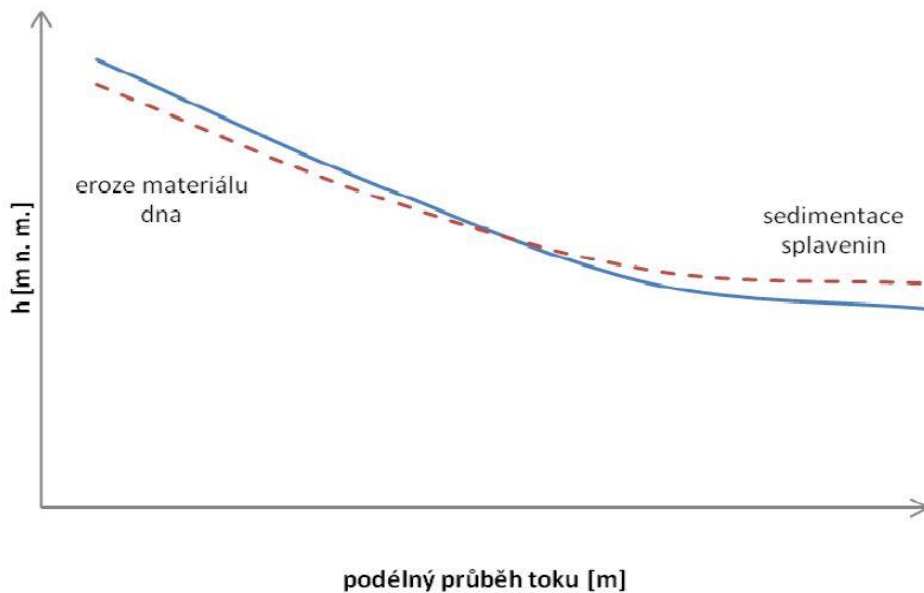
$$c_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (2)$$

Kde: d_{60} ... velikost zrna odpovídající 60 % propadu síta
 d_{10} ... velikost zrna odpovídající 10 % propadu síta



7.2-31 Schématické znázornění křivek zrnitosti[13]

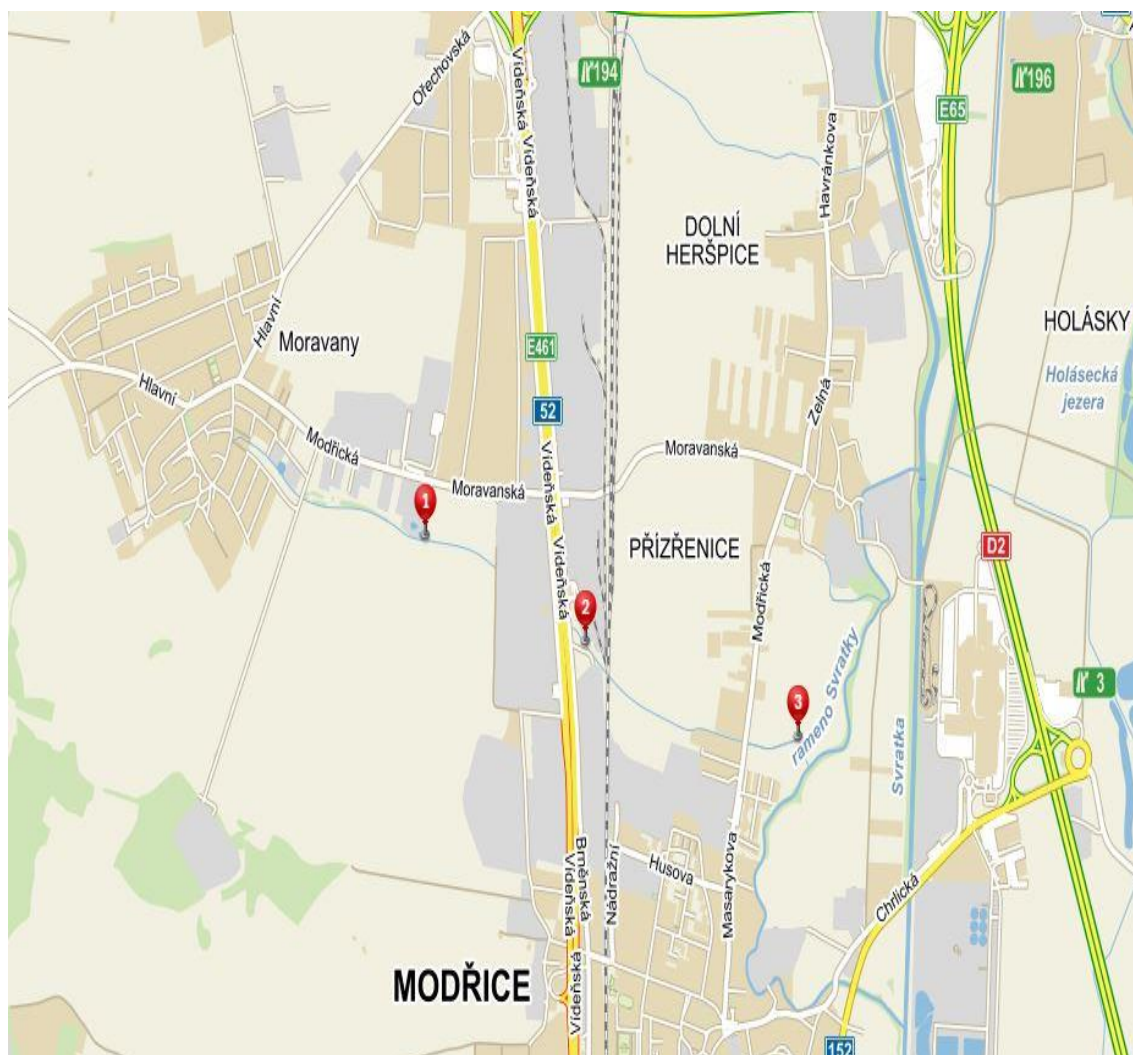
Na obrázku 7.2-32, je znázorněn graf podélného vývoje dna toku při transportu splavenin. Toto schéma znamená globálně znázorněnou erozi materiálu dna na horním toku a následnou sedimentaci na toku dolním. Ve střední části toku se výšková úroveň dna teoreticky nemění.



7.2-32 Schématické znázornění podélného vývoje dna při transportu splavenin[13]

8. Vybrané profily na Moravanském potoce pro granulometrický rozbor

Dne 17. 10. 2013 byl proveden vizuální průzkum terénu, byla pořízena fotodokumentace, poté odebrány vzorky zeminy ze dna toku ve třech předem vytipovaných, kritických profilech, všechny vzorky byly odebrány na Moravanském potoce. Cílem průzkumu bylo zjistit aktuální stav koryta potoka a jeho okolí. Vizuální průzkum cílil ke kontrole stavu koryta. Hlavní účel návštěvy spočíval v odebrání vzorků ke stanovení granulometrického rozboru.



8-33 Odběrné profily na Moravanském potoce [4]

8.1. *Odběrný profil - M 1*

V prvním profilu (M1) byl odebrán vzorek č. 1, cca 50 metrů za ČOV, při levém břehu Moravanského potoka. Profil se nachází ve staničení na 2,53 km. Rozměry potoka jsou ve dně 0,50 m, kóta dna je ve výšce 221,89 m. n. m., hladina je stanovená na 221,98 m. n. m. Koryto je lichoběžníkového tvaru. Sklony svahů jsou 1:2, levý břeh má kótu 223,79 m. n. m. a při pravém břehu je sklon 1:2, kóta pravého břehu 223,59 m. n. m. Po obou březích se nachází bujná vegetace (traviny, stromový porost), dále se při levém i pravém břehu nachází zemědělská pole.



8.1-34 *Betonový most nad místem odběru [4]*



8.1-35 *Místo odběru vzorku M1 [4]*

Tabulka 8.1-1 Popis vzorku M1 se zrnitostním složením

Granulometrický rozbor

Identifikační data vzorku:

Povodí: Morava
 Tok: Moravanský potok
 Č. h. p.: 4-15-03-0013
 Kilometr: 2,53 km
 Označení vzorku: M1

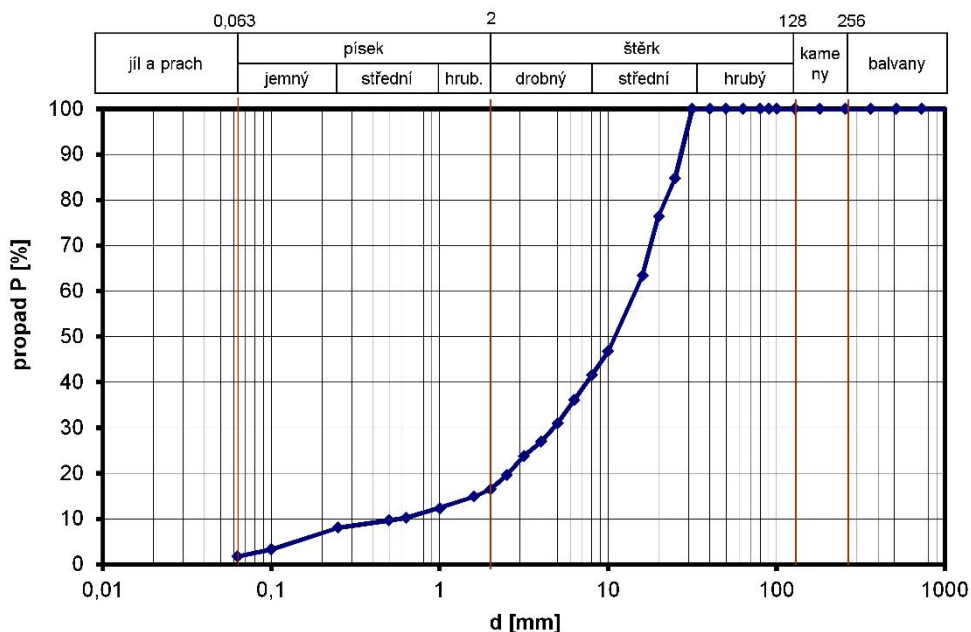
Hmotnost vysušeného vzorku:

m	1121,9	[g]
---	--------	-----

Stanovení zrnitosti vzorku

	frakce [mm]	m _{frakce} [g]	m _{složky} [g]
jíl a prach	0	18,9	18,9
písek	0,063	17,8	166,3
	0,1	54,1	
	0,25	17,7	
	0,5	6,5	
	0,63	23,7	
	1	28,2	
	1,6	18,3	
štěrk	2	34,3	936,7
	2,5	47,4	
	3,15	35,6	
	4	45	
	5	57,8	
	6,3	60,7	
	8	58,8	
	10	186,6	
	16	145,8	
	20	94,3	
	25	170,4	
	31,5	0	
	40	0	
	50	0	
	63	0	
80	0		
90	0		
100	0		
kameny	128	0	0
	181	0	
balvany	256	0	0
	362	0	
	512	0	
	724	0	
	1024	0	

Granulometrická křivka vzorku



Tabulka 8.1-2 Granulometrická křivka vzorku M1

Procentuální zastoupení složek zeminy ve vzorku

jíl a prach	písek			štěrk			kameny	balvany
	jemný	střední	hrubý	drobný	střední	hrubý		
1,7 %	14,8 %			83,5 %			0 %	0 %
	6,4 %	4,3 %	4,1 %	25 %	58,5 %	0 %		

Procentuální zastoupení frakcí zeminy menších než d

<d [mm]	0,063	0,25	1	2	8	32	128	256
P [%]	1,7	8,1	12,4	16,5	41,5	100,0	100,0	100,0

Průměr efektivního zrna

d_{ef}	12,4	[mm]
$P_{d_{ef}}$	53,5	[%]

Charakteristická čísla

C_U	25,7	[-]
C_C	2,7	[-]

Charakteristické hodnoty zrn vzorku

d_{10}	0,6	[mm]
d_{15}	1,6	[mm]
d_{30}	4,8	[mm]
d_{50}	11,2	[mm]
d_{60}	14,8	[mm]
d_{85}	25,1	[mm]
d_{90}	27,2	[mm]

Vzorek je: štěrkovitý nestejnzrný dobře zrněný

Tabulka 8.1-2 Zrnitostní charakter vzorku M1

Po přezkoumání vzorku M1 v laboratorních podmínkách jsem stanovil, že vzorek M1 má zpočátku nerovnoměrnou (dáno větším obsahem složek štěrku- středního), dále velmi hladkou granulometrickou křivku ukazující zastoupení částic ve vzorku dle grafu 8.1-1. Efektivní zrno vzorku d_{ef} má průměr 12,4 mm. Další hodnoty M1 jsou v tabulce 8.1-2. Vzorek M1 je štěrkovitý, nestejnzrný, dobře zrněný.

8.2. *Odběrný profil - M 2*

V druhém profilu (M2) byl odebrán vzorek č. 2, cca 350 metrů za silničním mostem, při pravém břehu Moravanského potoka. Profil se nachází ve staničení na 1,35 km. Rozměry potoka jsou ve dně 0,50 m, kóta dna je ve výšce 206,00 m. n. m., hladina je stanovená na 206,5 m. n. m. Koryto je lichoběžníkového tvaru. Sklony svahů jsou 1:1,125, levý břeh má kótu 210,8 m. n. m. a při pravém břehu je sklon 1:1,125, kóta pravého břehu 210,7 m. n. m. Po obou březích se nachází bujná vegetace (traviny, stromový porost), dále se při levém břehu se nachází asfaltová silnice a při pravém břehu je průmyslové skladiště.



8.2-36 *Skladiště při pravém břehu [4]*



8.2-37 *Místo odběru vzorku M2 [4]*

Tabulka 8.2-1 Popis vzorku M2 se zrnitostním složením

Granulometrický rozbor

Identifikační data vzorku:

Povodí: Morava
 Tok: Moravanský potok
 Č. h. p.: 4-15-03-0013
 Kilometr: 1,35 km
 Označení vzorku: M2

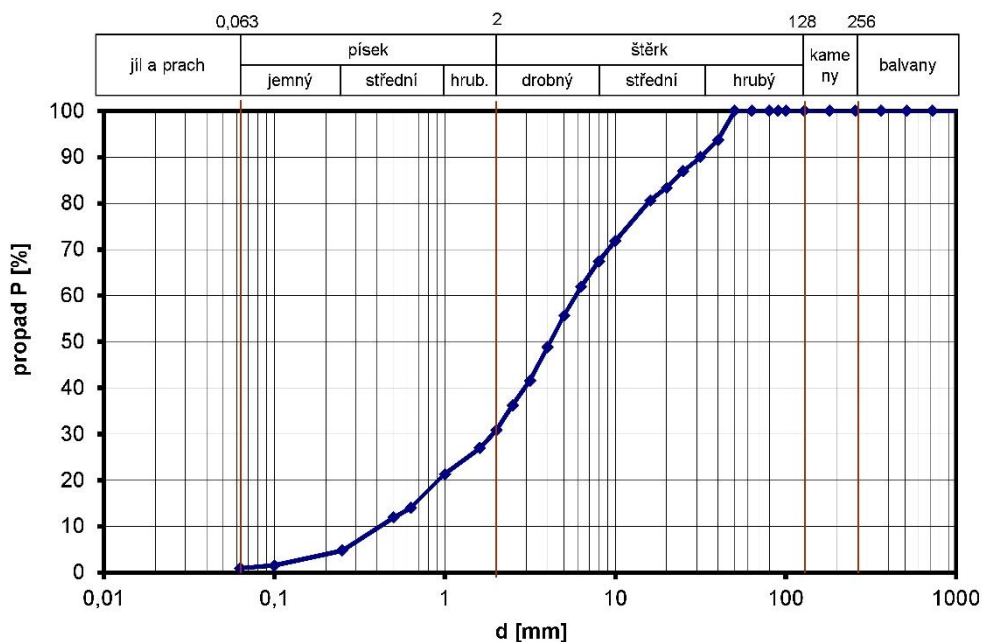
Hmotnost vysušeného vzorku:

m	3171,2	[g]
---	--------	-----

Stanovení zrnitosti vzorku

	frakce [mm]	m _{frakce} [g]	m _{složky} [g]
jíl a prach	0	29,5	29,5
písek	0,063	18,8	947,5
	0,1	102,8	
	0,25	228,5	
	0,5	64,6	
	0,63	232,8	
	1	178,2	
	1,6	121,8	
štěrk	2	171,8	2194,2
	2,5	169,9	
	3,15	230,3	
	4	216,8	
	5	199,8	
	6,3	172	
	8	140,8	
	10	278	
	16	87,6	
	20	112,2	
	25	97,5	
	31,5	118	
	40	199,5	
	50	0	
	63	0	
	80	0	
90	0		
100	0		
kameny	128	0	0
	181	0	
balvany	256	0	0
	362	0	
	512	0	
	724	0	
	1024	0	

Granulometrická křivka vzorku



Tabulka 8.2-2 Granulometrická křivka vzorku M2

Procentuální zastoupení složek zeminy ve vzorku

jíl a prach	písek			štěrk			kameny	balvany
	jemný	střední	hrubý	drobný	střední	hrubý		
0,9 %	29,9 %			69,2 %			0 %	0 %
	3,8 %	16,6 %	9,5 %	36,6 %	22,6 %	10 %		

Procentuální zastoupení frakcí zeminy menších než d

<d [mm]	0,063	0,25	1	2	8	32	128	256
P [%]	0,9	4,8	21,3	30,8	67,4	90,0	100,0	100,0

Průměr efektivního zrna

d_{ef}	9,7	[mm]
$P_{d_{ef}}$	71,2	[%]

Charakteristická čísla

C_U	13,6	[-]
C_C	1,4	[-]

Charakteristické hodnoty zrn vzorku

d_{10}	0,4	[mm]
d_{15}	0,7	[mm]
d_{30}	1,9	[mm]
d_{50}	4,2	[mm]
d_{60}	5,9	[mm]
d_{85}	22,3	[mm]
d_{90}	31,5	[mm]

Vzorek je: štěrkovitý středně nestejzorný dobře zrněný

Tabulka 8.2-2 Zrnitostní charakter vzorku M2

Po přezkoumání vzorku M2 v laboratorních podmínkách jsem stanovil, že vzorek M2 má hladkou granulometrickou křivku ukazující zastoupení částic ve vzorku dle grafu 8.2-1. Efektivní zrno vzorku d_{ef} má průměr 9,7 mm. Další hodnoty M2 jsou v tabulce 8.2-2. Vzorek M2 je štěrkovitý středně, nestejzorný, dobře zrněný.

8.3. *Odběrný profil - M 3*

Ve třetím profilu (M3) byl odebrán vzorek č. 3, 280 metrů před vyústěním potoka do ramene Svatky, při pravém břehu Moravanského potoka, v oblouku. Profil se nachází ve staničení na 0,28 km. Rozměry potoka jsou ve dně 1,50 m, kóta dna je ve výšce 192,01 m. n. m., hladina je stanovená na 192,07 m. n. m. Koryto je lichoběžníkového tvaru. Sklony svahů jsou 1:1,15, levý břeh má kótu 193,68 m. n. m. a při pravém břehu je sklon 1:1,15, kóta pravého břehu 193,85 m. n. m. Po obou březích se nachází bujná vegetace (traviny, stromový porost), dále se vyskytuje při levém břehu polní silnice a obytná zóna města Modřice.



8.3-38 *Vegetace v místě odběru vzorku M3 [4]*



8.3-39 *Místo odběru vzorku M3 [4]*

Tabulka 8.3-1 Popis vzorku M3 se zrnitostním složením

Granulometrický rozbor

Identifikační data vzorku:

Povodí: Morava
 Tok: Moravanský potok
 Č. h. p.: 4-15-03-0013
 Kilometr: 0,28 km
 Označení vzorku: M3

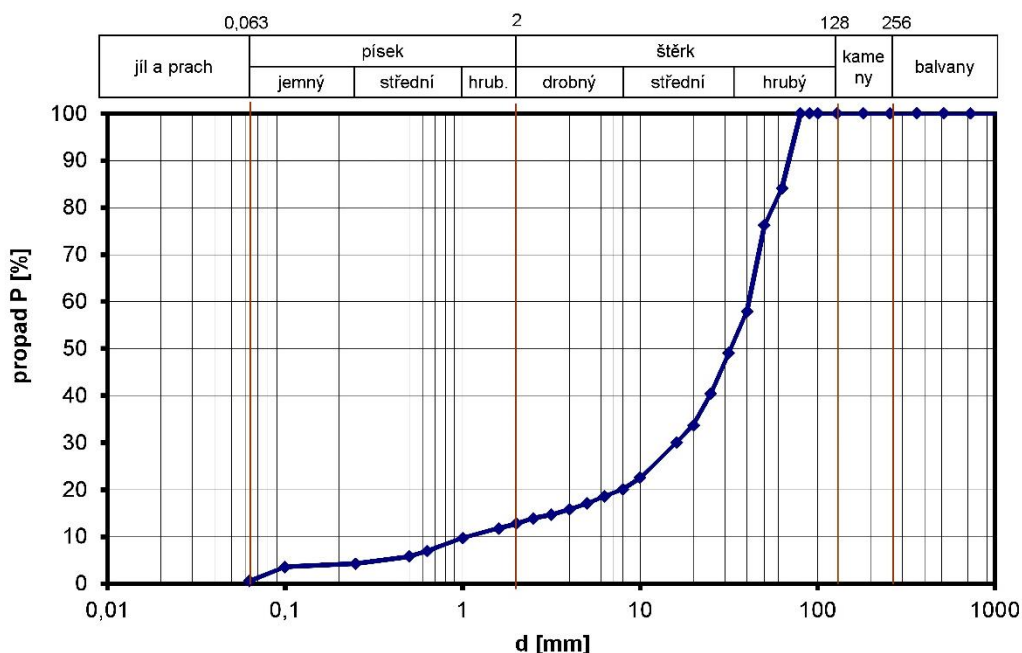
Hmotnost vysušeného vzorku:

m	5245	[g]
---	------	-----

Stanovení zrnitosti vzorku

	frakce [mm]	m _{frakce} [g]	m _{elozky} [g]
jíl a prach	0	31,8	31,8
písek	0,063	157	637,1
	0,1	33,5	
	0,25	80,8	
	0,5	60,3	
	0,63	147,9	
	1	106,6	
	1,6	51	
štěrk	2	60,9	4576,1
	2,5	40,1	
	3,15	60,3	
	4	63,8	
	5	81,6	
	6,3	77,1	
	8	129,2	
	10	395,1	
	16	192,8	
	20	349,8	
	25	456,4	
	31,5	464,2	
	40	958	
	50	415,4	
	63	831,4	
80	0		
90	0		
100	0		
kameny	128	0	0
	181	0	
balvany	256	0	0
	362	0	
	512	0	
	724	0	
	1024	0	

Granulometrická křivka vzorku



Tabulka 8.3-2 Granulometrická křivka vzorku M3

Procentuální zastoupení složek zeminy ve vzorku

jíl a prach	písek			šterk			kameny	balvany
	jemný	střední	hrubý	drobný	střední	hrubý		
0,6 %	12,1 %			87,2 %			0 %	0 %
	3,6 %	5,5 %	3 %	7,3 %	29 %	50,9 %		

Procentuální zastoupení frakcí zeminy menších než d

<d [mm]	0,063	0,25	1	2	8	32	128	256
P [%]	0,6	4,2	9,7	12,8	20,1	49,1	100,0	100,0

Průměr efektivního zrna

d_{ef}	33,4	[mm]
$P_{d_{ef}}$	51,1	[%]

Charakteristická čísla

C_U	38,3	[-]
C_C	5,8	[-]

Charakteristické hodnoty zrn vzorku

d_{10}	1,1	[mm]
d_{15}	3,4	[mm]
d_{30}	15,9	[mm]
d_{50}	32,4	[mm]
d_{60}	41,1	[mm]
d_{85}	63,9	[mm]
d_{90}	69,3	[mm]

Vzorek je: šterkovitý nestejnozrný špatně zrněný

Tabulka 8.3-2 Zrnitostní charakter vzorku M3

Po přezkoumání vzorku M3 v laboratorních podmínkách jsem stanovil, že vzorek M3 má hladkou granulometrickou křivku ukazující zastoupení částic (s největším obsahem hrubého šterku) ve vzorku dle grafu 8.3-1. Efektivní zrno vzorku d_{ef} má průměr 33,4 mm. Další hodnoty M3 jsou v tabulce 8.3-2. Vzorek M3 je šterkovitý, nestejnozrný, špatně zrněný.

8.4. ***Zhodnocení a závěr granulometrického rozboru***

Na základě laboratorního měření a vyhodnocení výsledků všech tří vzorků byl sestaven graf, který je součástí přílohy 3. *přílohy*. Graf je sestaven z naměřených hodnot křivek d_{90} , d_{ef} , d_{60} , d_{50} , d_{10} a d_N , toto je navrhovaná křivka velikosti zrna po toku. Červenou barvou je znázorněn podélný profil Moravanského potoka. Čísly M1-M3 jsou znázorněna odběrná místa.

Z grafu vyplývá, že velikost zrna směrem po toku roste až k vyústění potoka do ramene Svatky. Tyto naměřené hodnoty jsou orientační, protože mezi vzorky M1 a M2 je zatrubnění v délce 500 metrů viz *příloha 1*. (podélný profil toku). Přesné znázornění řezů Moravanského potoka v místech odběrů vzorků je v příloze 2. (Příčné řezy). V grafu jsou trouby zobrazeny v bodech schematicky. Mezi vzorky M1 a M2 dochází k prudkému poklesu sedimentace (z důvodu zvýšené rychlosti průtoku v troubách) a opětovnému nárůstu směrem k vzorku M3, mezi vzorky M1 a M3 je nárůst sedimentace směrem po proudu toku. Pro přesnější údaje o zrnitosti Moravanského potoka, by musely být prováděny v řádech roků pravidelné odběry vzorků na stejných místech, pro lepší porovnání. Z těchto výsledků by byly patrné rostoucí křivky zrnitosti po směru toku a zanášení koryta. Dlouhodobého měření nebylo možné dosáhnout z důvodu časového limitu na tuto studii, i s ohledem na ekonomickou a provozní část práce, jak v laboratořích, tak i v terénu.

9. Pohyb splaveninových částic

Splaveniny lze definovat jako částice látek, minerální i organické, které jsou unášené a sunuté, silou vodního proudu. Částice splavenin jsou výsledkem eroze půdy vlivem působení vody. Erozní činnost vlivem splavenin lze rozdělit na erozi plošnou a erozi v korytě toku. Největším faktorem způsobujícím plošnou erozi jsou atmosférické srážky, účinkem dopadání srážek na zemský povrch dochází k rozrušování zemin a dle složení zemského povrchu je způsobena eroze, v návaznosti na intenzitu, trvání, složení a soudržnost deště. V korytě toku erozi způsobuje více faktorů, nejčastěji jsou to sklon, rychlost, hloubka, stupeň drsnosti dna a další.

Na Moravanském potoce je, podle výše zmíněných faktorů, více ohrožených lokalit erozní činností. Nejvíce mezi tyto lokality patří úseky, kde tok meandruje a části zájmové oblasti bez zástavby, působením zemědělských činností (po obou stranách koryta zemědělská pole).

9.1. Počáteční místo pohybu splavenin

Počáteční místo je velmi obtížné určit z důvodu toho, že se jedná o nahodilý jev, kde se začínají splaveny pohybovat. Pohyb splavenin je výslednicí poměru sil působících na pohyb splavenin a sil opačných. Počátek tohoto jevu lze předpokládat tam, kde budou převládat síly, které působí na pohyb zrna (způsobují pohyb či k němu pomáhají). Pohybu pomáhají tyto síly:

1. Vztlková hydrodynamická síly
2. Smyková síly odvozena proudem vody, jenž působí na povrch částic splavenin

Síly, které brání pohybu:

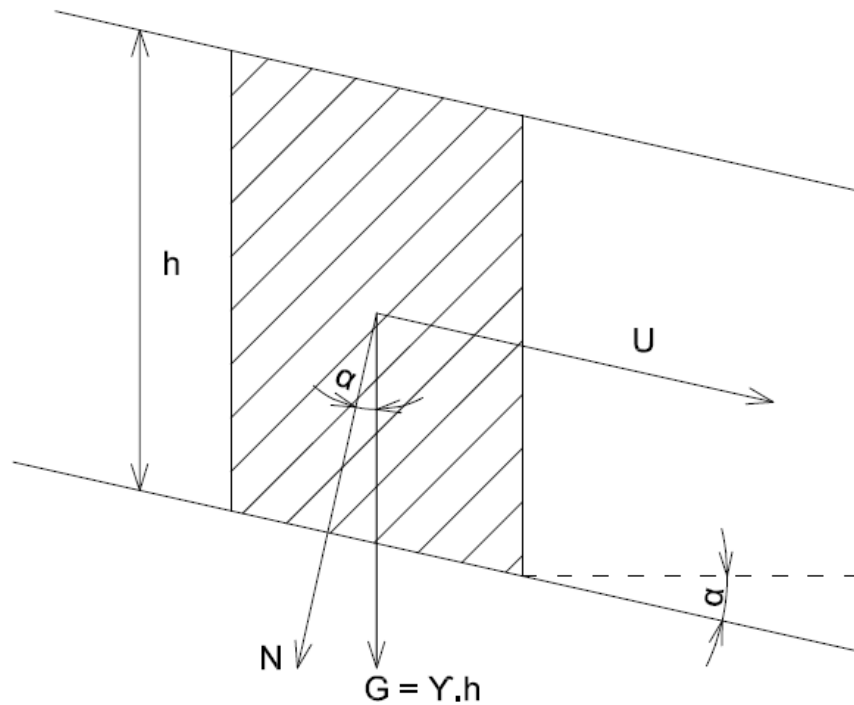
1. Třecí síla vztažená k tíze částice
2. Tíha částice pod vodou

Aby se splaveniny uvedly do pohybu, musí být síly působící na pohyb větší než síly bránící pohybu.

9.2. Sedimentační rychlost

Sedimentační neboli usazovací rychlost je významnou charakteristikou plavenin. Pevné částice vznášené vodním proudem začnou klesat ke dnu za podmínky, že gravitační síla bude větší než síly udržující částice ve vodním proudu. Pádu částice ke dnu toku brání v klidné vodě odpor zrna vlivem jeho tvaru a tření na povrchu zrna. Velikost odporu je také ovlivněna hustotou a viskozitou vody, drsností povrchu částice, teplotou vody a velikostí částice. [12]

$$G = \sin\alpha = \gamma \cdot h \cdot \sin\alpha = \gamma \cdot h \cdot J = U \quad (3)$$



9.2-40 Usazovací schéma [12]

9.2.1. *Rovnováha unášecích a bránicích sil pohybu*

Tento jev nastává, když se rovnají síly způsobující pohyb splavenin a sil bránicích pohybu. Pokud unášecí síla je větší než síla bránící pohybu, dochází k transportu sedimentů. Síly působící na ponořenou částici na dně jsou v rovnováze a tím je bráněno v pohybu částic. Pokud není rovnováha překročena, pak nedochází k narušení stability dna. Lze uvést vzorce na výpočet nevymílací rychlosti:

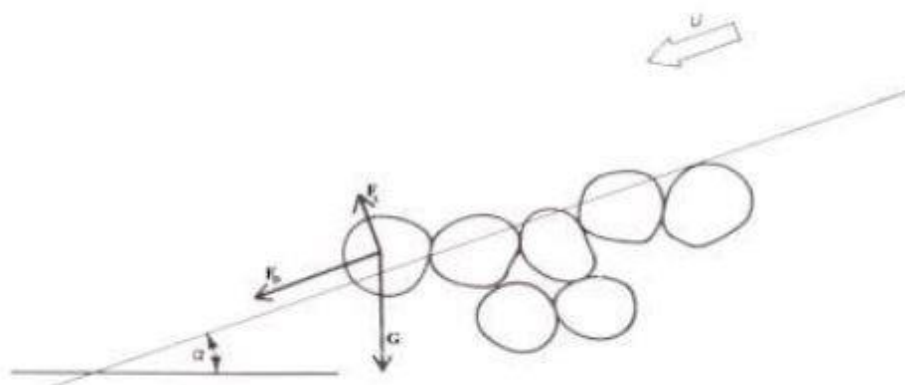
$$F_D = C_D \cdot k_1 \cdot d^2 \cdot \frac{\rho \cdot u^2}{2} \quad (4)$$

$$F_L = C_L \cdot k_2 \cdot d^2 \cdot \frac{\rho \cdot u^2}{2} \quad (5)$$

$$F_G = g \cdot k_3 \cdot d^3 \cdot (\rho_s - \rho) \quad (6)$$

C_D ... odporový součinitel
 C_L ... vztlakový součinitel
 d ... průměr zrna
 k_1, k_2, k_3 ... tvarové součinitele
 u ... rychlost vody u dna

Síly působící na ponořenou částici, znázorňuje obrázek 9.2.1-41: tíha ponořené částice (F_G ; rov. 6), hydrodynamický tlak (rov. 4) a hydrodynamický vztlak (F_L ; rov. 5). [14]



9.2.1-41 Síly působící na částice na dně [14]

Nevymílací rychlost se vyjadřuje ze vztahu rovnice 7, kde úhel φ vyjadřuje přirozenou sklonitost materiálu a úhel α je sklon dna, při němž začíná pohyb částic.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{G \cdot \sin \alpha + F_D}{G \cdot \cos \alpha - F_L} \quad (7)$$

Po dosazení rovnic 4 a 5 do rovnice 7 a matematické úpravě rovnice, dostaneme vzorec:

$$\frac{u_{kr}^2}{\left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right) \cdot g \cdot d} = \frac{2 \cdot k_3 (\operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \alpha - \sin \alpha)}{C_D \cdot k_1 + C_L \cdot k_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha} \quad (8)$$

Pravou stranu rovnice zapsat jako koeficient **A**, který v sobě zahrnuje vlastnosti částic (tvar, velikost, zrnitostní složení atd.), dynamiku proudu (má vliv na koeficienty C_D a C_L), sklon dna a sklonitost vnitřního úhlu sedimentů na dně. Tím nám vznikne rovnice kritické rychlosti zapsána následovně:

$$u_{kr} = \sqrt{A \cdot \left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right) \cdot g \cdot d} \quad (8)$$

Existuje několik experimentálních formulací (např. od F. J. Mavise, Gončarova, Leviho atd.), kteří popisují kritickou rychlost proudu a jsou zjednodušením rovnice 8. Parametry těchto vyjádření byly většinou určeny buď laboratorními pokusy či přímým měřením na tocích. [15]

10. Výpočet splavenin – Moravanský potok

10.1. Výpočet průtoku dnových splavenin

Pro výpočet hmotnostního průtoku dnových splavenin je dobré začít s počátkem pohybu splavenin (průtoku), kde dochází k začátku pohybu dnových splavenin. Pro výpočet se použije nevymílací rychlost, viz kapitola 9.2.1. Ve chvíli, kdy je překročena nevymílací rychlost v korytě toku, dojde k destabilizaci dna koryta. Což má za následek vznos plavenin a pohyb dnových splavenin. Pro výpočet nevymílací rychlosti je použit vzorec dle Gončarova: [16]

$$v_v = \log\left(\frac{8,8 \cdot h}{d_{95}}\right) \cdot \sqrt{d_{ef} \cdot \frac{g \cdot (\rho_s - \rho_v)}{1,75 \cdot \rho_v}} \quad (9)$$

g	... tíhové zrychlení [m.s ⁻²]
d_{ef}	... efektivní zrno [m]
h	... výška vody v korytě [m]
d_{95}	... charakteristická hodnota 95% zrna vzorku [m]
ρ_s	... měrná hmotnost dnových splavenin [kg.m ⁻³]
ρ_v	... měrná hmotnost vody [kg.m ⁻³]
v_v	... nevymílací rychlost [m.s ⁻¹]

V případě velkých průtoků a rozlité vody z koryta, je výpočet průtoku splavenin velmi složitý. Proto je horní průtok vody zvolen jako pětiletý průtok Q_5 , při němž nedochází k rozlité vody mimo koryto toku.

V tabulce 10.1-1 lze nalézt výsledky výpočtů nevymílací rychlosti pro jednotlivá odběrná místa po dosazení do vzorce 9. Výpočtová data jsou uvedena v příloze 5.

Tabulka 10.1-1 Výsledky výpočtů nevymílací rychlosti v profilech M1, M2, M3

M1	0,502	m.s ⁻¹
M2	0,404	m.s ⁻¹
M3	0,721	m.s ⁻¹

K výpočtu splavenin byly použity vzorce dle Scholkitsche, Einsteina a Meyer – Petera. Tyto vzorce se nejčastěji vyskytují v praxi, a proto byly použity pro výpočty v jednotlivých předem určených profilech toku.

10.1.1. Výpočet dle Scholkitsche

$$q_s = \frac{0,01363}{n} i^{\frac{7}{6}} \left(\frac{\rho_s - \rho_v}{\rho_v} \right)^{\frac{5}{3}} d_{ef}^{\frac{5}{3}} \quad (10)$$

$$n = 0,0525 d_{ef}^{\frac{1}{6}} \quad (11)$$

q_s ... specifický průtok dnových splavenin [kg.m⁻¹.s⁻¹]

ρ_s ... měrná hmotnost splavenin [kg.m⁻³]

ρ_v ... měrná hmotnost vody [kg.m⁻³]

d_{ef} ... efektivní zrno [mm]

i ... sklon [‰]

Tabulka 10.1.1-1 Dnové splaveniny dle Scholkitsche v profilech M1, M2, M3

M1	133	t.rok ⁻¹
M2	7	t.rok ⁻¹
M3	467	t.rok ⁻¹

V tabulce 10.1.1-1 jsou uvedena data z výpočtů splavenin v tunách za rok dle Scholkitsche. V profilu M2 je vidět výrazné snížení množství splaveniny, z důvodu zatrubnění toku před profilem M2 v úseku průmyslové oblasti.

10.1.2. Výpočet dle Einsteina

$$q_s = \phi \left(\rho_v g^2 \left(\frac{\rho_s}{\rho_v} - 1 \right) T d_{40}^{\frac{3}{2}} \right) \quad (12)$$

- d_{40} ... charakteristická hodnota 40% zrna vzorku [m]
 ϕ ... parametr průtoku splavenin [-]
 ρ_s ... měrná hmotnost splavenin [kg.m⁻³]
 ρ_v ... měrná hmotnost vody [kg.m⁻³]
 g ... tíhové zrychlení [m.s⁻²]
 T ... časový faktor [-]

$$T = \frac{w_s}{\sqrt{\rho_s g d_{40}}} \quad (13)$$

- T ... časový faktor [-]
 w_s ... sedimentační rychlost [-]
 d_{40} ... charakteristická hodnota 40% zrna vzorku [m]
 ρ_s ... měrná hmotnost splavenin [kg.m⁻³]

$$w_s = \left(\frac{2}{3} \left(\frac{\rho_s - \rho_v}{\rho_v} \right) g d_{40} + \frac{36 \mu^2}{\rho_v^2 d_{40}^2} \right)^{\frac{1}{2}} - \frac{6 \mu}{\rho_v d_{40}} \quad (14)$$

- w_s ... sedimentační rychlost [-]
 d_{40} ... charakteristická hodnota 40% zrna vzorku [m]
 ρ_s ... měrná hmotnost splavenin [kg.m⁻³]
 ρ_v ... měrná hmotnost vody [kg.m⁻³]
 μ ... dynamický součinitel vazkosti vody při 15 °C [Pa.s]
 h ... výška » hladina toku - dno toku [m]

$$\psi = \frac{d_{40}(\rho_s - \rho_v)}{hJ\rho_v g} \quad (15)$$

- ψ ... parametr intenzity proudění [-]
 d_{40} ... charakteristická hodnota 40% zrna vzorku [m]
 ρ_s ... měrná hmotnost splavenin [kg.m⁻³]
 ρ_v ... měrná hmotnost vody [kg.m⁻³]
 J ... sklon [‰]
 h ... výška - hladina toku - dno toku [m]
 g ... tíhové zrychlení [m.s⁻²]

$$\phi = \frac{2}{10^6 \psi} \quad (16)$$

- ϕ ... parametr průtoku splavenin [-]
 ψ ... parametr intenzity proudění [-]

Tabulka 10.1.2-1 Dnové splaveniny dle Einsteina v profilech M1, M2, M3

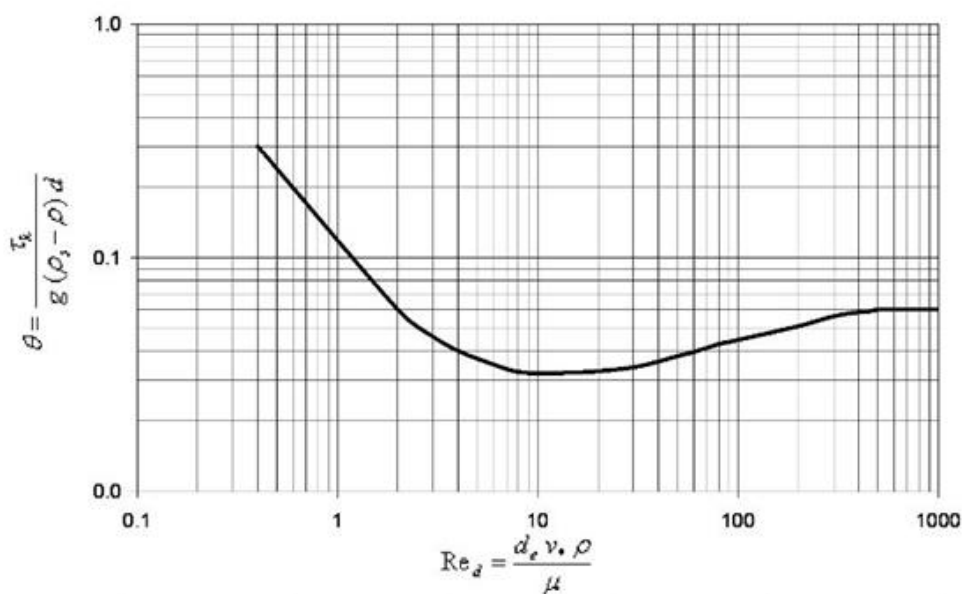
M1	570	t.rok ⁻¹
M2	114	t.rok ⁻¹
M3	2076	t.rok ⁻¹

V tabulce 10.1.2-1 jsou uvedena data z výpočtů splavenin dle Einsteina, v tunách za rok. V tabulce je patrné zatrubnění mezi profily M1 a M2, proto dochází k poklesu množství splavenin, dále množství splavenin narůstá až vyústění Moravského potoka do ramene Svratky.

10.1.3. Výpočet dle Meyer-Petera

$$q_b = \vartheta \cdot \left(g \cdot \frac{\rho_s - \rho}{\rho} d_{ef}^3 \right)^{0,5} [\mu\theta - 0,047]^{1,5} \quad (17)$$

- q_b ... specifický (měrný) průtok dnových splavenin [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$]
 ρ_s ... měrná hmotnost splavenin [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
 ρ ... měrná hmotnost vody [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
 d_{ef} ... efektivní zrno [m]
 μ ... dnový parametr [-]
 g ... tíhové zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]
 Θ ... kritický Schieldsův parametr určen z grafu 10.1.3-1 [-]



Graf 10.1.3-1 Průběh krit. Schieldsova par. v závislosti na Re_d [17]

V tabulce 10.1.3-1 jsou uvedena data z výpočtů splavenin dle Meyer-Petera, v tunách za rok. V tabulce je patrné zatrubnění mezi profily M1 a M2, proto dochází k poklesu množství splavenin, dále množství splavenin narůstá až vyústění Moravanského potoka do ramene Svratky.

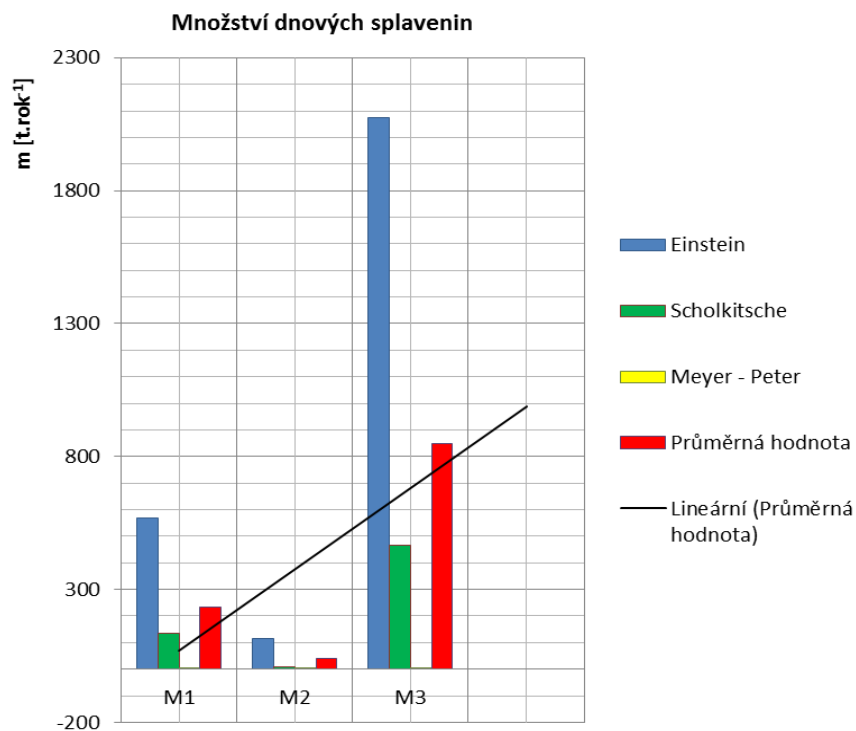
Tabulka 10.1.3-1 Dnové splaveniny dle Meyer-Petera v profilech M1, M2, M3

M1	0,9315	t.rok ⁻¹
M2	0,1567	t.rok ⁻¹
M3	0,3091	t.rok ⁻¹

V tabulce 10.1-2 a grafu 10.1-1 jsou uvedeny výsledky z profilů M1, M2 a M3, dle výše zmíněných autorů. Stanovil jsem průměrnou hodnotu z výsledků výpočtů podle jednotlivých autorů. Výsledky reprezentují množství dnových splavenin v tunách za rok přesunutých tokem na Moravanském potoce. Všechna data a výpočtové hodnoty jsou k nalezení v příloze 5.

Tabulka 10.1-2 Výsledky dnových splavenin v profilech M1, M2, M3

	M1	M2	M3
	[t.rok ⁻¹]	[t.rok ⁻¹]	[t.rok ⁻¹]
Einstein	570,0671	114,2499	2075,6
Scholkitsche	133	7	467
Meyer - Peter	0,931466	0,156715	0,309061
Průměrná hodnota	235	41	848



Graf 10.1-1 Množství dnových splavenin v profilech M1, M2, M3

Z grafu 10.1-1 je patrné, že splaveniny jsou odnášeny ve velkém podílu hned za obcí Moravany, v zatrubnění pod průmyslovou oblastí počet splavenin výrazně klesá a poté směrem po toku až rameni Svratky výrazně stoupá. Mezi profilem M1 a M2 se nachází zatrubnění, viz příloha 1. Díky umístění toku do trub, dochází k poklesu množství splavenin, posun splavenin je možný tedy jen při extrémních průtocích. Jeden z důvodů velkého množství splavenin má příčinu v okolní zemědělské činnosti a tím k náchylnosti okolních půd ke smyvům. Z grafu a výpočtů je vidět, že mezi profily M1 a M3 dochází k velkému nárůstu splavenin, které jsou unášeny až po vyústění toku do ramene Svratky.

Dle Mayer-Petery byly výsledky splavenin nejmenší. Vzorce jsou stanoveny pro větší částice, což má za následek velmi malé hodnoty. Podle Scholkitsche výsledky rostou směrem dolů po toku, kromě profilu M2, z výsledků je patrná sedimentace.

Podle vzorce autora Einsteina byly výsledky nejpřesnější. Potvrzují výskyt velkého množství splavenin v toku. Údaje budou poskytnuty obci Moravany a městu Modřice, pro další postup prací na Moravanském potoce, za účelem snížení množství splavenin.

10.2. Výpočet plavenin v profilech M1, M2, M3

Pro výpočet plavenin bylo použito více vzorců, dle různých autorů, lze použít i jiné vzorce, ale nejčastěji se používají právě tyto: vzorce dle autorů Szolgaye, Bogárdiho a BSBA. Výpočet je vztažen k průtokům. Proto jsou použity N-leté průtoky dle poskytnutých dat od Pöyry Environment a.s., v km. 1,100.

Dle Szolgaye:

$$Q_{pl} = 4,514 \cdot 10^{-7} \cdot Q^{2,56} \quad (18)$$

Q_{pl} ... průtok plavenin [kg.s⁻¹]

Q ... průtok vody [m³.s⁻¹]

Rozsah platnosti: za podmínky 900m³.s⁻¹ < Q < 7000m³.s⁻¹.

Dle Bogárdiho:

$$Q_{pl} = 1,23 \cdot 10^{-10} \cdot Q^{3,57} \quad (19)$$

Q_{pl} ... průtok plavenin [kg.s⁻¹]

Q ... průtok vody [m³.s⁻¹]

Dle Bundesstombaumt (BSBA):

$$Q_{pl} = 1,227 \cdot 10^{-8} \cdot Q^{3,00} \quad (20)$$

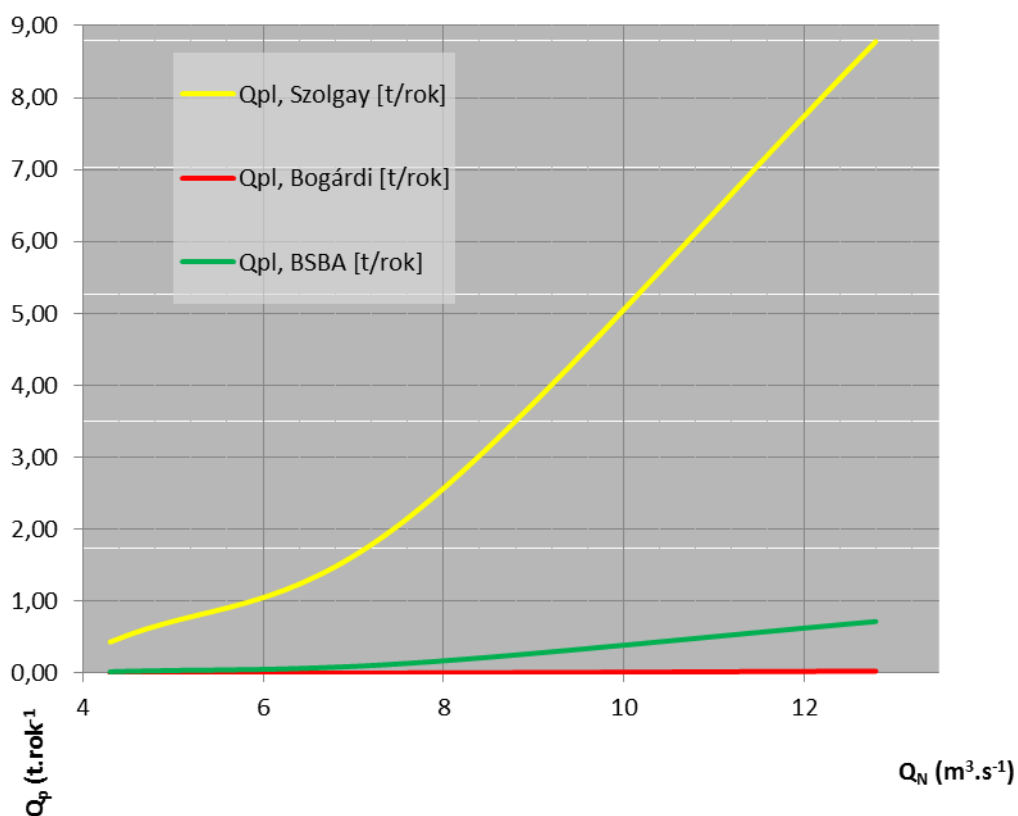
Q_{pl} ... průtok plavenin [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$]

Q ... průtok vody [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]

Tabulka 10.2-1 Výsledky plavenin v profilech M1, M2, M3

N	Q_N	$Q_{pl, \text{Bogárdi}}$		$Q_{pl, \text{BSBA}}$		$Q_{pl, \text{Szolgay}}$	
		[$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$]	[$\text{t} \cdot \text{rok}^{-1}$]	[$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$]	[$\text{t} \cdot \text{rok}^{-1}$]	[$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$]	[$\text{t} \cdot \text{rok}^{-1}$]
5	3,8	0,00000001	0,0005	0,000001	0,021	0,000014	0
20	7,1	0,00000013	0,0042	0,000004	0,138	0,000068	2
100	12,3	0,00000096	0,0302	0,000023	0,720	0,000278	9

Graf plavenin



Graf 10.2-1 Množství plavenin v profilech M1, M2, M3

Z grafu 10.2-1 je patrné, že výsledky jednotlivých autorů se velmi liší. Největší rozdíl je u autora Szolgaye, kde křivka nejvíce narůstá. Tato skutečnost je dána výpočtovým vzorcem pro větší průtoky, než jsou na Moravanském potoce. Podle Bogardiho je křivka umístěna nejnižší v grafu. Důvod toho, že je křivka takto nízká, vychází z určení vzorce pro větší částice, než jaké jsou na Moravanském potoce. Nejlepší výsledek byl dosažen podle BSBA vzorce, který je nejlépe vhodný na tok Moravanského potoka. Podle vzorce BSBA byla data nejpřesnější, výskyt plavenin je na toku vysoký.

11. Drsnost dna vlivem splavenin

Kapacita koryta toku je závislá především na velikosti příčného profilu, sklonu dna a velký vliv na kapacitu má drsnost dna, omočeného obvodu. Určení drsnosti je důležitý faktor k výpočtu kapacity koryta toku, lépe k určení úrovně hladiny za daného průtoku.

Mezi povrchem omočeného obvodu koryta toku a vrstvou proudící vody dochází v bezprostřední blízkosti ke ztrátám mechanické energie proudu vody vlivem jejich vzájemného tření. Toto vzájemné tření vzrůstá s nerovností povrchu omočeného obvodu, též drsností. Drsnost dělíme na:

- Makrodrsnost
- Mikrodrsnost

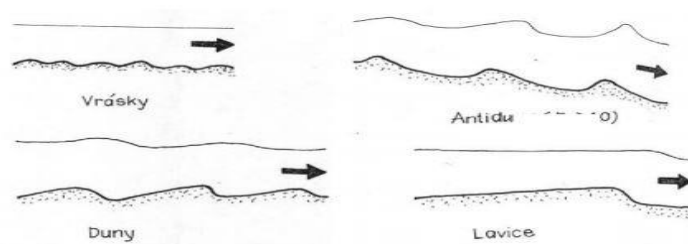
11.1. Makrodrsnost dna

Makrodrsnost je chápána jako „sekundární“ drsnost povrchu koryta toku.

Splaveniny pohybující se vlivem síly proudící vody po dně toku neustále vytvářejí nové útvary, viz obrázek 11.1-36. Vliv na drsnost má i vegetace zasahující do koryta toku (vzrostlé keře, stromy, trávy, plevele a další), v korytě mohou být i zaklíněné předměty, jenž mají za následek výrazné zvýšení drsnosti.

Pro počáteční odhad drsnosti dna slouží součinitel **n** v matematickém modelu. Nejčastěji jsou používány hodnoty dle autora Manninga.

DNOVÉ ÚTVARY



11.1-42 Dnové útvary [16]

11.1.1. Vrásy

Zvlnění dna, kde výška vln se pohybuje řádově v centimetrech a délka v decimetrech. Profil je symetrický, obloukovitě vyklenutý. Vrásy se pohybují směrem po proudu rychlostmi $0,02$ až $1,46 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Konkrétních výšek nabývají v rozmezí $0,2 - 3,0 \text{ cm}$ a délek v rozmezí $0,03 - 0,61 \text{ m}$. [17]

11.1.2. Duny

Vyznačují se nesymetrickým tvarem, větší výškou a délkou. Jejich délka je v rozmezí $0,5 \text{ m} - 5,4 \text{ m}$, zatímco výška nabývá hodnot $0,6 \text{ cm} - 16 \text{ cm}$. Duny se pohybují rovněž po proudu. Rychlost jejich posunu byla naměřena od $0,026$ do $13,20 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. [17]

11.1.3. Antiduny

Oproti dunám se antiduny vyznačují větší symetrií, jsou zaoblenější a pohybují se proti proudu. Najdeme je hlavně v bystrinném proudění. Jejich výška je uváděna v rozmezí $3 - 9 \text{ cm}$, zatímco délka v rozmezích $0,5 - 1,8 \text{ m}$. [17]

11.2. Mikrodrsnost dna

Největší drsnost dna bývá nejčastěji v horských oblastech, či v lesních úsecích. Pro výpočet Chézyho rovnice musí být znám drsnostní součinitel n , nejčastěji uváděný dle Pavlovského a Manninga. Stickler za použití Manningova výrazu doplňuje drsností charakter odvislý od velikosti zrna materiálu a vyjadřuje tak součinitel n následovně: [16]

$$\frac{1}{n} = k = \frac{21,1}{d_{ef}^{\frac{1}{6}}} \quad (21)$$

d_{ef} ... efektivní zrno [mm]

Součinitelem ztráty tření λ vyjádřil drsnost koryt Zegžda [16]:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (22)$$

λ ... součinitel ztráty třením [-]
 Re ... Reynoldsovo číslo [-]

Tento vztah pro otevřená koryta lze použít až po kritické Reynoldsovo číslo $Re_k = 900 - 1000$.

V turbulentním proudění platí vztah Prandl-Karman [16]:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 4 \cdot \log(Re \cdot \sqrt{\lambda}) + 2,0 \quad (23)$$

λ ... součinitel ztráty třením [-]
 Re ... Reynoldsovo číslo [-]

Tento vztah pro otevřená koryta lze použít až po kritické Reynoldsovo číslo Re_k , které vypočítáme ze vzorce následujícího [16]:

$$Re_k = 8,9 \cdot \left(4 \cdot \log \frac{R}{\Delta} + 5,75 \right) \cdot \frac{R}{\Delta} \quad (24)$$

Re_k ... kritické Reynoldsovo číslo [-]
 R ... hydraulický poloměr [m]
 Δ ... absolutní velikost výstupků [m]

12. Ohrožení extrémními průtoky na Moravském potoce

Při extrémních průtocích dochází k překročení kapacity koryta, u Moravského potoka Q₂₀ a vyšší. Na potoce jsou nejvíce ohroženy obydlené lokality v obci Moravany a v městě Modřice. Ohrožení se týká obydlí v bezprostřední blízkosti potoka. V minulosti již došlo k rozlití vody mimo koryto toku a ničivým následkům na objektech v blízkosti koryta, tyto situace se obešly bez ztráty na lidských životech.

12.1. Ohrožené lokality

Mezi nejvíce ohrožené lokality na Moravanském potoce patří obec Moravany, která se nachází mezi staničením km 3, 500 – 3,000. Na jejím konci u dětského hřiště dochází nejvíce k rozlivům vody v extrémním průtocích do obytné části.

Dále je nejvíce ohroženo město Modřice nacházející se mezi kilometry staničení 0,700 – 0,000. V části, kde potok vyúsťuje do ramene Svratky, dochází k největším rozlivům i vlivem řeky Svratky. Z minulosti jsou zdokumentované povodně s velkým ničivým potenciálem na majetku obyvatel města Modřice.

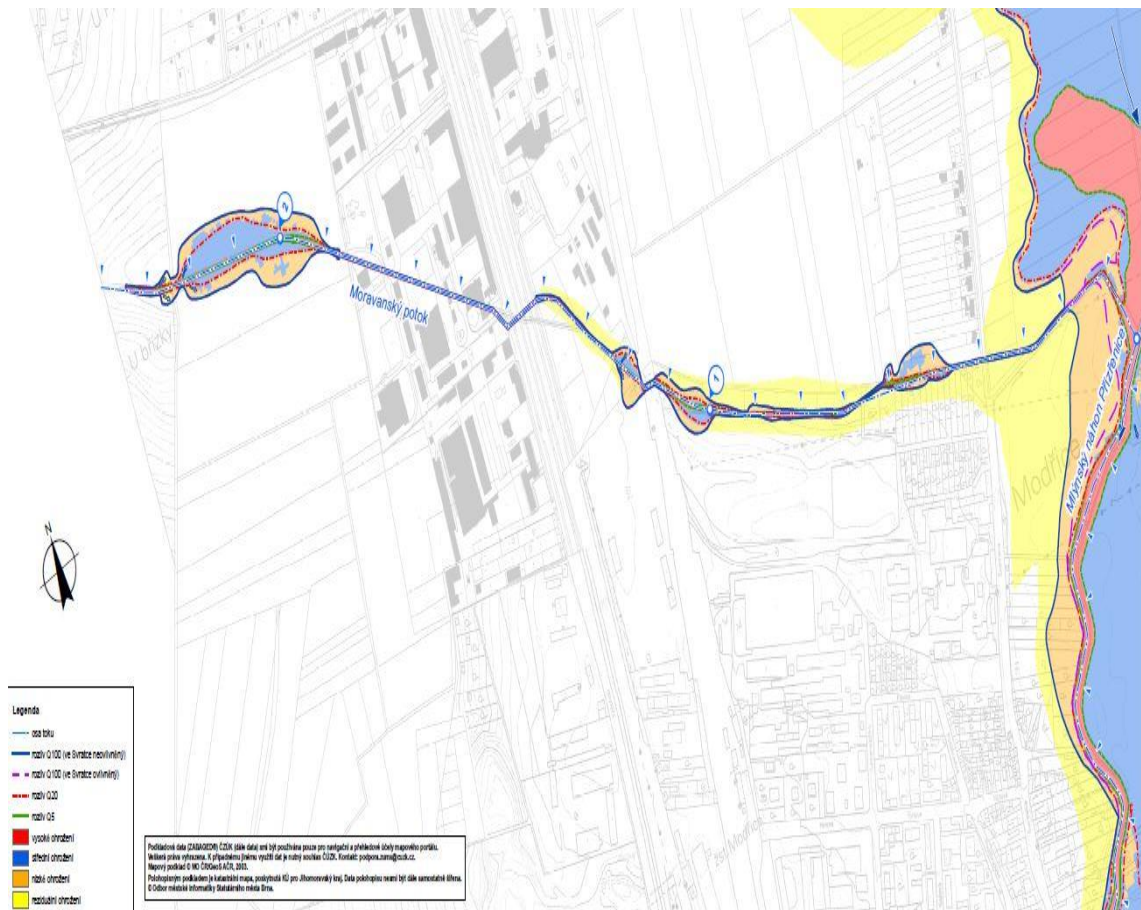
V případě ohrožení lze kontaktovat příslušné orgány v obci i ve městě. Orgány mají za úkol včas upozornit obyvatele na ohrožení povodněmi a nakázat opatření k předejetí poškození majetku občanů a staveb v okolí toku.

12.2. Výstavba protipovodňových zábran

Na kilometru 3,500, byl vystavěn suchý poldr. Tento poldr má za účel regulovat průtok vody v případě extrémního průtoku a dešťů. Na konci obce km 3, 000, byla provedena úprava koryta, rozšíření a zvýšení kapacity koryta. V místě je okolí koryta oseto travou pro snížení stupně drsnosti. Toto místo je pravidelně udržováno obcí Moravany.

Vlivem zanedbání údržby koryta toku mimo obci Moravany, dochází k častým rozlivům vody na okolní pozemky, kde se nejvíce vyskytuje zemědělská činnost. Toto má za následek velké zvýšení sedimentace v toku a ztrátu orné půdy na zemědělských polích. Do koryta nejčastěji zasahuje bujná vegetace, čímž velmi zvyšuje stupeň drsnosti koryta a snižuje tak kapacitu koryta při extrémních průtocích.

Ve městě Modřice nyní dochází k úpravám koryta Moravanského potoka a snížením stupně drsnosti dna. U vyústění potoka do ramene Svratky je nyní budována nádrž s napájením z Moravanského potoka. U vyústění potoka se nachází nejvíce ohrožená lokalita. Na téma ohrožení města Modřice byla zpracována výkresová dokumentace v rámci GENERELU města Brna. Do budoucna je plánována s přispěním dotací z Evropských fondů, revitalizace a úprava koryta Moravanského potoka.



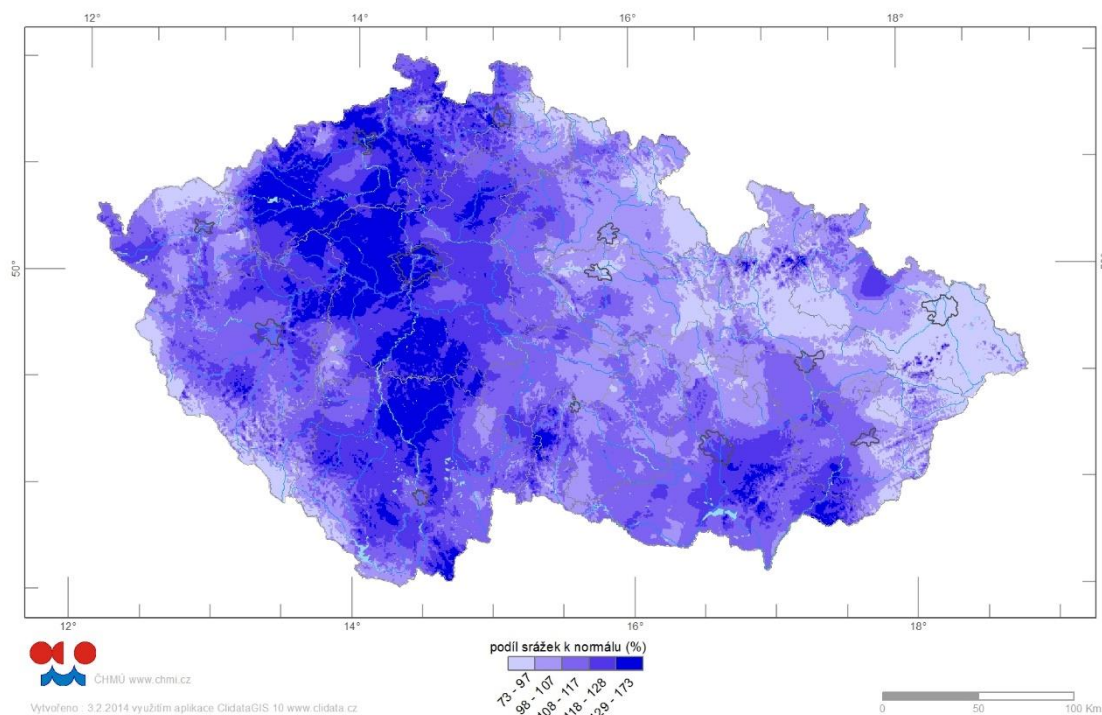
12-43 Ohrožené lokality města Modřice [5]

13. Extrémní sucho a dopad na zájmové území

Dlouhodobý nedostatek vody v oblasti Moravanského potoka je výsledkem extrémního sucha, nejčastěji v letních měsících. Extrémní sucho působí na půdu a koryto toku. Vysycháním zemin v korytě v okolí Moravanského potoka dochází k erozi půdy. Z důvodu eroze půdy je zvyšována sedimentace a transport splavenin ve směru toku.

Na obrázku 13-44, je možné vidět srážkové úhrny za rok 2013 podle ČHMÚ. Dle toho obrázku lze vyvodit, že zájmové území se nachází v oblasti s podprůměrnými srážkami. Se sníženým počtem srážek dochází k častým výskytům extrémního sucha.

Podíl úhrnu srážek v roce 2013 k normálu



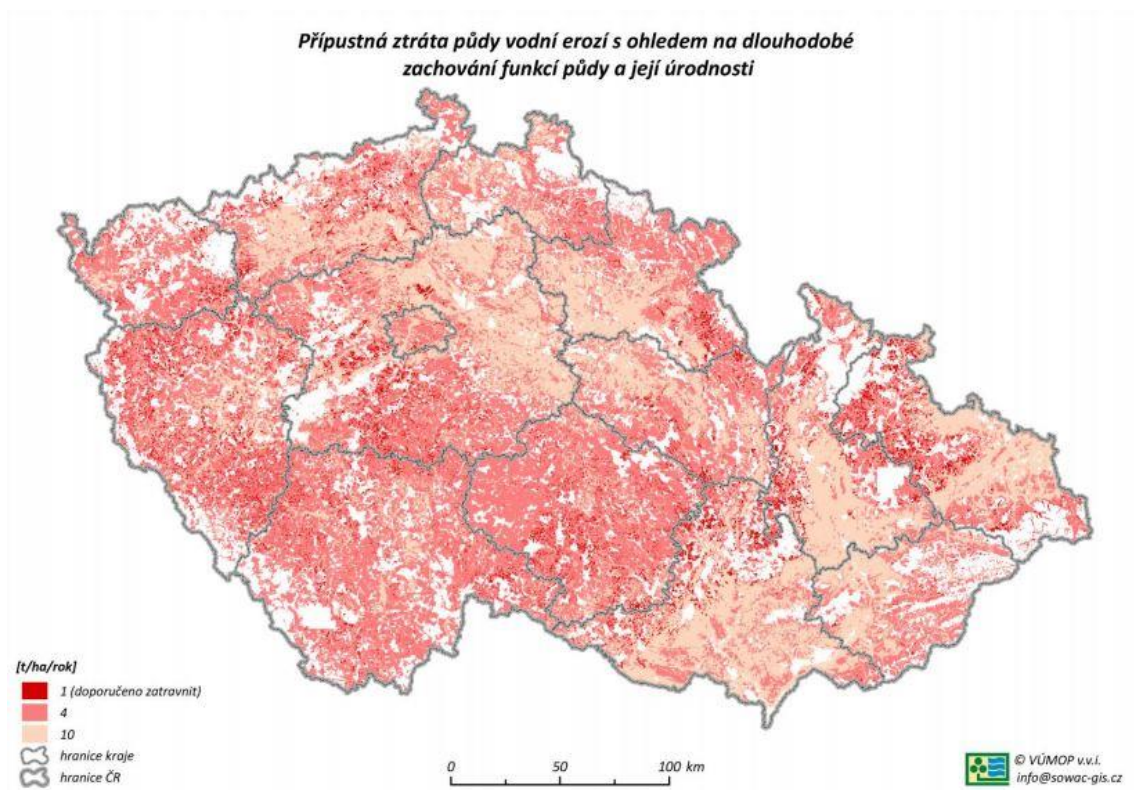
13-44 Úhrn srážek za rok 2013 [11]

13.1. Eroze půdy

Eroze je soubor procesů, které vedou k uvolňování, rozpouštění, obrušování a přemísťování půd a hornin na zemském povrchu. Rozlišuje se eroze říční, mořská, jezerní, ledovcová a větrná. Erozí půdní rozumíme vodní nebo větrné rozrušování půdy a její odnos na jiná místa, kde se ukládá. Eroze je jevem, který se uplatňuje i bez vlivu člověka - eroze přirozená (geologická). Vinou člověka se však tento jev plošně rozšířil a současně intenzifikoval - dochází ke ztrátě půdy vyšší, než je schopno se na daném místě v daném čase vyvinout přirozenými procesy - zrychlená eroze.

Hlavními faktory podmiňujícími vznik zrychlené eroze jsou: odlesnění, klimatické poměry, morfologické poměry (především sklon a délka svahů), vegetační, geologické, půdní poměry a způsob využívání krajiny (nadměrná pastva, nevhodné agrotechnické postupy...). Půda je u nás ohrožena především vodní erozí, méně pak větrnou. Na erozně ohrožených plochách je třeba půdu chránit protierozními opatřeními. [18]

K určení náchylnosti půdy k erozi, slouží mapa půdních typů, kde lze určit typy a skladbu půd, viz příloha 7.



13.1-45 Ztráta půdy vodní erozí [19]

14. Změna koryta vlivem extrémního průtoku a sucha

Každé koryto toku má svou dynamiku a změna jeho struktury, trasy jsou jeho přirozené jevy. Tento jev může znamenat v obydlených oblastech velké problémy. Největšími faktory ovlivňující změnu koryta jsou extrémní průtoky a sucha. V obou případech dochází k porušení okolní zeminy. Na tyto jevy má velký vliv složení půd v daném území, viz příloha 7.

14.1. Vliv extrémního průtoku na koryto toku

V důsledku nárůstu frekvence extrémních průtoků (povodní) dochází ke změnám koryta stále častěji. Tyto změny jsou důsledkem zesílení korytotvorných procesů v daném místě a čase v době extrémních průtoků. Ke změnám koryta dochází bez ohledu na to, jestli je koryto upravené nebo neupravené. Samozřejmě, že upravené koryto bude mít vyšší stupeň odolnosti, než koryto neupravené (přírodní). Při přechodu upraveného koryta

na neupravené může dojít k nárůstu narušování neupraveného úseku bezprostředně za upraveným, z důvodu nárůstu kinetické energie v důsledku tvrdé regulace upraveného toku.

Nejčastěji dochází k vymílání břehů, vodní erozi, zvýšení sedimentace, tvoření sedimentačních ostrůvků, abrazi břehů a další.

Názorně lze zmínit situace, které úzce souvisí z problematikou Moravanského potoka:

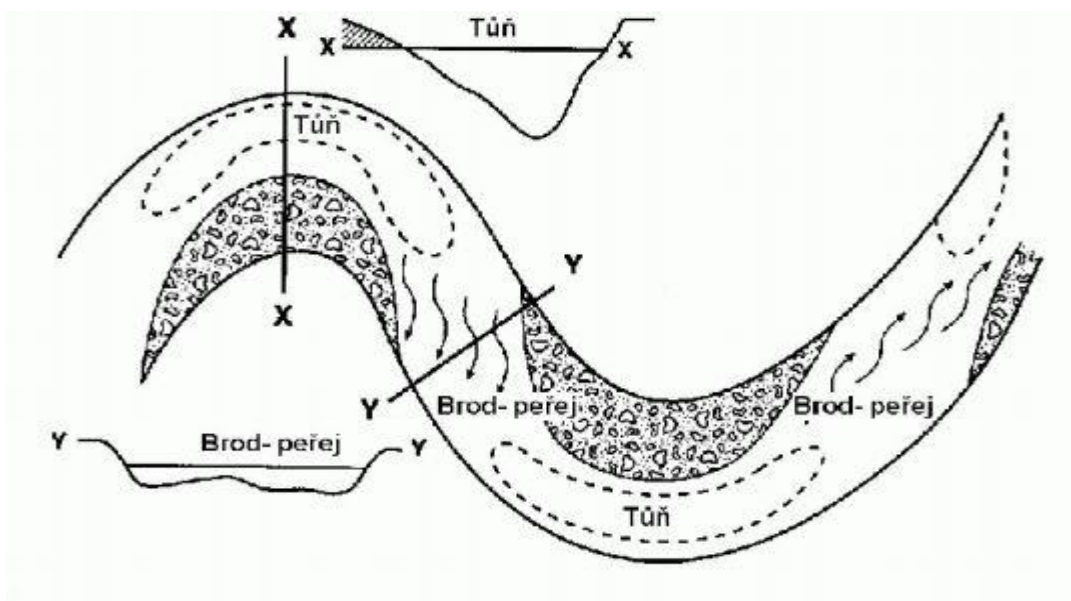
Situace 1.



14.1-46 Situace 1 [20]

Na obrázku 14.1-46, můžeme vidět vytvoření náplavového kužele na břehu, který má za následek v horním úseku erozi břehů, v dolním úseku dochází z usazování a zanášení. V horním úseku toto způsobuje destabilizaci koryta a případné sesuvy půdy, tím se zvýší transport splavenin a vzniká nárůst výustních lavic na hlavním toku.

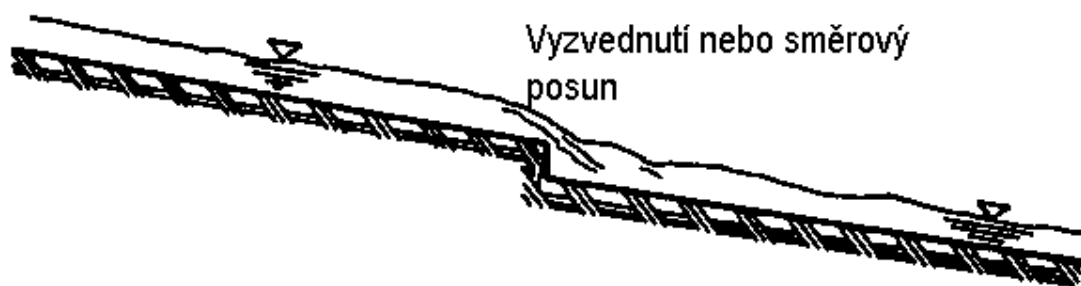
Situace 2.



14.1-47 Situace 2 [20]

Obrázek 14.1-47 popisuje situaci toku, kdy dochází k zanášení koryta jak v konkávě tak i v konvexe. Tato situace má velký vliv na zvýšení usazování částic při velkých průtocích a následném suchu. V konkávě dochází k objevení výmolů, tedy tvoření tůní a tím jsou poškozovány břehy zvýšenou vymílací schopností vody. V konvexe vzniká nános sedimentů unášených za větších průtoků, zanášení konvexe vede k zvýšení průtočné rychlosti v konkávě a tím k vymílání břehů.

Situace 3



14.1-48 Situace 3 [20]

Zde je znázornění propadu desek koryta a vytvoření vodního skonu, jenž má za následek vymílání koryta ve spodní části.

14.2. Vliv extrémního sucha na koryto toku

Opakem extrémním průtoků jsou velká sucha či velmi malé průtoky vod. Dochází k nim v období malé vodnosti, taktéž v časových úsecích, v nichž dochází k trvalejšímu výraznějšímu poklesu průtoků. Jejich extrémnost je tím větší, čím déle trvá období sucha a čím menší jsou zásoby podzemních vod na začátku tohoto období. Mezi základní charakteristiky tohoto extrému povrchového odtoku v krajině zahrnujeme: [21]

- absolutní minimální průtok, udává se v $l \cdot s^{-1}$ nebo v $m^3 \cdot s^{-1}$,
- minimální průtok (Q_{min}) v daném období, udává se v $l \cdot s^{-1}$ nebo v $m^3 \cdot s^{-1}$,
- průměrný minimální průtok v daném období, udává se v $l \cdot s^{-1}$ nebo v $m^3 \cdot s^{-1}$,
- m-denní vody, tj. menší, než je voda 355-denní,
- trvání odtoku malých vod,
- stupeň vyrovnanosti malých vod,
- pravděpodobnostní ocenění hydrologických charakteristik malých vod.

14.3. Vybrané statě ze Zákona č. 254/2001 Sb.

Výňatek ze Zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) § 45: [22]

§ 45

Změny koryta vodního toku

- (1) Opustí-li vodní tok vlivem přírodních sil při povodni své přirozené koryto a vznikne-li tím koryto nové, mohou vlastníci pozemků, správce vodního toku, jakož i oprávnění k nakládání s vodami, kteří jsou dotčeni novým stavem, žádat jednotlivě nebo společně vodoprávní úřad o povolení vrátit vodní tok na svůj náklad do původního koryta. Stát může žadatelům, kteří obdrží povolení, na obnovu koryta vodního toku po povodni přispět (§ 102).
- (2) Neobnoví-li se původní stav, stát vykoupí pozemek původního nebo nového koryta vodního toku, jestliže mu tento pozemek vlastník dotčeného pozemku nabídne. Toto neplatí pro dotčené pozemky ve vlastnictví obcí.
- (3) Neobnoví-li se původní stav z důvodu, že vodoprávní úřad obnovu ve veřejném zájmu nepovolí, platí pro vlastníky dotčených pozemků možnost odškodnění podle odstavce 2 a ostatním oprávněným k nakládání s vodami, dotčeným tímto rozhodnutím, náleží přiměřená náhrada.
- (4) Právo na obnovu a odškodnění zaniká po třech letech od roku, v němž došlo ke změně.

15. Morfologie oblasti

Klima, tvar krajiny, vegetace a geologie povodí určují morfologii vodního toku (neovlivněného antropologickou činností). Obzvláště rozhodující pro vedení trasy koryta a jeho tvar v příčném řezu jsou povodně, které se vyznačují velkým zvětšením transportu splavenin a plavenin. Podle tvaru koryta mohou být rozlišovány různé typy vodních toků: [20]

- Úzký zahloubený vodní tok vyznačující se dlouhou trasou bez rozdvajování koryta:

Tento typ toku se přirozeně vyskytuje pouze ve velmi úzkých údolích se strmými svahy břehů (soutěsky, rokle nebo skalnatá údolí). U těchto typů trasy vyskytující

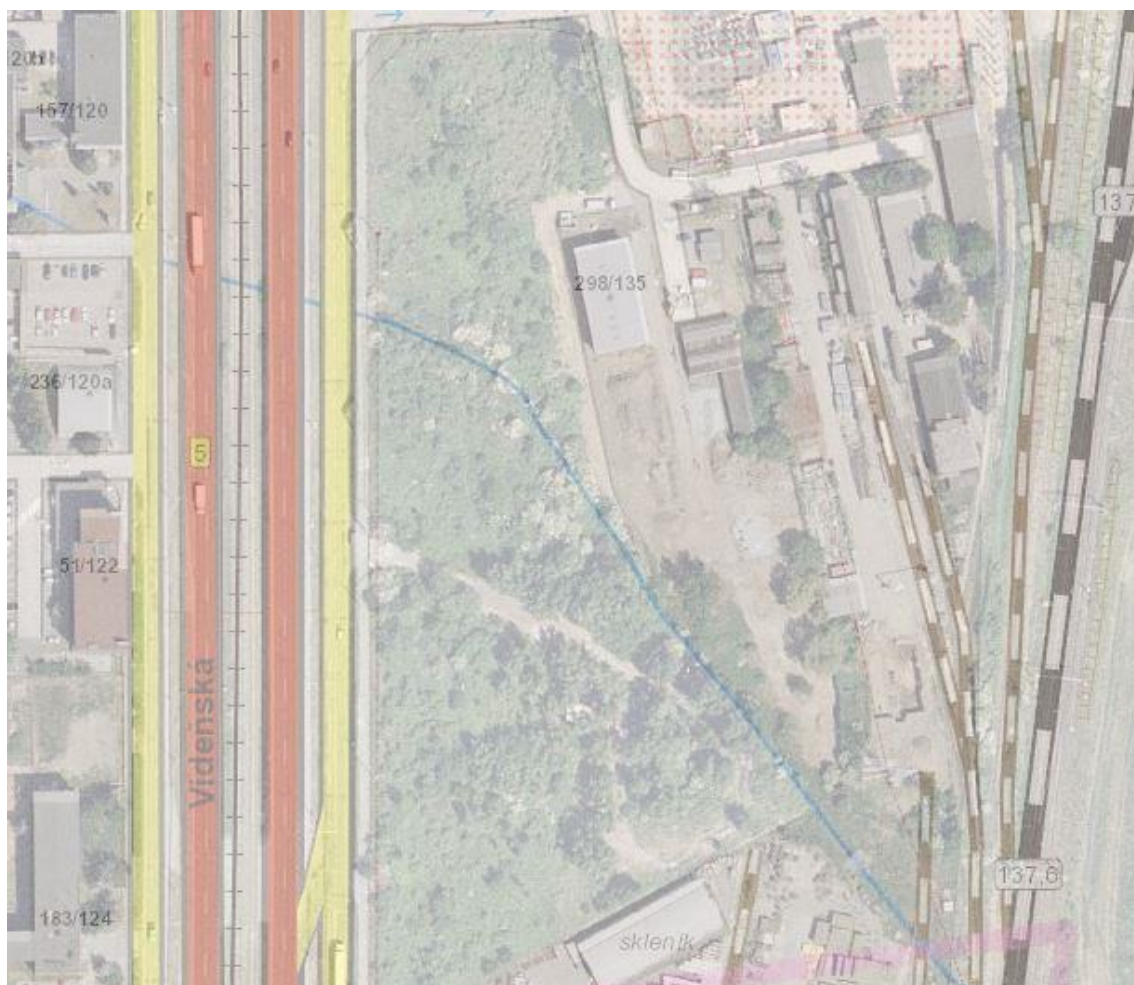
se nejčastěji na horním toku potoků a řek dochází často k erozi dna. Mnohé tyto potoky se vyznačují při povodních vysokým transportem plavenin a splavenin.

- Širší tok s větvičí se trasou:
Tento typ morfologie lze pozorovat hlavně u potoků a řek s větším sklonem dna a silným transportem splavenin a plavenin. Při povodních dochází pravidelně k přesunu štěrkových lavic.
- Široký tok s rozdvojenou trasou:
Vedení trasy je podobné jako u předchozího typu, ale jednotlivá rozdvojení jsou od sebe zřetelněji oddělena, štěrkové lavice jsou stabilnější a mohou být místy porostlé. Obecně zaujímá koryto toku celou šíři údolí. U malých potoků je tento typ vedení trasy zastoupen zřídka nebo je málo zřetelný, nebo za středních a nízkých vodních stavů teče voda pouze v jedné větvi rozdvojeného koryta.
- Spíše úzký zahluobený tok s velkým počtem meandrů:
U řek se tento typ morfologie vyskytuje spíše u malých sklonů dna s menším množstvím transportovaných plavenin a splavenin. Toto vedení trasy s mnoha zákrutami je typické pro většinu potoků vyjma těch, které protékají skalnatou oblastí. Je možno předpokládat, že všechny toky zmíněného typu mají tendenci zaujímat celou plochu dna údolí. Díky erozi na obou stranách koryta se oblouky stále více zakřívují a současně putují proti sklonu údolí (migrace). Při dalším rozšiřování meandru do stran může dojít k průlomům a vzniku mrtvého ramene.
[20]

15.1. Vyústění trat' toku

Ve vyústění potoka do ramene Svratky dochází ke zvýšení hladiny vlivem vysoké hladiny vody od řeky Svratky. Tím dochází k vymílání břehů a většímu zahluštění koryta. V této části je nutná v budoucnu revitalizace.

Dalším stěžejním bodem je vyústění potoka ze zatrubnění z průmyslové části, zde dochází k vodnímu skoku a vymílání dna. Z důvodu nepřesného zaměření Moravského potoka je zatrubnění v jiné části, než jak je zaznamenáno v mapových podkladech, viz obrázek 15.1-43. Potok je ve vyústění trati za zatrubněním navrácen do původního koryta, zde vnikají velké ohyby a kritické úseky pro vymílání břehů, vznik sedimentačních ostrůvků.



15.1-49 Vyústění potoka z průmyslové oblasti [19]

15.2. Vodohospodářské poměry

Vodohospodářské poměry na Moravanském potoce jsou rozděleny do více úseků. Dle od obce Moravany po ČOV km 3, 500 – 2,600, jsou poměry ve vlastnictví obce Moravany. Do budoucna se neplánuje výrazné ovlivnění vodohospodářských poměrů výstavbou. Dále je potok ve vlastnictví PMO. Povodí Moravy nyní provádí revitalizaci toku, od vyústění toku za průmyslovou oblastí km 1,400 – 0,000. Nedochozí k ovlivnění vodohospodářských poměrů. Při vyústění potoka do ramene Svratky nyní probíhá výstavba nádrže, toto má za následek ovlivnění vodohospodářských poměrů, km 0,100.

16. Závěr

Zpracovaná studie potvrdila, že na Moravanském potoce dochází k velkému počtu splavenin. Obec Moravany se snaží o svůj tok velice dobře starat, což má pozitivní dopad na snížení stupně drsnosti úseku, jenž patří obci Moravany. Pokud dojde k extrémním přírodním jevům (povodně), je kapacita koryta velmi nedostačující. V případě sucha dochází k vysychání a erozi koryta, důvodem je nedostatečně vysoká hladina spodní vody, aby dokázala udržet retenci půdy v korytě. Pro tyto účely bylo zřízeno prohloubení. Velkým problémem je neudržování koryta v místech mezi obcí Moravany a průmyslovou oblastí. V těchto místech dochází dále k velkému množství sedimentů, z důvodu nevhodně zvolených rostlin na okolních zemědělských polích nad obcí. Z polí je v případě extrémního průtoku smývána orná půda do suchého poldru. Toto má za následek vodní erozi půdy a smyv půdy do koryta potoka, čímž dochází k jeho zanášení. Do budoucna by byla vhodná změna skladby zemědělských rostlin, pro zlepšení odolnosti orných půd. V zatrubnění potoka pod průmyslovou oblastí dochází k poklesu sedimentačního objemu, z důvodu vyšších rychlostí v troubách. Po vyústění potoka z trub byla provedena revitalizace, ale bez opevnění břehů, což bude mít za následek v krátkém časovém intervalu, erozi břehů. Na samém konci potoka probíhá výstavba nádrže, jelikož je nádrž ve fázi výstavby, nelze ještě hodnotit tuto stavbu. I přes nedostatky úprav toku, má obec Moravany a její vedení zájem o udržování koryta, z důvodů bezpečnosti občanů a estetického dopadu na vzhled obce.

Ohrožené oblasti extrémními průtoky jsou nejvíce obec Moravany a město Modřice. Mají dobré seznámení s ohrožením velkými průtoky, jsou zpracovány povodňové plány. S plány jsou občané pravidelně seznamováni. Suchem je nejvíce ohrožena oblast zemědělských polí, kde následně dochází k erozi půdy a poté k vodní erozi. Svahování zemědělských polí před průmyslovou oblastí má za následek velký počet splavenin v Moravanském potoce.

Dle výsledků výpočtů transportovaných částic lze říci, že Moravanský potok je charakteristický výskytem velkého počtu dnových splavenin. Data prokazují nárůst splavenin po směru toku, kde zatrubnění snižuje počet splavenin, z důvodu zvýšení rychlosti průtoku v troubách. Na potoce byla předem vytipována tři místa k odběru vzorků z koryta potoka, na km 2, 530, km 1,350 a km 0,280. Největším nárůstem množství splavenin došlo mezi vyústěním z průmyslové oblasti a vyústěním do ramene Svatky. Po celé délce toku vznikají sedimentační ostrůvky.

Splaveniny a plaveniny mají velký vliv na zanášení koryta Moravanského potoka, dochází k snížení kapacity toku, jejich pohyb má také negativní dopad na řeku Svratku.

V Brně dne 29. 5. 2015

.....

podpis autora

Václav Pojsl

Literatura

- [1] Mapové podklady: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce; 2015
- [2] Ing. Alexandr Mertl - Ekologické inženýrství: Sídlo firmy VEPAK, Moravany; oznámení záměru; Trstěnice u Litomyšle 3. 1. 2008
- [3] Ing. Veronika Rambousková: Moravanský potok, ř. km 0,370 – 0,610, k. ú. Přízřenice – oprava toku; Brno 15. 1. 2014
- [4] Mapové podklady: Google; 2015
- [5] GENEREL odvodnění města Brna; 2010
- [6] Povodí Moravy, Pöyry Environment a.s.; 2011
- [7] Václav Pojsl: Fotodokumentace; 2013/2015
- [8] Radomír Grygar a Jan Jelínek – Geomorfologie pro technické obory; VŠB-TU Ostrava; Ostrava 2012
- [9] ČÚZK, Katastr nemovitostí; Praha 2013
- [10] Václav Pojsl: Výkresová dokumentace; 2015
- [11] Český hydrometeorologický ústav: Průvodce informacemi Hlásné a předpovědní povodňové služby ČHMÚ; 2013
- [12] STARÝ, M.; Hydrologie: Modul 02; Brno; 2006
- [13] ŠLEZINGR, M.; Hydrotechnické stavby I; Brno; 2005
- [14] MAREŠ, K.; Hydraulika vodních staveb; Praha; 1985
- [15] BOGARDI, J.; Sediment transport in aluvial streams; Budapest; 1974
- [16] KOVÁŘ, P.; HRAZENÍ BYSTRŮ; Plzeň; 2005
- [17] VÝBORA, P.; Úpravy toků; Brno; 1978
- [18] DUMBROVSKY, M.; Protierozní opatření; Brno; 2004
- [19] Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd; GIS; Praha; 2013
- [20] SKLENÁŘ, P.; Vodní toky; Praha; 2007
- [21] DANĚK, T.; Fluviální procesy; Ostrava; 2003
- [22] Zákon č. 254/2001 Sb.; O vodách a o změně některých zákonů; Praha; 2001

Seznam obrázků

1-1 Povodí Moravanského potoka [1]	1
3.1-2 Poloha města Modřice a obce Moravany [4]	2
3.2-3 Situace Moravanského potoka [4]	4
4.1-4 Suchý poldr v obci Moravany [7]	5
4.1-5 Suchý poldr v obci Moravany [7]	5
4.1-6 Lichoběžníkové koryto v obci [7]	6
4.1-7 Udržované koryto na konci obce [7]	6
4.1-8 Potok opouští obec Moravany [7]	6
4.1-9 Zarostlé koryto vegetací za obcí [7]	6
4.1-10 ČOV na Moravanském potoku [7]	7
4.1-11 Sedimentace v korytě u ČOV [7]	7
4.1-12 Koryto před průmyslovou oblastí [7]	7
4.1-13 Vegetace v korytě za ČOV [7]	7
4.1-14 Zbytky betonového opevnění kynety za ČOV [7]	7
4.1-15 Výtok z průmyslové oblasti [7]	8
4.1-16 Poškození konkávního břehu [7]	8
4.1-17 Špatný stav břehů - vegetace [7]	8
4.1-18 Vymílání břehů - sedimentace [7]	8
4.1-20 Obdélníkové betonové koryto [7]	9
4.1-21 Vegetace v místě koryta u Modřic [7]	9
4.1-22 Napojení potoka do ramene Svratky [7]	9
4.2-23 Retenční nádrž s redukcí orobince [7]	10
4.2-24 Potok opouští obec Moravany [7]	10
4.2-25 Koryto potoka před průmyslovou oblastí [7]	10
4.2-26 Opevnění konkávního břehu [7]	11
4.2-27 Výtok z průmyslové oblasti [7]	11
4.2-28 Oblouk toku ve městě Modřice [7]	12
4.2-29 Vtok do vodní nádrže [7]	12
4.2-30 Vodní nádrž na Moravanském potoce ve městě Modřice [7]	12
7.2-31 Schématické znázornění křivek zrnitosti [13]	21
7.2-32 Schématické znázornění podélného vývoje dna při transportu splavenin [13]	21
8-33 Odběrné profily na Moravanském potoce [4]	22
8.1-34 Betonový most nad místem odběru [4]	23

8.1-35 Místo odběru vzorku M1 [4]	23
8.2-36 Skladiště při pravém břehu [4]	26
8.2-37 Místo odběru vzorku M2 [4]	26
8.3-38 Vegetace v místě odběru vzorku M3 [4]	29
8.3-39 Místo odběru vzorku M3 [4]	29
9.2-40 Usazovací schéma [12]	34
9.2.1-41 Síly působící na částice na dně [14]	35
11.1-42 Dnové útvary [16]	45
12-43 Ohrožené lokality města Modřice [5]	48
13-44 Úhrn srážek za rok 2013 [11]	49
13.1-45 Ztráta půdy vodní erozí [19]	50
14.1-46 Situace 1 [20]	51
14.1-47 Situace 2 [20]	51
14.1-48 Situace 3 [20]	52
15.1-49 Vyústění potoka z průmyslové oblasti [19]	55

Seznam tabulek

Tabulka 3.3-1 N-leté průtoky Moravanského potoka [5].....	4
Tabulka 4.3-1 Matematický výpočet kapacity koryta.....	13
Tabulka 6.1-1 Zatřídění splavenin dle velikosti zrn.....	16
Tabulka 7-1 Rozměry čtvercových ok zkušební sady sít.....	19
Tabulka 8.1-1 Popis vzorku M1 se zrnitostním složením.....	23
Tabulka 8.1-2 Granulometrická křivka vzorku M1.....	25
Tabulka 8.1-2 Zrnitostní charakter vzorku M1.....	25
Tabulka 8.2-1 Popis vzorku M2 se zrnitostním složením.....	27
Tabulka 8.2-2 Granulometrická křivka vzorku M2.....	28
Tabulka 8.2-2 Zrnitostní charakter vzorku M2.....	28
Tabulka 8.3-1 Popis vzorku M3 se zrnitostním složením.....	30
Tabulka 8.3-2 Granulometrická křivka vzorku M3.....	31
Tabulka 8.3-2 Zrnitostní charakter vzorku M3.....	31
Tabulka 10.1-1 Výsledky výpočtů nevymílací rychlosti v profilech M1, M2, M3.....	37
Tabulka 10.1.1-1 Dnové splaveniny dle Scholkitsche v profilech M1, M2, M3.....	37
Tabulka 10.1.2-1 Dnové splaveniny dle Einsteina v profilech M1, M2, M3.....	39
Tabulka 10.1.3-1 Dnové splaveniny dle Meyer-Petera v profilech M1, M2, M3.....	41
Tabulka 10.1-2 Výsledky dnových splavenin v profilech M1, M2, M3.....	41
Tabulka 10.2-1 Výsledky plavenin v profilech M1, M2, M3.....	43

Seznam grafů

<i>Graf 8.1-1 Granulometrická křivka vzorku M1</i>	25
<i>Graf 8.2-1 Granulometrická křivka vzorku M2</i>	28
<i>Graf 8.3-1 Granulometrická křivka vzorku M3</i>	31
<i>Graf 10.1.3-1 Průběh krit. Schieldsova par. v závislosti na Re_d[17]</i>	40
<i>Graf 10.1-1 Množství dnových splavenin v profilech M1, M2, M3</i>	41
<i>Graf 10.2-1 Množství plavenin v profilech M1, M2, M3</i>	43

Použité symboly a zkratky

$M1$	vybraný profil M1 [-]
$M2$	vybraný profil M2 [-]
$M3$	vybraný profil M3 [-]
d_{ef}	průměrná velikost efektivního zrna [mm]
d_i	průměrná velikost zrna ve stanovené i-té průměrné frakci [mm]
d_{10}	průměr 10% zrna [m]
d_{40}	průměr 40% zrna [m]
d_{50}	průměr 50% zrna [m]
d_{60}	průměr 60% zrna [m]
d_{95}	průměr 95% zrna [m]
d_s	průměr zrna splaveniny [m]
Q	průtok vody [$m^3 \cdot s^{-1}$]
Q_5	pětiletá voda
Q_{20}	dvacetiletá voda
Q_{100}	stoletá voda
Q_{pl}	průtok plavenin [$kg \cdot s^{-1}$]
R	hydraulický poloměr [m]
Re_d	Reynoldsovo číslo [-]
Re_k	kritické Reynoldsovo číslo [-]
α	úhel sklonu dna [$^\circ$]
Δ	absolutní velikost výstupků [m]
Θ	kritický Schieldsův parametr
λ	součinitel ztráty třením [-]
μ	dynamický součinitel vazkosti vody při 15 $^\circ$ C [Pa.s]
ϕ	parametr průtoku splavenin [-]
S	dráha pohybu po dně toku [km]
T	časový faktor [-]
u_{dv}	dnová nevymláčí rychlost [$m \cdot s^{-1}$]
v_v	nevymláčí rychlost [$m \cdot s^{-1}$]
w_s	sedimentační rychlost [-]
ρ_s	měrná hmotnost splavenin [$kg \cdot m^{-3}$]
ρ_v	měrná hmotnost vody [$kg \cdot m^{-3}$]
φ	úhel vnitřního tření [$^\circ$]
ψ	parametr intenzity proudění [-]
e	základ přirozeného logaritmu [-]
g	tíhové zrychlení [$m \cdot s^{-2}$]

G současná hmotnost zrna [kg]
 G_0 počáteční hmotnost zrna [kg]
 h výška - hladina toku - dno toku [m]
 J sklon [‰]
 $m_{pi\%}$ hmotnostní podíl zrn velikosti d_i z celkového vzorku splaveninové směsi [%]
 $\check{C}HM\acute{U}$ Český hydrometeorologický úřad [-]
 KN Katastr nemovitostí
 $K\acute{U}$ Katastrální území
 $BSBA$ vzorec sedimentace dle Bundesstombaumta

Seznam příloh

Tištěná forma

1. Podélný profil zájmového území Moravanského potoka
2. Příčné řezy vybraných profilů
3. Graf křivek zrnitosti
4. Výpočty splavenin
5. Výpočty plavenin

Elektronická forma

1. Mapa ohrožení.pdf
2. Mapa stávajícího stavu.pdf
3. Výpočty splavenin.xls
4. Výpočty plavenin.xls
5. Granulometrický rozbor.xls
6. Podélný profil zájmového území Moravanského potoka.pdf
7. Příčné řezy vybraných profilů.pdf
8. Graf křivek zrnitosti.pdf
9. Půdní typy.pdf