

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studie protierozních a protipovodňových opatření v k.ú. Zeměchy,
okr. Mělník

Study of erosion and flood control in village Zeměchy

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Karel Vrána, CSc.

Leden 2017

Bc. Josef Burda



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Burda Jméno: Josef Osobní číslo: 395556
Zadávací katedra: 143
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Studie protierozních a protipovodňových opatření v k.ú.Zeměchy, okr.Mělník
Název diplomové práce anglicky: Study of erosion and flood control in village Zeměchy

Pokyny pro vypracování:

Na základě terénního průzkumu a dostupných podkladů posuďte erozní náchylnost pozemků a odtokové poměry z pozemků směřujících do obce Zeměchy. Navrhněte opatření k ochraně obce před povodňovými průtoky a transportem půdních částic z erozních procesů.

Seznam doporučené literatury:

Smoderp - Simulační model povrchého odtoku a erozního procesu

Matematický model DesQ-MaxQ

Metodika Ochrana zemědělské půdy před erozí

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Karel Vrána, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 3.10.2016 Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017

[Signature]
Podpis vedoucího práce

[Signature]
Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

12.10.2016
Datum převzetí zadání

[Signature]
Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem ČVUT 1/2009 „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

V Praze, dne 8. 1. 2017

.....
Podpis

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval Doc. Ing. Karlu Vránovi, CSc. za cenné rady, věcné připomínky a ochotu při konzultacích této diplomové práce. Dále bych také rád poděkoval Ing. Martinu Jakoubkovi za vstřícné jednání a poskytnutí informací.

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je návrh protipovodňových a protierozních opatření na pozemcích směřujících do obce Zeměchy (okr. Mělník). Nejprve byla spočítána a vyhodnocena erozní ohroženost jednotlivých pozemků povodí a určeno celkové množství transportovaného sedimentu. Dále byla vypočtena velikost povrchového odtoku z povodí pro různé velikosti návrhové srážky. Na základě zjištěných hodnot byla navržena opatření zvyšující ochranu obce před povodňovými průtoky a transportem půdních částic z erozních procesů. Realizací těchto opatření by mělo dojít k výraznému zlepšení vodohospodářské situace zájmové lokality.

Klíčová slova

erozní ohroženost, sediment, protierozní opatření, povrchový odtok, protipovodňová opatření

Abstract

The goal of this thesis is to develop a proposal of measures for flood prevention and erosion control on land leading to the village Zeměchy (Mělník district). First, the erosion vulnerability of particular land in the catchment area was calculated, and the total amount of transported sediment was identified. Furthermore, the size of surface runoff from the catchment area was determined for various amounts of anticipated rainfall. Based on these data, specific measures were proposed to increase the level of village protection against flood flows and the transportation of soil particles caused by erosion processes. Implementation of these measures should result in significant improvement of the water management situation in the target locality.

Keywords

erosion risks, sediment, erosion control measures, surface runoff, flood prevention measures

Obsah

1. ÚVOD	3
2. POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	4
2.1. Vymezení zájmové oblasti	4
2.2. Morfologické poměry.....	4
2.3. Hydrologické poměry.....	4
2.4. Geologické a půdní poměry	6
2.5. Půdní bloky a jejich využívání	9
2.6. Popis krajinných prvků.....	10
2.6.1. Přírodní památka Sprašová rokle u Zeměch.....	10
2.6.2. Meze	14
2.6.3. Lesní a křovinatý komplex	15
2.6.4. Komunikace	16
2.7. Popis odvádění dešťových vod z prostoru obce Zeměchy	17
2.7.1. Vyústění ze sprašové rokle.....	17
2.7.2. Ulice Pod Špičákem	18
2.7.3. Ulice 9. Května.....	20
3. ŘEŠENÍ VODNÍ EROZE	22
3.1. Metoda univerzální rovnice ztráty půdy USLE.....	22
3.1.1. Aplikace metody univerzální rovnice v zájmovém povodí.....	26
3.1.2. Výpočet ztráty půdy na pozemcích povodí metodou USLE (současný stav využívání pozemků).....	26
3.2. Metoda matematického simulačního modelu SMODERP	28
3.2.1. Aplikace modelu SMODERP v zájmovém území	31
3.2.2. Výsledky simulace programu SMODERP	33
3.3. Porovnání metod USLE a SMODERP a volba metody pro návrh opatření.....	34
3.3.1. Výpočet ztráty půdy na pozemcích povodí metodou USLE (výhledový stav využívání pozemků – stav po realizaci protierozních opatření).....	35
3.4. Metoda řešení transportních procesů SDR.....	37
3.4.1. Aplikace metody SDR v zájmovém území	37
3.4.2. Aplikace metody odhadu transportu půdních částic v zájmovém území (současný stav využití pozemků).....	39
3.4.3. Aplikace metody odhadu transportu půdních částic v zájmovém území (stav využití pozemků po realizaci navržených protierozních opatření – výhledový stav)	40
4. NÁVRH OPATŘENÍ PROTI VODNÍ EROZI	43
4.1. Využívání půdního fondu.....	43
5. ŘEŠENÍ POVRCHOVÉHO ODTOKU	45

5.1.	Charakteristika programu DesQ-MaxQ	45
5.2.	Svahový odtok.....	45
5.3.	Maximální odtok z modelového prostředí.....	48
5.3.1.	Řešení maximálního odtoku z modelového povodí	48
5.3.2.	Řešení odtoku v údolnici.....	49
5.4.	Objem přímého odtoku.....	50
5.5.	Využití modelu DesQ-MaxQ	54
5.6.	Aplikace programu DesQ-MaxQ v zájmovém území	54
5.6.1.	Výsledky simulace v programu DeQ-MaxQ.....	54
6.	NÁVRH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ.....	56
6.1.	Aplikace metody pro posouzení efektivity (účinnosti) suché nádrže v zájmovém území ...	56
6.1.1.	Charakteristika metody	56
6.1.2.	Výpočetní schéma	57
6.2.	Suchá nádrž SN.....	58
7.	Seznam pozemků dotčených navrhovanými opatřeními	61
8.	ZÁVĚR	65
9.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	66

PŘÍLOHA Č.1 – HYDROLOGICKÉ ÚDAJE ČHMÚ

PŘÍLOHA Č.2 – HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

PŘÍLOHA Č.3 – LABORATORNÍ VYHODNOCENÍ PŮDNÍCH VZORKŮ

PŘÍLOHA Č.4 – FOTODOKUMENTACE – ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ

PŘÍLOHA Č.5 – FOTODOKUMENTACE – OBEC ZEMĚCHY

VÝKRESOVÉ PŘÍLOHY

01 – ZÁKRES DO VODOHOSPODÁŘSKÉ MAPY

02 – PŘEHLEDNÁ SITUACE

03 – ZÁKRES DÍLŮ PŮDNÍHO BLOKU

04 – SCHÉMA DÍLČÍCH POVODÍ

05 – SCHÉMA ODTOKOVÝCH DRAH

06 – SITUACE NAVRHOVANÝCH OPATŘENÍ

1. ÚVOD

Základním předpokladem pro ekologickou stabilizaci krajiny je ochrana kvantity a kvality vodních zdrojů, omezení degradace a devastace půdního fondu, zachování úrodnosti půdy, ochrana intravilánu sídelních celků, komunikačních staveb apod. Ekologická stabilizace krajiny z tohoto pohledu znamená především řešení odtokových procesů, s nimiž těsně souvisejí procesy uvolňování a transportu rozpuštěných látek a pevných částic erozními procesy. Efektivní návrh prvků protierozní ochrany proti vodní erozi musí spočívat v zachycení povrchově odtékající vody na chráněných pozemcích, převedení co největší části povrchového odtoku na vsak do půdního profilu a snížení rychlosti odtékající vody.

Předmětem této diplomové práce je posouzení stávajícího stavu zájmového území vyskytujícího se nad obcí Zeměchy (okr. Mělník). Na tomto území dochází při přívalových deštích k tvorbě povodňových průtoků, které následně ohrožují prostor obce. Tyto průtoky s sebou přinášejí také velké množství půdních částic uvolněných erozními procesy na zájmovém území. Cílem práce je proto návrh opatření, která umožní zmírnit negativní dopady těchto událostí v obci Zeměchy.

Studie protierozních a protipovodňových opatření v k.ú. Zeměchy (okr. Mělník) je rozdělena na 4 části. Úvodní část se věnuje základnímu popisu zájmového území. Zahrnuje základní charakteristiku území z hlediska jeho umístění, rozlohy, využití pozemků, geologie, pedologie, hydrologie apod. Dále jsou zde uvedeny výsledky terénního průzkumu v zájmovém povodí a provedeného zhodnocení jednotlivých prvků umožňujících transport povodňové vlny obcí do recipientu.

Druhá část se zaměřuje na posouzení erozní náchylnosti zemědělských pozemků k vodní erozi a odtoku transportovaného sedimentu do obce. Pro posouzení erozní ohroženosti jsou použity dvě základní metody, a to empirická metoda univerzální rovnice ztráty půdy Wischmeier-Smith (USLE – Universal Soil Loss Equation) a matematický simulační model povrchového odtoku a erozního procesu SMODERP, odvozený na katedře hydromeliorací a krajinného inženýrství Fakulty stavební ČVUT Praha. Posouzení odtoku sedimentu je dále řešeno metodou SRD (Sediment Delivery Ratio). Závěr části je věnován navrhovaným opatřením proti vodní erozi a porovnání výsledků eroze a transportních procesů před a po jejich realizaci.

Třetí část se zabývá posouzením odtokových poměrů v zájmovém povodí a stanovením návrhových charakteristik povodňových vln vyvolaných přívalovými dešti pomocí hydrologického srážkoodtokového modelu DesQ-MaxQ. Závěr části je opět věnován navrhovaným opatřením. Jsou zde uvedeny navržená protipovodňová opatření, porovnání současného stavu a stavu po jejich realizaci a posouzení jejich efektu na snížení odtoků ze zájmového území.

Závěrečná část se věnuje shrnutí navržených opatření proti vodní erozi, transportu půdních částic a proti odtoku vody ze zájmového území a tomu, zda jejich použití pomůže výrazně řešit problémy obce s odtokem a následným transportem půdních částic.

2. POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

2.1. Vymezení zájmové oblasti

Zájmová oblast řešeného povodí o rozloze cca 1,77 km² se nachází ve Středočeském kraji v okrese Mělník a leží jižně od obce Zeměchy. Oblast zahrnuje katastrální území (resp. jejich části) obcí Zeměchy u Kralup nad Vltavou, Otovice a Blevice.

Řešené povodí má přibližně obdélníkový tvar. Hranice povodí vychází v severozápadním cípu povodí z uzávěrného profilu, který se nachází na jižním okraji obce Zeměchy. Po jihozápadní straně následně obec obchází a přechází výběžek u Slatinského rybníka (259,00 m n.m.) při křížení silnic III třídy Olovnice – Slatina a Olovnice Blevice. Od tohoto výběžku se rozvodnice stáčí na jih a kopíruje přibližně tvar komunikace Olovnice – Blevice až do lesního komplexu nacházejícím se severozápadně od obce Blevice. Odtud rozvodnice dále pokračuje jihovýchodním směrem, kde obchází obec Otovice a od které se vrací obecně severním směrem zpět do uzávěrného profilu v obci Zeměchy.

2.2. Morfologické poměry

Morfologicky je zájmové území dosti členité. Jeho tvarování je určeno tím, že jeho středem prochází poměrně významná údolnice, do níž ústí z obou stran další méně významné údolnice.

Ve střední části zájmového území je poměrně malý lesní a křovinatý komplex. Zbylá část území je zemědělsky využívána. Severovýchodní část zájmového území je tvořena poměrně strmými a krátkými svahy, jihozápadní část území má svahy delší a plošší. Některé pozemky jsou využívány z hlediska erozního ohrožení vhodně (na sklonitých pozemcích jsou louky), některé naopak neodpovídají zásadám protierozního hospodaření (orba kolmo na vrstevnice).

V dolní části zájmového území, v místě napojení na intravilán obce Zeměchy, se nachází přírodní památka *Sprašová rokle*. *Rokle je vyvinutá jako erozní zářez na staré úvozové cestě, který v délce asi 350 m zasahuje v průměru 5-10 m pod úroveň okolního terénu. Nejvyšší sprašová stěna dosahuje výšky 19 m. [6]*

Místo s nejvyšší nadmořskou výškou je na jižní hranici území – vrch v místní části Za šachtou obce Otovice (274,7 m n.m.), nejnižší místo je naopak v místě, kde údolnice opouští zájmové území (uzávěrný profil) ve výšce cca 194,6 m n.m.

2.3. Hydrologické poměry

Hydrologicky náleží zájmové území do povodí dolní Vltavy. Voda z území odtéká do koryta Knovízského potoka, který protéká obcí Zeměchy. Samotným zájmovým územím neprochází žádný vodní tok, nevyskytuje se zde žádná vodní plocha a na pozemcích není zřízen žádný systém odvodnění.

Vlivem změny organizace zemědělských ploch a nevhodného způsobu orání polí dochází při přívalových srážkových událostech k tvorbě povodňové vlny, která je v povodí trychtýřovitého tvaru zaústěna do sprašové rokle. Sprašovou roklí je voda odvedena přímo do středu obce Zeměchy. V obci je částečně vybudována dešťová kanalizace, která umožňuje odtok dále do recipientu. (Podrobný popis odvádění dešťových vod v intravilánu obce je uveden v **Kap. 2.7.**)

K poslední bleskové povodni došlo ve večerních hodinách dne 9. 9. 2012, kdy se v oblasti povodí vyskytla intenzivní srážková událost. V horní části údolí o šířce několika desítek metrů, kde přechází pole do sprašové rokle, se podle pozorovatelů vytvořila vlna až 60 cm vysoká. Po překonání terénního stupně v horní části rokle, kde voda vyhloubila asi 1,5 m hluboký výmol, pokračovala voda roklí do obce. Vlna v roklí místy nastoupala až do výšky 1,8 m. Ve vodě odtékající z polí bylo unášeno velké množství půdních částic, které poté sedimentovaly v obci.

V průběhu této události bylo vodou a bahnem poničeno několik obytných domů a automobilů. Došlo také k poškození splaškové a dešťové kanalizace, komunikací a chodníků.

Hydrologické údaje

Pro posouzení a návrh protierozních a protipovodňových opatření v zájmovém povodí s uzávěrným profilem na konci sprašové rokle byla použita hydrologická data ČHMÚ (viz příloha č. 1 - Hydrologické údaje).



Obr. 1 - Výmol nad profilem sprašové rokle vytvořený soustředěným odtokem při povodni dne 9.9.2012 [1]



Obr. 2 - Škody na majetku způsobené povodňovou událostí dne 9.9.2012 [1]



Obr. 3 - Bahno transportované z polí do obce Zeměchy při povodňové události ze dne 9.9.2012 [1]

2.4. Geologické a půdní poměry

Z geologického hlediska je zájmová oblast řešeného povodí tvořena z větší části kvarténními horninami (spraše a sprašové hlíny) a karbonovými horninami (valounové pískovce, slepence, pískovce, prachovce, jílovce, uhelné sloje, brekcie, tufy a tufity). V jižní části se dále vyskytují křídové vápence a údolní polohy jsou vyplněny kvarténními smíšenými sedimenty.

Konkrétní charakteristiky jednotlivých hornin:

- **smíšený sediment [ID: 7]**

Útvar: Kvartér, Horniny: Sediment smíšený, Typ hornin: Sediment nezpevněný, Zrnitost: jemnozrnná převážně, Soustava: Český masiv

- **spraš a sprašová hlína [ID: 16]**

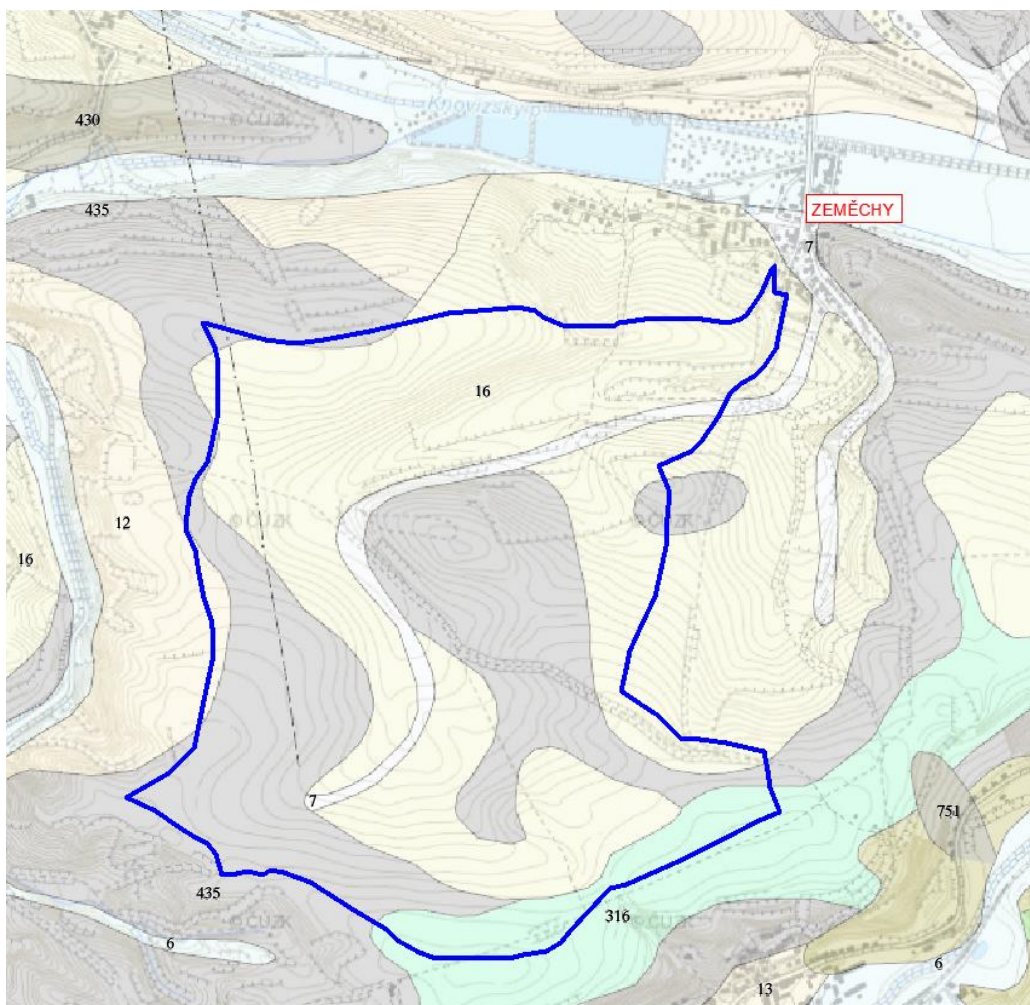
Útvar: Kvartér, Horniny: spraš, sprašová hlína, Typ hornin: sediment nezpevněný, Mineralogické složení: křemen + příměsi + CaCO₃, Barva: okrová, Soustava: Český masiv

- **vápence biodetritické [ID: 316]**

Útvar: křída, Horniny: vápenc biodetritický, Typ hornin: sediment zpevněný, Poznámka: biodetritický, Soustava: Český masiv, Region: Česká křídová pánev

- **valounové pískovce, slepence, pískovce, prachovce, jílovce, uhelné sloje, brekcie, tufy a tufity [ID: 435]**

Útvar: karbon, Horniny: pískovec, slepenec, prachovec, jílovec, uhelná sloj, brekcie, tuf, tufit, Typ hornin: sediment zpevněný, kaustobiolit, Soustava: Český masiv [2]

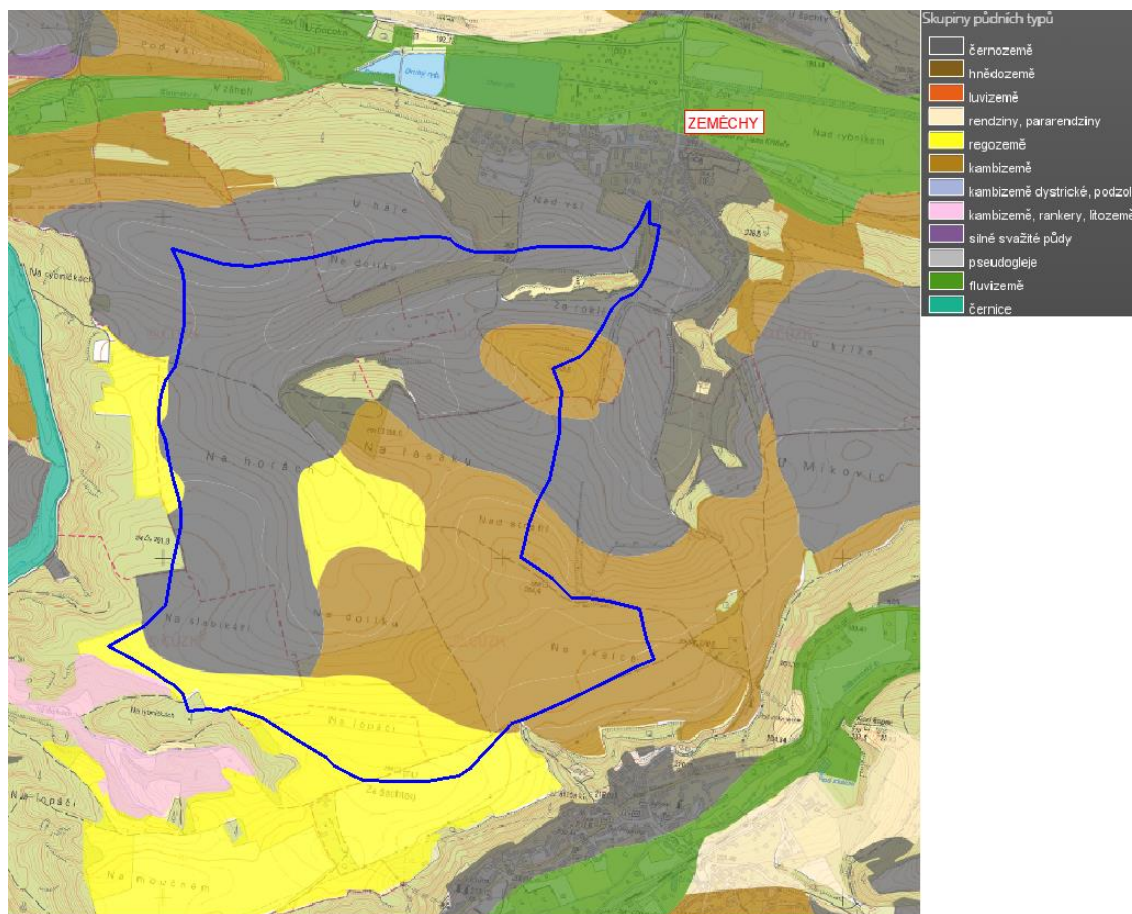


Obr. 4 - Geologická mapa zájmového povodí [2]

Z pedologického hlediska se v zájmovém povodí podle map BPEJ nacházejí půdy značené podle HPJ (hlavní půdní jednotky) kódy: 01, 05, 08, 21, 22, 31, 33, 39 (kód 01 a 31 je zastoupen nejčastěji). Shora uvedené hlavní půdní jednotky charakterizují půdy s následujícími vlastnostmi:

- **HPJ 01** - Černoze modální, černoze karbonátové, na spraších nebo karpatském flyši, půdy středně těžké, bez skeletu, velmi hluboké, převážně s příznivým vodním režimem
- **HPJ 05** - Černoze modální a černoze modální karbonátové, černoze luvické a fluvizemě modální i karbonátové na spraších s mocností 30 až 70 cm na velmi propustném podloží, středně těžké, převážně bezskeletovité, středně výsušné, závislé na srážkách ve vegetačním období
- **HPJ 08** - Černoze modální a černoze pelické, hnědozemě, luvizemě, popřípadě i kambizemě luvické, smyté, kde dochází ke kultivaci přechodného horizontu nebo substrátu na ploše větší než 50 %, na spraších, sprašových a svahových hlínách, středně těžké i těžší, převážně bez skeletu a ve vyšší sklonitosti
- **HPJ 21** - Půdy arenického subtypu, regozemě, pararendziny, kambizemě, popřípadě i fluvizemě na lehkých, nevododržných, silně výsušných substrátech
- **HPJ 22** - Půdy jako předcházející HPJ 21 na mírně těžších substrátech typu hlinitý písek nebo písčité hlína s vodním režimem poněkud příznivějším než předcházející
- **HPJ 31** - Kambizemě modální až arenické, eubazické až mezobazické na sedimentárních, minerálně chudých substrátech – pískovce, křídové opuky, permokarbon, vždy však lehké, bez skeletu až středně skeletovité, málo vododržné, výsušné
- **HPJ 33** - Kambizemě modální eubazické až mezobazické a kambizemě modální rubifikované na těžších zvětralinách permokarbonu, těžké i středně těžké, někdy i středně skeletovité, s příznivými vláhovými poměry
- **HPJ 39** - Litozemě modální na substrátech bez rozlišení, s mělkým drnovým horizontem s výchozy pevných hornin, zpravidla 10 až 15 cm mocným, s nepříznivými vláhovými poměry [3]

Pro stanovení erozní ohroženosti pozemků a návrh protierozních opatření byl v rámci studie proveden vlastní zpřesňující pedologický průzkum (odebráno 6 půdních vzorků). Podrobně jsou jeho výsledky uvedeny v příloze č.3 této studie. Místa odběru půdních vzorků, uvedená v následujícím textu, jsou znázorněna v mapové příloze č. 05 – Schéma odtokových drah. Z hlediska půdních druhů se jedná převážně o půdy hlinité (sondy S1, S2, S3) a písčitohlinité (sonda S4, S5, S6).



Obr. 5 - Pedologická mapa zájmového území [4]

2.5. Půdní bloky a jejich využívání

Zájmové území v minulosti bylo a dosud je intenzivně zemědělsky využíváno. Pozemky povodí jsou využívány převážně jako orná půda, ale některé plochy (zejména svažitějších pozemků) jsou trvale zatravněny a sečeny jako louky.

Vzhledem k tomu, že doposud není pro k.ú. Zeměchy u Kralup nad Vltavou, k.ú., Otovice ani pro k.ú. Blevice zpracován projekt komplexních pozemkových úprav byly hranice jednotlivých bloků a způsob jejich využití převzaty z mapového serveru eAGRI [5] a následně potvrzeny terénním průzkumem.

Celková plocha povodí činí 177,19 ha, celková rozloha zemědělské půdy v zájmovém území činí 164,69 ha z toho orná půda 154,56 ha (87,2 %), louky a pastviny 10,13 ha (5,7%). Zemědělská půda činí 92,9 % celkové plochy povodí. V zájmovém území se nachází malá rozloha lesních a křovinatých komplexů. Jejich plocha činí pouze 11,29 ha (6,4%) plochy zájmového území.

Přehled půdních bloků včetně jejich využití v době průzkumu je uveden v **Tab. 1** a graficky znázorněny v mapové příloze č. 03 – Zákres dílů půdního bloku.

Tab. 1 - Přehled půdních bloků v zájmovém území [5]

Číslo bloku	Výměra [ha]	Uživatel	Současné využití pozemku	Územní příslušnost
1602	6,28	Agroma Černuc, s.r.o.	R	Kladno
1704	7,61	Václav Kubelka	R	Kladno
1704/1	0,89	Lukáš Plechatý	R	Kladno
1704/2	7,60	Václav Kubelka	R	Kladno
2601/1	26,85	Agrobos spol. s.r.o.	R	Kladno
2601/4	9,91	Václav Kubelka	R	Kladno
2601/5	14,60	Agroma Černuc, s.r.o.	R	Kladno
2602/5	3,45	Agroma Černuc, s.r.o.	R	Kladno
2603/4	24,54	Agroma Černuc, s.r.o.	R	Kladno
2604/1	6,37	Agroma Černuc, s.r.o.	R	Kladno
2604/2	1,96	Václav Kubelka	R	Kladno
2605/1	3,91	Agroma Černuc, s.r.o.	R	Kladno
2606/1	1,35	Václav Kubelka	R	Kladno
2701/4	10,95	Václav Kubelka	R	Kladno
2701/4	10,86	Václav Kubelka	R	Kladno
2702/2	56,93	Agrobos spol. s.r.o.	R	Kladno
2702/3	25,70	Václav Kubelka	R	Kladno
2706/2	21,85	Agroma Černuc, s.r.o.	R	Kladno
2706/3	0,84	Václav Kubelka	R	Kladno
2706/3	0,87	Václav Kubelka	R	Kladno

Vysvětlivky:

R Standardní orná půda

1602 Účinné díly půdního bloku

1704 Rozpracované díly půdního bloku

2.6. Popis krajinných prvků

Popis krajinných prvků vyskytujících se na zájmovém území vychází z výsledků terénního průzkumu, který byl proveden v září 2016. Umístění těchto prvků je také vyznačeno čísly v příložené situaci (viz příloha č. 4 Fotodokumentace – zájmové území).

2.6.1. Přírodní památka Sprašová rokle u Zeměch

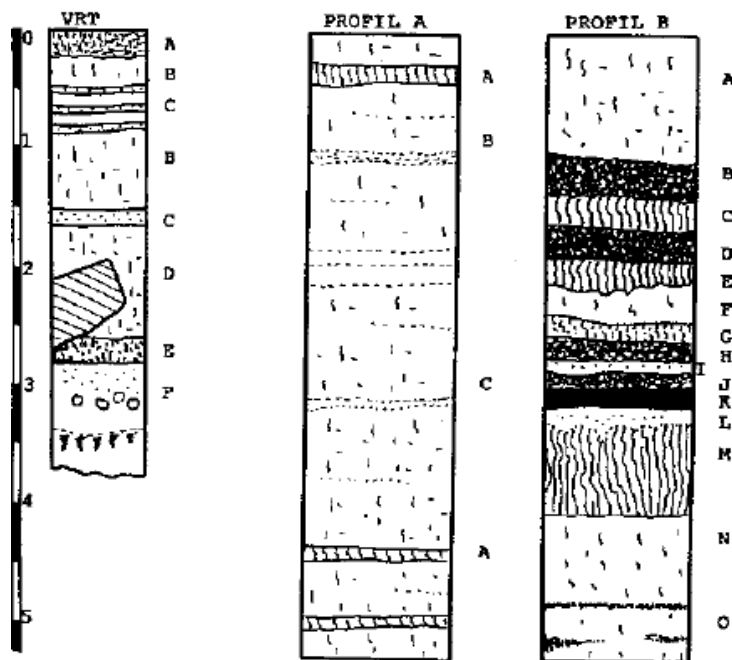
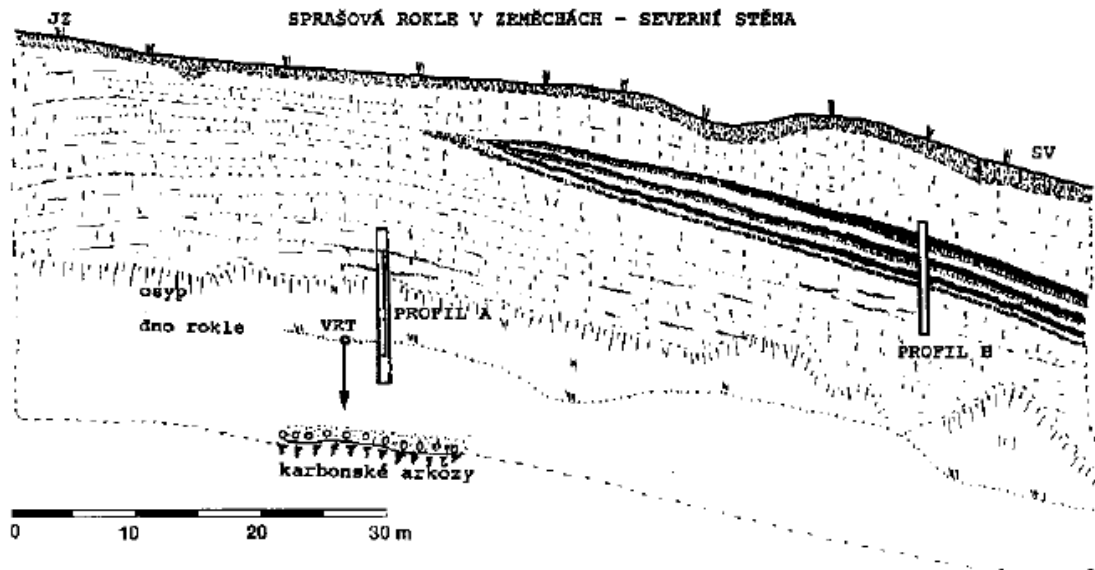
Na jižním konci obce, asi 200 m jz. od kostela, začíná hned za posledními domy legislativně chráněné území označované jako Sprašová rokle. Představuje jeden ze dvou sprašových profilů umožňujících ve středočeské oblasti studium relativně úplného sledu sedimentů posledního glaciálního cyklu.

Rokle je vyvinutá jako mladý erozní zářez na staré úvozové cestě, který v délce asi 350 m zasahuje v průměru 5-10 m pod úroveň okolního terénu. Nejvyšší sprašová stěna dosahuje výšky 19 m. Na obou stranách rokle, zvláště pak ve střední části severní stěny, vystupují fosilní půdy v podobě více či méně diferencované sekvence půd komplexu PK II a PK III. Nejasný, erozně postižený úsek nejmladšího komplexu PK I vystupuje jen v malé části jižní stěny rokle.

Rokle prořezává plochou sprašovou dunu orientovanou zhruba v.-z. směrem, jejíž střed se nacházel přibližně v místě současné nejvyšší stěny. Od ní se vrstvy sklání na obě strany k V i Z. Podloží duny leží asi 4 m pod dnešním dnem rokle. Je tvořeno rozpadavými karbonskými arkózami, na kterých spočívají žluté písky a drobné šterky terasy Knovízského potoka. Poloha pod dnem údolí je tvořena nahnědlými, kompaktními, částečně dekalciifikovanými a hydromorfně postiženými sprašemi obsahujícími písčité splachy. Pravděpodobně jde o přeplavené váte písky. Nade dnem rokle je odkryta spraš předposledního cyklu. Je tvořena vcelku homogenním souvrstvím žluté vápnité spraše, ve které se objevují difuzní polohy načervenalé spraše a tenké písčité vrstvičky. Na navětralé stěně je patrné téměř ekvidistantní dělení na vrstvičky o mocnosti 3-5 cm, svědčící na jednorázové písčité bouře začínající pískem a pokračující zjemňující se prachovou frakcí. Písčité vrstvičky jsou místy díky větší propustnosti postiženy postdepoziciční iluviací a zreznutím, které jim dodává vzhled tundrových glejů. V odkrytém profilu byly rovněž nalezeny dvě až tři polohy tundrových glejů v lokálním vývoji jako sedimenty sezónních mokřadů.

Až 2 m mocné zemské souvrství je vyvinuto jako typický komplex černozemi, neobvykle mocného lesivovaného horizontu a podložní parahnědozemí. Černozem se skládá ze dvou odlišných horizontů – spodní masivní jílovité černozemi a nad ní ležící klasické drobtovité černozemi. Světla mezivrstva procházející uprostřed spodní černozemi pravděpodobně představuje tzv. marker sensu (Kukla 1975). Nad ní se nachází poněkud světlejší černozem reprezentující půdní sediment (částečně přepracované hlinopísky derivované z černozemi). Nahnědlá, slabá sprašová půda nad černozemí PK III je rovněž splachem hlinopísků odvozeným ze spraše. Komplex PK II je tvořen slabou podložní spraší a obvyklou dvojicí černozemí a hnědozemí. Komplex PK I je vyvinut torzovitě. Dva důležité erozní eventy se odehrály před depozicí černozemí PK III a nehluboko pod PK I. Celé, až 28 m mocné sprašové souvrství kryjí splachy holocenních zemědělských půd v podobě částečně degradovaných černozemí, v nichž byl nalezen střepový materiál pocházející z mladší doby bronzové a z doby stěhování národů.

Na mnoha místech lze ve spraších zaznamenat stopy bioeroze. Jde o tunely bezobratlých vyplněné kompaktní spraší, duté vertikální, subvertikální a subhorizontální tunely interpretované jako kořenové stopy, recentní a subrecentní stopy hmyzu, stopy po činnosti ptáků (důlky o průměru až 10 cm a hloubce kolem 5 cm) a savců (zemní nory a drobnější otvory vytvořené pravděpodobně hlodavci). [6]



Vysvětlivky:

VRT A: A – mladý půdní splach; B – vápnitá spraš; C – mezivrstvy vátých písků; D – spraš s blokem karbonské arkózy; E – splachy jílovitých zvětralin; F – přeplavené váté písky na terase Knovízského potoka. PROFIL A: A – splach načervenalé spraše; B – vápnitá písčité spraš do hloubky tmavnoucí; C – písčité vrstvičky. PROFIL B: A – spraš posledního glaciálu; B – drobtovitá černozem PK II; C – odvápněná parahnědozem PK II; D – spodní černozem PK II; E – spodní parahnědozem PK II; F – světle hnědá spraš; G – slabě vápnitá sprašová půda; H – problematická světlejší černozem; I – světlá vrstva markeru sensu; J – slabě vápnitá černozem PK III; K – podobně jako J, více jílovitá; L – vybělený, slabě písčité horizont černozemě PK III; M – parahnědozem; N – vápnitá spraš předposledního glaciálu; O – písčité polohy a gleje.

Obr. 6 - Stratigrafické schéma severní stěny sprašové rokles a detail vyznačených profilů podle Cílka (1996) [6]



Obr. 7 - Vstup do sprašové rokle



Obr. 8 - Až 10 m vysoké stěny odkrývající profily v plaistocenních spraších



Obr. 9 – Ve sprašovém profilu zachované polohy fosilních půd, nejčastěji hnědozemě a černozemě komplexu PKII a PKIII

2.6.2. Meze

Severovýchodní část zájmového území je tvořena pozemky s poměrně strmými svahy. Na těchto svazích jsou v současné době umístěny meze, které jsou navrženy jednak jako protierozní opatření (snížení odnosu půdních částic přerušením odtokové dráhy), jednak jako optické rozdělení dlouhých svahů. Meze jsou řešeny jako terénní vlny, které jsou zatravněny a osázeny keři.



Obr. 10 - Protierozní meze v zájmovém území



Obr. 11 - Další příklad protierozních mezí v zájmovém území

2.6.3. Lesní a křovinatý komplex

Ve střední části zájmového území je poměrně malý lesní a křovinatý komplex, který je tvořen ve spodní části listnatým lesem s převahou olší a náletových dřevin jako je např. bříza a v horní části hustými keřovými porosty. Komplex má estetickou funkci a snižuje erozní náchylnost zájmového území.



Obr. 12 - Pohled na spodní část komplexu



Obr. 13 - Pohled na horní část komplexu

2.6.4. Komunikace

Zájmovým územím neprochází žádná státní, okresní ani místní komunikace. Vyskytuje se zde pouze systém polních cest, který umožňuje transport zemědělské techniky. Hustota polních cest je dostatečná. U tohoto typu vozovek odpovídá technický stav stupni jejich využívání. V horní části území prochází komunikace, které obchází a kříží profil sprašové rokle. Tyto komunikace jsou bez zpevnění a tvoří je pouze vyjeté koleje na zatravněném pásu. Ostatní komunikace jsou částečně zpevněné navážkou ze stavební suti se zatravněným středním pruhem. Šířka polních cest je 2,5 až 3,5 m.



Obr. 14 - Polní cesta křížící profil sprašové rokle



Obr. 15 - Částečně zpevněná polní cesta

2.7. Popis odvádění dešťových vod z prostoru obce Zeměchy

Popis prvků, umožňujících odvádění dešťových vod, vyskytujících se na území obce vychází z výsledků terénního průzkumu, který byl proveden v září 2016. Umístění těchto prvků je také vyznačeno čísly v příložené situaci (viz příloha č. 5 Fotodokumentace – obec Zeměchy).

2.7.1. Vyústění ze sprašové rokle

Na jižním konci obce, v místě vyústění ze sprašové rokle, se nachází horská vpust, která má sloužit pro odvádění srážkových vod stékajících sem profilem rokle ze zájmového území umístěného nad obcí. Vpust je ve spodní části tvořena betonovým dnem s odtokovým betonovým potrubím DN 400. Horní část je ze tří stran tvořena cihlami uloženými na sucho a vyskládanými do úrovně terénu. Vstup do vpusti je chráněn ocelovou mříží. Vpust a její okolí je poměrně hodně zarostlé vegetací a zanesené naplaveným materiálem, je proto na místě provádění její periodické údržby (odstranění naplaveného materiálu a náletové vegetace). Udržování dobrého technického stavu této vpusti je důležité především z hlediska bezpečného odvádění přítoků dešťové vody přitékajících roklí.



Obr. 16 - Přítok do horské vpusti na výstupu ze sprašové rokle



Obr. 17 - Horská vpust na výstupu ze sprášové rokle s odtokovým potrubím DN 400

2.7.2. Ulice Pod Špičákem

Po levé straně této ulice vede podél komunikace otevřený příkop pro odvádění dešťových vod. Příkop je nezpevněný a ohraničený z jedné strany zeleným pásem vedoucím podél komunikace a z druhé strany opěrnými zídkami plotů sousedních objektů. Do příkopu jsou zaústěny svody dešťové vody z okolních objektů a komunikací. V příkopu se dále nachází větší počet vystouplých betonových skruží a poklopů šachet splaškové kanalizace a nízkých propustků sloužících jako vjezdy do objektů. Tyto objekty významně snižují průtočnou kapacitu příkopu.

Ve spodní části ulice v místě jejího napojení na ulici V Rokli přechází příkop do betonových žlabovek, které následně ústí do horské vpusti. Tato vpust je betonová, krytá ocelovou mříží s odtokovým potrubím DN 400, které pokračuje dále ulicí a následně se v ulici 9. Května spojuje s potrubím dešťové kanalizace z horské vpusti umístěné na výstupu ze Sprášové rokle. Odvodňovací žlabovky i vpust jsou v současné době v poměrně dobrém stavu, pouze je zapotřebí odstraňovat naplavované nánosy.



Obr. 18 - Otevřený příkop v ulici Pod Špičákem



Obr. 19 - Betonové žlabovky ve spodní části ulice Pod Špičákem



Obr. 20 - Horská vpust s odtokovým potrubím DN 400 v ulici Pod Špičákem

2.7.3. Ulice 9. Května

Odvádění dešťových vod z této ulice je řešeno jednak pomocí betonových odvodňovacích žlabovek, které jsou vybudovány ve dvou krátkých úsecích podél komunikace, jednak pomocí dešťových vpustí zaústěných do dešťové kanalizace procházející touto ulicí.

První úsek betonových žlabovek začíná na konci parkoviště u objektu stojícího na křížení ulice 9. Května s ulicí Školská. Voda je odtud odváděna do otevřeného příkopu vedoucího po pravé straně komunikace ve střední části ulice a pak dále do vodoteče. V místě křížení s komunikací jsou žlabovky nahrazeny krytým žlábkem. Vyústění ze žlábků je opevněno a zajištěno krátkým plastovým potrubím DN 250. Druhý úsek žlabovek je veden po levé straně komunikace podél objektu stojícího na křížení ulice 9. Května a ulice u Kovárny. Oba úseky jsou v dobrém stavu, pouze je zapotřebí zajistit jejich vyčištění a odstranit naplavené nečistoty.



Obr. 21 - Betonové žlabovky v ulici 9.Května



Obr. 22 – Krytý žlábek na křížení ulice 9. Května a ulice Na Rybníkách

Voda odtékající pomocí dešťových vpustí do dešťové kanalizace je stejně jako u prvního úseku betonových žlabovek odváděna do otevřeného příkopu vedoucího po pravé straně komunikace a z něj pak dále do vodoteče. V místě vyústění do příkopu má dešťová kanalizace profil DN 600.



Obr. 23 - Vyústění dešťové kanalizace a odtoku z krytého žlábků do otevřeného příkopu

Příkop vedoucí podél komunikace v délce přibližně 125 m odvádí přitékající vodu do koryta Knovízského potoka protékajícího ve spodní části obce. Má lichoběžníkový profil a jsou do něj zaústěny kromě dešťové kanalizace a odtoku vody z komunikace také dešťové svody z okolních objektů. V úseku od vyústění dešťové kanalizace po křížení s ulicí Školní je opevněno pouze dno příkopu, a to betonovými panely ohraničenými betonovými obrubami. V úseku od křížení po vyústění je pak opevněno dno i svahy příkopu pomocí kamenné dlažby.



Obr. 24 - Vyústění příkopu do koryta Knovízského potoka

3. ŘEŠENÍ VODNÍ EROZE

Zájmová oblast řešeného povodí je v současné době intenzivně zemědělsky využívána. Pozemky povodí jsou tvořeny rozsáhlými plochami orné půdy, na který se pěstují převážně obiloviny (např. ozimá pšenice). V současné době je většina těchto pozemků obhospodařována způsobem, který se neshoduje se zásadami dobré zemědělské praxe. Tyto plochy orné půdy jsou orány ve směru kolmo na vrstevnice. Orba kolmo na vrstevnice umožňuje vznik preferenčních cest pro odtok vody z polí, a to v kombinaci s velikostí pozemků, změnou jejich organizace a morfologií terénu umožňuje uvolňování velkého množství erodovaných půdních částic a tvorbu povodňových průtoků, které tyto částice transportují do profilu sprašové rokle a následně do prostoru obce.

V dalším textu je uvedena metodika výpočtu erozní ohroženosti pozemků v povodí a návrh protierozních opatření. Dále je uvedena metodika orientačního výpočtu celkového průměrného ročního množství erozních smyvů ze zemědělského půdního fondu v povodí a určení množství sedimentu, který může být transportován do uzávěrového profilu povodí. Odhad transportovatelného ročního množství půdních částic je proveden jednak pro současný stav využívání zemědělských pozemků, jednak pro stav po realizaci navržených protierozních opatření.

Pro návrh a posouzení protierozních opatření v zájmovém území byl proveden výpočet erozní ohroženosti pro jednotlivé svahy území. Pro tento výpočet byly použity dvě metody, a to empirická metoda univerzální rovnice ztráty půdy Wischmeier-Smith (USLE – Universal Soil Loss Equation) a matematický simulační model povrchového odtoku a erozního procesu SMODERP. Poté byly výsledky obou metod porovnány a byla vybrána vhodná metoda pro návrh protierozních opatření. Posouzení odtoku sedimentu bylo řešeno metodou SRD (Sediment Delivery Ratio). Výpočet byl proveden jednak pro stávající využití pozemků, jednak pro návrhový stav (realizace protierozních opatření).

3.1. Metoda univerzální rovnice ztráty půdy USLE

Hlavní empirickou metodu pro hodnocení erozní ohroženosti pozemků tvoří Univerzální rovnice ztráty půdy Wischmeier-Smith (USLE – Universal Soil Loss Equation). Tato metoda odvozená v USA v letech 1961–1962 byla velice oblíbenou metodou pro svou jednoduchost (násobení 6 faktorů), a také pro relativně snadné určení vstupních parametrů pro výpočet. Uvedená jednoduchost výpočtu byla nespornou předností v minulosti, kdy projektanti neměli k dispozici výkonnou výpočetní techniku a metodu USLE bylo možno řešit na nejjednodušší kalkulačce.

Univerzální rovnice ztráty půdy vychází z principu tzv. přípustné ztráty půdy. Přípustná ztráta půdy byla definována jako "maximální hodnota eroze půdy, která dovoluje udržovat trvale a ekonomicky dostupně vysokou úroveň úrodnosti půdy". Hodnoty přípustné ztráty půdy byly stanoveny v USA při odvozování USLE řadou odborníků z oblasti pedologie, zemědělství, geologie, erodologů, ekonomů a dalších odborníků, a to ve výši 1 až 5 t na akr ročně. Hodnoty přípustné ztráty půdy, používané v České republice byly

stanoveny na základě amerických hodnot a jsou tedy mimo jiné ovlivněny přírodními a zemědělsko-ekonomickými podmínkami, pro něž byly tyto hodnoty v USA odvozeny.

Kromě toho je nutno si uvědomit, že intenzita erozních procesů, stanovená pomocí Universální rovnice ztráty půdy, představuje dlouhodobé průměrné roční hodnoty, které mohou být v jednom vodním roce překročeny nebo mohou být dokonce dosaženy pouze jednou významnou přivalovou srážkou. Tato rovnice neumožňuje volbu návrhové srážky pro návrh protierozních opatření, pro účely ochrany intravilánu nebo z hlediska ochrany kvality vodních zdrojů. Mezi odborníky probíhá již delší dobu diskuse o vhodnosti používaných limitů přípustné ztráty půdy, a to zejména z hlediska vlivu erozních procesů na kvalitu vodních zdrojů.

Další nevýhodou uvedené metody Universální rovnice ztráty půdy je skutečnost, že je možno buď stanovit hodnotu průměrné roční ztráty půdy z vyšetřovaného pozemku, nebo na základě porovnání této hodnoty s hodnotou přípustné ztráty půdy stanovit tzv. přípustnou délku pozemku, tj. maximální nepřerušenu délku svahu z hlediska tvorby a rozvoje erozních procesů. Tato metoda však nedává podklady pro dimenzování technických prvků protierozní ochrany (vsakovací nebo odváděcí příkopy). Tyto hodnoty, potřebné pro návrh a dimenzování příčných profilů záchytných příkopů, je možno získat z jiné metody – např. metoda CN křivek. Tato metoda byla však odvozena na základě zcela jiných předpokladů a principů než metoda USLE a výsledky, získané z obou metod, lze velice nesnadno propojovat.

Popis jednotlivých faktorů univerzální rovnice ztráty půdy:

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad [t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}] \quad [7]$$

Kde: G je průměrná roční ztráta půdy

R – dešťový faktor

K – půdní faktor

L – faktor délky svahu

S – faktor sklonu svahu

C – faktor vegetace a způsobu obdělávání půdy

P – faktor účinnosti protierozních opatření

R – Faktor erozní účinnosti přivalového deště

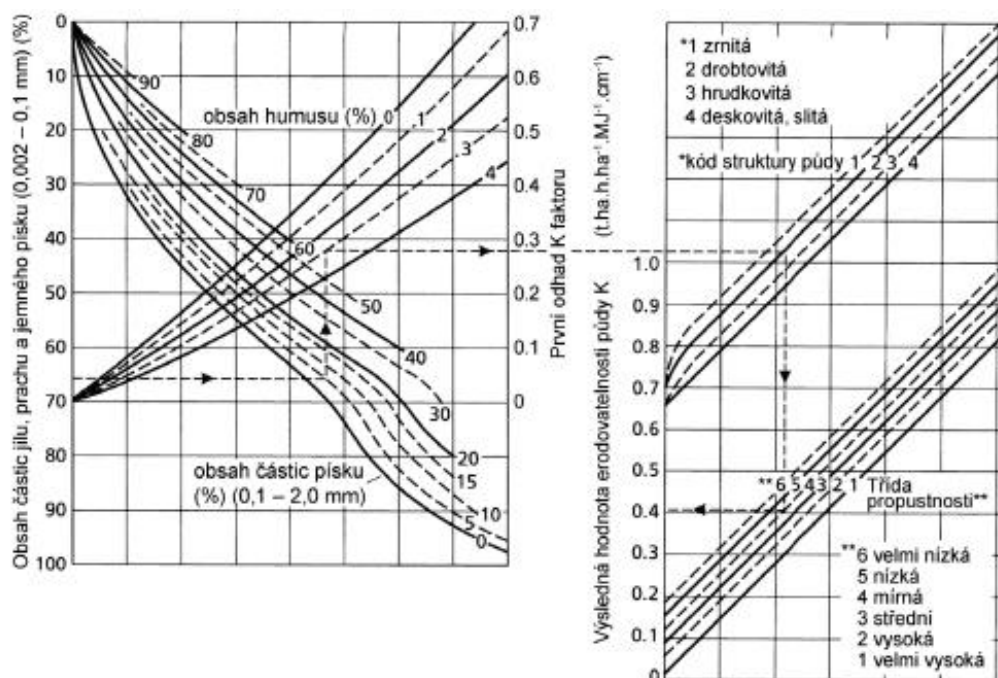
Roční hodnota faktoru R se určuje z dlouhodobých záznamů o srážkách a představuje součet erozní účinnosti jednotlivých přivalových dešťů, které se v daném roce vyskytly, přičemž se neuvažují deště s úhrnem menším než 12,5 mm a pokud v průběhu 15 minut nepadlo alespoň 6,25 mm. Tyto deště musí být oddělené od ostatních dobou delší než 6 hodin [7]. Nejnovější metodika (Janeček M. a kol. 2012) uvádí hodnotu R – faktoru jako $R = 40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$, proto bylo ve všech výpočtech počítáno s touto hodnotou. Starší

metodiky uvádějí hodnotu R – faktoru $R = 20 \text{ MJ.ha}^{-1}.\text{cm.h}^{-1}$. Použití této hodnoty by, při zachování všech ostatních parametrů rovnice, mělo za následek, že by byl vypočten poloviční dlouhodobý průměrný roční smyv půdy G.

K – Faktor erodovatelnosti půdy

Faktor erodovatelnosti půdy K je v USLE definován jako ztráta půdy ze standardního pozemku vyjádřená v t.ha^{-1} na jednotku faktoru erozní účinnosti deště R ($\text{MJ.ha}^{-1}.\text{cm.h}^{-1}$) [7]. Hodnota K faktoru je závislá na struktuře ornice, obsahu organické hmoty a propustnosti půdního profilu. Vlastnosti půdy ovlivňují náchylnost půdy k erozi, tedy schopnost půdy odolávat proti rozrušujícímu účinku deště a transportu povrchově odtékající vodou [7]. Faktor erodovatelnosti půdy byl určen pro jednotlivé pozemky ve dvou variantách:

- na základě hlavních půdních jednotek HPJ z databáze bonitovaných půdně ekologických jednotek BPEJ
- na základě výsledků laboratorního rozboru půdních vzorků (nomogram pro stanovení K – faktoru)



Obr. 25 - Nomogram pro určení faktoru erodovatelnosti půdy K převedený do metrických jednotek používaných v ČR [$\text{t.ha.h.ha}^{-1}.\text{MJ}^{-1}.\text{cm}^{-1}$] [7]

L, S – Faktor délky a sklonu svahu

Vliv sklonu a délky svahu na intenzitu eroze je vyjádřen kombinací faktoru sklonu svahu S a faktoru délky svahu L, tzv. topografickým faktorem LS, který představuje poměr ztráty půdy na jednotku plochy svahu ke ztrátě půdy na standardním pozemku o délce 22,13 m a sklonem 9 %. L – faktor délky svahu vyjadřuje vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí, S – faktor sklonu svahu vyjadřuje vliv sklonu na velikost ztráty půdy erozí [7].

Faktor délky svahu L byl určen z rovnice:

$$L = (l/22,13)^m$$

Kde: 22,13 je délka standartního pozemku [m]

l horizontální projekce délky svahu (uvažuje se nepřerušená délka svahu), není to vzdálenost rovnoběžná s povrchem půdy [m]

m exponent sklonu svahu vyjadřující náchylnost k tvorbě rýžkové eroze

Faktor sklonu svahu S byl určen z rovnice:

$$S = 0,03S_1 + 0,06S_2 + 0,07S_3 + 0,09S_4 + 0,10S_5 + 0,11S_6 + 0,12S_7 + 0,13S_8 + 0,14S_9 + 0,15S_{10}$$

Kde: S_i je hodnota faktoru S pro *i*-tý úsek svahu, rozděleného na deset úseků stejné délky [7].

Tato rovnice umožňuje zpřesnění výpočtu faktoru sklonu S zahrnutím vlivu tvaru svahu.

C – Faktor ochranného vlivu vegetace

Vliv vegetačního pokryvu na smyv půdy se projevuje přímou ochranou půdy před destruktivním působením dopadajících dešťových kapek a zpomalováním rychlosti povrchového odtoku a nepřímo působením vegetace na půdní vlastnosti, zejména na pórovitost a propustnost, včetně omezení možnosti zanášení pórů jemnými půdními částicemi.

Ochranný vliv vegetace je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu v době výskytu přívalových dešťů (měsíce duben – září). Ochranný vliv vegetačního pokryvu je v USLE vyjádřen faktorem C.

Hodnoty faktoru C pro plodiny, představují poměr smyvu na pozemku s pěstovanými plodinami ke ztrátě půdy na standartním pozemku, který je udržován jako úhor, pravidelně po každém dešti kypřený [7].

Faktor ochranného vlivu vegetace C byl určen na základě plodiny, která se nacházela na příslušném půdním bloku v době průzkumu.

P – Faktor účinnosti protierozních opatření

Faktor účinnosti protierozních opatření P má zpravidla hodnotu $P = 1$, tj. v řešené oblasti nejsou realizována technická protierozní opatření.

3.1.1. Aplikace metody univerzální rovnice v zájmovém povodí

Hranice jednotlivých půdních bloků a způsob jejich využití byly převzaty z mapového serveru eAGRI [5] a následně potvrzeny terénním průzkumem. Pro každý profil (reprezentující určitou část nebo celý zemědělský pozemek) byly stanoveny hodnoty základních faktorů, ovlivňujících erozní ohroženost.

Pro každý půdní blok byl stanoven jeden nebo více charakteristických profilů, určujících dráhy povrchového odtoku (viz mapová příloha č. 05 – Schéma odtokových drah). Celkem bylo zvoleno v celém zájmovém území 24 charakteristických profilů a pro každý byla určena průměrná roční ztráta půdy dle univerzální rovnice ztráty půdy USLE.

Dešťový faktor R byl zvolen pro celou řešenou oblast jednotnou hodnotou $R = 40$ [$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$] (průměrná hodnota pro ČR). Faktor délky svahu L byl určen pro každý charakteristický profil na základě délky, odměřené z mapy 1:10 000. Faktor sklonu svahu S byl stanoven pro každý charakteristický profil výpočtem na základě váženého průměru sklonů deseti úseků svahu, určených z mapy 1:10 000. Faktor vegetace C byl volen pro současný stav pro pozemky orné půdy hodnotou $C = 0,12$ (obiloviny). Stávající trvalé travní porosty (louky a pastviny) byly popsány hodnotou $C = 0,005$. Faktor účinnosti protierozních opatření P byl pro všechny výpočtové varianty uvažován pro celou oblast jednotně $P = 1,0$.

Půdní faktor K byl určen pro každý pozemek stanoven ve dvou variantách. První varianta uvažuje hodnotu faktoru na základě váženého průměru hlavních půdních jednotek HPJ z databáze bonitovaných půdně ekologických jednotek BPEJ, druhá varianta na základě výsledků vlastního pedologického průzkumu (nomogram pro stanovení K – faktoru).

Hodnoty faktorů a výsledky výpočtu průměrné roční ztráty půdy pro půdní bloky v zájmovém území jsou uvedeny v **Tab. 2 a 3**. Výpočet byl proveden pro současný stav využívání zemědělské půdy.

3.1.2. Výpočet ztráty půdy na pozemcích povodí metodou USLE (současný stav využívání pozemků)

Tab. 2 - Výpočet ztráty půdy dle USLE var. I. (K faktor určen na základě HPJ z databáze bonitovaných půdně ekologických jednotek BPEJ) – současný stav

Číslo pozemku	A [ha]	Lp [m]	Sklon [%]	S faktor	L faktor	K faktor	C faktor	G [t/ha.r]	G [t/r]	Ohroženost [max 4 t/ha.r]
P1	27,64	495,5	5,6	0,56	3,66	0,26	0,12	2,52	69,57	-
P2	7,72	287,0	4,5	0,42	2,66	0,37	0,12	2,02	15,56	-
P3	9,23	424,3	4,6	0,46	3,12	0,34	0,12	2,38	21,97	-
P4	12,87	527,7	4,9	0,56	3,51	0,39	0,12	3,74	48,14	-
P5	3,93	297,6	5,3	0,57	2,90	0,38	0,12	3,05	11,96	-
P6	15,66	381,6	7,4	0,86	3,77	0,41	0,12	6,34	99,30	Ohroženo
P7	11,86	380,9	8,8	1,40	4,10	0,45	0,09	9,11	108,01	Ohroženo
P8	5,14	126,2	13,5	2,24	2,67	0,42	0,07	6,71	34,51	Ohroženo
P9	5,21	203,0	13,3	1,96	3,48	0,31	0,07	6,26	32,65	Ohroženo
P10	3,59	198,7	5,9	0,53	2,56	0,25	0,08	1,02	3,65	-
P11	7,24	257,0	10,1	1,05	3,59	0,44	0,10	6,73	48,66	Ohroženo
P12	2,86	136,2	7,3	1,08	2,32	0,37	0,12	4,48	12,81	Ohroženo

P13	4,36	192,2	8,3	0,93	2,86	0,20	0,12	2,54	11,07	-
P14	1,22	189,7	2,2	0,19	1,72	0,34	0,12	0,54	0,67	-
P15	1,14	128,6	2,8	0,23	1,68	0,15	0,12	0,28	0,32	-
P16	2,89	231,2	3,5	0,29	2,20	0,16	0,12	0,50	1,44	-
P17	8,76	485,0	5,4	0,54	3,55	0,31	0,12	2,86	25,05	-
P18	1,32	122,1	4,3	0,45	1,89	0,16	0,12	0,65	0,86	-
P19	9,01	443,5	3,9	0,39	2,91	0,17	0,12	0,91	8,18	-
P20	2,94	293,8	3,8	0,32	2,48	0,16	0,12	0,60	1,76	-
P21	4,58	411,7	4,9	0,46	3,18	0,18	0,12	1,28	5,85	-
P22	2,28	105,3	4,4	0,42	1,79	0,17	0,12	0,60	1,35	-
P23	14,82	392,7	2,5	0,27	2,21	0,18	0,12	0,52	7,75	-
P24	1,63	191,7	1,7	0,19	1,59	0,24	0,12	0,34	0,56	-
Celkem								65,97	571,68	

Tab. 3 - Výpočet ztráty půdy dle USLE var. II. (K faktor určen na základě výsledků vlastního pedologického průzkumu) – současný stav

Číslo pozemku	Číslo sondy	A [ha]	Lp [m]	Sklon [%]	S faktor	L faktor	K faktor	C faktor	G [t/ha.r]	G [t/r]	Ohroženost [max 4 t/ha.r]
P1	S4	27,64	495,5	5,6	0,56	3,66	0,42	0,12	4,11	113,66	Ohroženo
P2	S4	7,72	287,0	4,5	0,42	2,66	0,42	0,12	2,28	17,56	-
P3	S3	9,23	424,3	4,6	0,46	3,12	0,30	0,12	2,07	19,14	-
P4	S3	12,87	527,7	4,9	0,56	3,51	0,30	0,12	2,84	36,58	-
P5	S3	3,93	297,6	5,3	0,57	2,90	0,30	0,12	2,37	9,33	-
P6	S2	15,66	381,6	7,4	0,86	3,77	0,39	0,12	6,07	95,12	Ohroženo
P7	S2	11,86	380,9	8,8	1,40	4,10	0,39	0,09	7,88	93,41	Ohroženo
P8	S1	5,14	126,2	13,5	2,24	2,67	0,45	0,07	7,12	36,61	Ohroženo
P9	S1	5,21	203,0	13,3	1,96	3,48	0,45	0,07	9,20	47,97	Ohroženo
P10	S1	3,59	198,7	5,9	0,53	2,56	0,45	0,08	1,87	6,70	-
P11	S6	7,24	257,0	10,1	1,05	3,59	0,34	0,10	5,22	37,77	Ohroženo
P12	S6	2,86	136,2	7,3	1,08	2,32	0,34	0,12	4,08	11,66	Ohroženo
P13	S6	4,36	192,2	8,3	0,93	2,86	0,34	0,12	4,32	18,83	Ohroženo
P14	S3	1,22	189,7	2,2	0,19	1,72	0,30	0,12	0,47	0,58	-
P15	S3	1,14	128,6	2,8	0,23	1,68	0,30	0,12	0,56	0,64	-
P16	S6	2,89	231,2	3,5	0,29	2,20	0,34	0,12	1,03	2,98	-
P17	S6	8,76	485,0	5,4	0,54	3,55	0,34	0,12	3,13	27,38	-
P18	S6	1,32	122,1	4,3	0,45	1,89	0,34	0,12	1,38	1,82	-
P19	S5	9,01	443,5	3,9	0,39	2,91	0,38	0,12	2,07	18,66	-
P20	S3	2,94	293,8	3,8	0,32	2,48	0,30	0,12	1,15	3,38	-
P21	S4	4,58	411,7	4,9	0,46	3,18	0,42	0,12	2,95	13,51	-
P22	S4	2,28	105,3	4,4	0,42	1,79	0,42	0,12	1,51	3,44	-
P23	S5	14,82	392,7	2,5	0,27	2,21	0,38	0,12	1,09	16,12	-
P24	S4	1,63	191,7	1,7	0,19	1,59	0,42	0,12	0,60	0,98	-
Celkem									75,38	633,82	

Vysvětlivky:

A Plocha pozemku příslušející charakteristickému profilu [ha]

Lp Délka charakteristického profilu svahu [m]

Porovnání výpočtu ztráty půdy na pozemcích povodí dle metody USLE:

Faktor erodovatelnosti půdy K lze stanovit pomocí tří postupů - podle vztahu odvozeného pro faktor K , podle nomogramu a přibližně podle hlavních půdních jednotek (HPJ) z databáze bonitovaných půdně ekologických jednotek BPEJ. U prvních dvou postupů stanovení je třeba mít k dispozici základní parametry dané půdy, případně výsledky rozborů v terénu odebraných směsných půdních vzorků z šetřeného pozemku [7].

Ve variantě I byl proveden přibližný výpočet faktoru erodovatelnosti za pomoci kombinace dat o BPEJ evidovaných v Katastru nemovitostí [8] pro jednotlivé parcely zemědělských pozemků a mapového podkladu rozložení jednotlivých půd na řešeném území dostupných na geoportálu SOWAC-GIS [4].

Ve variantě II byl proveden výpočet faktoru erodovatelnosti na základě výsledků vlastního pedologického průzkumu. V zájmovém povodí bylo odebráno celkem 6 směsných půdních vzorků, které byly dále laboratorně zkoumány. Pro zjištění parametry jednotlivých půdních vzorků byly následně za pomoci nomogramu odvozeny výsledné hodnoty K faktoru.

Pro výpočet ztráty půdy na pozemcích povodí řešených dle metody USLE byla dále v rámci diplomové práce vybrána metoda pomocí Varianty II (výpočet faktoru erodovatelnosti na základě výsledků vlastního pedologického průzkumu). Tato metoda je komplexnější, využívá reálné hodnoty parametrů půdy odebrané přímo v terénu a výsledné hodnoty K faktoru je tedy možno považovat za dostatečně přesné. Hodnoty faktoru zjištěné dle Varianty I slouží především pro přibližný výpočet a jsou vhodné pokud nemáme k dispozici základní charakteristiky dané půdy zjištěné např. terénním průzkumem.

3.2. Metoda matematického simulačního modelu SMODERP

Simulační modely erozních a transportních procesů jsou založeny na matematickém vyjádření základních fyzikálních jevů, které při těchto procesech probíhají. Za hlavní přednosti matematických simulačních modelů ve srovnání s empirickými modely se považují:

- Fyzikální zákonitosti vzniku a vytváření povrchového odtoku, vzniku a průběhu procesů uvolňování, transportu a ukládání půdních částic, což umožňuje jejich univerzálnější použití.
- Spolehlivější a přesnější řešení jednotlivých srážkoodtokových situací a možnost volby návrhové srážky podle druhu chráněné lokality.
- Možnost přesnější schematizace území vzhledem k nehomogenitě faktorů, ovlivňujících erozní procesy.
- Zahrnutí procesu uvolnění, transportu a sedimentace půdních částic do erozního procesu.
- Možnost rozšíření modelů o procesy transportu znečišťujících látek, vázaných na půdní částice nebo rozpuštěných v povrchovém odtoku.

Výsledkem vývoje simulačních modelů na fyzikálním principu v České republice je simulační model povrchového odtoku a erozního procesu SMODERP, odvozený na katedře hydromeliorací a krajinného inženýrství Fakulty stavební ČVUT Praha.

Simulační model řeší srážkoodtokové vztahy a erozní procesy na svahu (pozemku) a jeho výstupy dávají podklady pro návrh prvků protierozní ochrany. Model simuluje povrchový odtok a erozní proces ze srážky proměnné intenzity na jednotlivém pozemku o velikosti cca do 100 ha s nehomogenitou morfologických, půdních a vegetačních poměrů.

Model lze využít pro stanovení:

- Charakteristik povrchového odtoku (objem odtoku, vrcholový průtok, hloubka, rychlost a tangenciální napětí povrchového odtoku) ve zvolených profilech vyšetřovaného svahu a ve zvolených časových intervalech od počátku srážky.
- Přípustné délky svahu (pozemku) na základě krajního nevymílacího tečného napětí a krajní nevymílací rychlosti povrchového odtoku [9].

Model je tvořen hydrologickým a erozním submodelem. Submodel povrchového odtoku je odvozen z rovnice kontinuity a rovnice pohybové na základě kinematického principu. Zahrnuje procesy intercepce, retence půdního povrchu a infiltrace vody do půdy. Submodel erozního procesu vychází z dynamického pojetí erozního jevu. Pohyb částic a jejich ukládání na vyšetřovaném pozemku se sleduje na základě porovnání množství půdních částic uvolněných srážkou a povrchovým odtokem a transportní schopností povrchového odtoku.

Pro simulaci je každý vyšetřovaný svah (pozemek) rozdělen na úseky. Každý úsek je homogenní z hlediska morfologických, půdních a vegetačních poměrů. Maximální délka a šířka úseku je 1000 m. Vlastní simulace srážkoodtokových vztahů probíhá od začátku do konce návrhové srážky v simulačních krocích, délka simulačního kroku je 0,2 min.

Základní vstupní údaje pro každý úsek vyšetřovaného svahu tvoří:

- Morfologické údaje (délka a šířka úseku, sklon).
- Pedologické údaje (půdní druh, součinitel hydraulické vodivosti, sorptivita, drsnost půdního povrchu a jeho retenční schopnost).
- Vegetační poměry (druh vegetačního krytu, poměrná listová plocha, potenciální intercepce, Manningův součinitel drsnosti pro povrchový odtok, faktor vlivu vegetace a způsobu obdělávání).

Pokud nejsou známé hodnoty vstupních údajů z terénního průzkumu, jsou uvedeny doporučené hodnoty v uživatelském manuálu. V manuálu jsou rovněž uvedeny hodnoty návrhových srážek pro různou periodicitu.

Tab. 4 - Průměrné hodnoty půdních charakteristik pro půdní druhy a různé typy vegetace [9]

Kód půdy	Druh půdy	Plodina	K [cm.min ⁻¹]	S [cm.min ^{-0,5}]	R [mm]
1	písčité	Ú	0,1000	0,150	3,0
		Š	0,1180	0,178	3,0
		O	0,1260	0,189	3,0
		T	0,1400	0,210	3,0
2	hlinitopísčité	Ú	0,0220	0,060	3,0
		Š	0,0250	0,065	3,0
		O	0,0290	0,066	3,0
		T	0,0300	0,067	3,0
3	hlinité	Ú	0,0100	0,100	3,0
		Š	0,0140	0,115	3,0
		O	0,0150	0,125	3,0
		T	0,0160	0,130	3,0
4	jílovitohlinité	Ú	0,0015	0,090	3,0
		Š	0,0055	0,140	3,0
		O	0,0060	0,145	3,0
		T	0,0070	0,155	3,0
5	jílovité	Ú	0,0010	0,080	3,0
		Š	0,0040	0,120	3,0
		O	0,0050	0,135	3,0
		T	0,0060	0,145	3,0

Kde: Ú – úhor (bez vegetace)
 Š – širokořádkové plodiny (okopaniny, kukuřice)
 O – úzkořádkové plodiny (obilniny, řepka)
 T – víceleté pícniny nebo trvalé travní porosty

Tab. 5 - Charakteristiky intercepce plodin pro různé typy vegetace [9]

Plodina	PLP [-]	PI [mm]	MN
Ú	0,00	0,00	0,030
Š	0,16	0,13	0,035
O	0,30	0,16	0,040
T	1,00	0,40	0,100

Kde: PLP – poměrná plocha listová
 PI – potenciální intercepce
 MN – Manningův součinitel drsnosti pro povrchový odtok

Výstupy modelu SMODERP tvoří:

- Charakteristiky povrchového odtoku (objem odtoku, vrcholový průtok, hloubka, rychlost, tangenciální napětí).
- Přípustná délka nepřerušného svahu.

Výstupy, které jsou presentovány v tabelární a grafické podobě, lze využít jako podklad pro návrh systémů protierozní ochrany a pro dimenzování jednotlivých prvků [9].

3.2.1. Aplikace modelu SMODERP v zájmovém území

Model SMODERP byl aplikován na jednotlivých blocích zemědělské půdy v zájmovém území, a to jak na pozemcích orné půdy, tak i na pozemcích, využívaných v současné době jako louky. Na půdních blocích byly navrženy charakteristické profily povrchového odtoku. Charakteristické profily byly voleny tak, aby dostatečně charakterizovaly odtokové poměry na každém půdním bloku. Celkem bylo v zájmovém povodí navrženo 24 charakteristických profilů. Některé profily jsou vedeny přes dva i více půdních bloků, pokud není na hranici sousedních bloků přerušeni povrchového odtoku, např. silničním nebo cestním příkopem.

Pro stanovení návrhové srážky byla použita data vypočtená programem DES_RAIN [10] pro meteorologickou stanici Kralupy nad Vltavou. Pro půdní bloky, z nichž odtok vody nesměruje do intravilánu bylo uvažováno s periodicitou 5 let, pro půdní bloky s odtokem vody do intravilánu s periodicitou 10 let. Hodnoty redukovaných výšek srážek obou periodicit (pro jednotlivé doby trvání T) jsou uvedeny v **Tab.6**.

Tab. 6 - Srážkové úhrny periodicity 5 a 10 let v zájmovém území (meteorologická stanice Kralupy nad Vltavou) [10]

T [min]	H ₅ [mm]	H ₁₀ [mm]
10	15,43	18,75
15	17,51	21,56
20	19,16	23,80
30	21,74	27,36
40	24,12	30,17
50	25,20	31,53
60	26,12	32,68
90	28,29	35,40
120	29,94	37,42

Kde: T – doba trvání srážky

H₅ – srážkový úhrn od počátku srážky (periodicita 5 let)

H₁₀ – srážkový úhrn od počátku srážky (periodicita 10 let)

Půdní charakteristiky byly stanoveny na základě odběru a laboratorního vyhodnocení půdních vzorků, odebraných v rámci terénního průzkumu. V zájmovém území bylo odebráno celkem 6 půdních vzorků. Místa odběru půdních vzorků, uvedená v následujícím textu, jsou znázorněna v mapové příloze č. 05 – Schéma odtokových drah. Výsledky pedologického průzkumu tvoří přílohu č. 3 této studie, na tomto místě však jsou uvedeny pouze jeho celkové výsledky.

Tab. 7 - Celkové výsledky pedologického průzkumu

Číslo vzorku	NRSC USDA diagram	Klasifikace půdního druhu dle Nováka	
		Druh půdy	Klasifikace půdy
1	Jílovitá hlína	Hlinitá	Středně těžká
2	Jílovitá hlína	Hlinitá	Středně těžká
3	Hlína	Hlinitá	Středně těžká
4	Písčitá hlína	Písčitohlinitá	Středně těžká
5	Písčitá hlína	Písčitohlinitá	Středně těžká
6	Písčitá hlína	Písčitohlinitá	Středně těžká

Dle tohoto průzkumu byly půdy v zájmovém povodí zařazeny do 2 skupin. Pro všechny tyto půdní typy byly použity hodnoty součinitele hydraulické vodivosti K, sorptivity S (předchozí provlhčenosti půdy), půdní retence R, poměrné listové plochy PLP, potenciální intercepce PI a Manningova součinitele drsnosti pro povrchový odtok MN, uvedené v **Tab.8 a 9**.

Tab. 8 – Půdní charakteristiky pro půdní druhy v zájmovém území

Kód půdy	Sonda	Plodina	K [cm.min ⁻¹]	S [cm.min ^{-0,5}]	R [mm]
2	S4, S5, S6	Ú	0,0220	0,060	3,0
		Š	0,0250	0,065	3,0
		O	0,0290	0,066	3,0
		T	0,0300	0,067	3,0
3	S1, S2, S3	Ú	0,0100	0,100	3,0
		Š	0,0140	0,115	3,0
		O	0,0150	0,125	3,0
		T	0,0160	0,130	3,0

Kde: Ú – úhor (bez vegetace)
 Š – širokořádkové plodiny (okopaniny, kukuřice)
 O – úzkořádkové plodiny (obilniny, řepka)
 T – víceleté pícniny nebo trvalé travní porosty

Tab. 9 - Charakteristiky intercepce plodin [9]

Plodina	PLP [-]	PI [mm]	MN
Ú	0,00	0,00	0,030
Š	0,16	0,13	0,035
O	0,30	0,16	0,040
T	1,00	0,40	0,100

Kde: PLP – poměrná plocha listová
 PI – potenciální intercepce
 MN – Manningův součinitel drsnosti pro povrchový odtok

Každý půdní blok, respektive charakteristický profil, byl posuzován jednak pro stávající využití pozemku, jednak pro návrhový stav (možnost převedení z trvalého zatravnění na ornou půdu), pro dva možné typy vegetačního krytu, tj. pozemek s pěstováním úzkořádkových plodin O a travního krytu T (buď víceleté pícniny nebo trvalý travní kryt).

3.2.2. Výsledky simulace programu SMODERP

Překročení či nepřekročení přípustných délek svahu na jednotlivých pozemcích bylo posuzováno jednak pro současný stav využití půdy, jednak pro hypotetický stav možnosti převedení trvalých travních porostů na ornou půdu. Výsledky výpočtu přípustných délek pro jednotlivé půdní bloky jsou uvedeny přehledně pro současný stav využití půdy v **Tab.10**, pro stav po zornění lučních pozemků v **Tab.11**.

Tab. 10 - Přehled výsledků výpočtu erozní ohroženosti pozemků v zájmovém povodí – přípustné délky svahů pro jednotlivé plodiny (současný způsob využití půdy)

Číslo profilu	Pozemek číslo	Srážka [let]	Sonda číslo	L [m]	Současné využití	Přípustná délka pozemku [m]
1	P1	5	S4	422	R	nepřekročena
2	P2	5	S4	287	R	nepřekročena
3	P3	5	S3	402	R	nepřekročena
4	P4	5	S3	537	R	nepřekročena
5	P5	5	S3	262	R	nepřekročena
6	P6	5	S2	414	R	nepřekročena
7	P7	10	S2	421	R+L	214, 83, 124
8	P8	10	S1	106	R+L	nepřekročena
9	P9	10	S1	171	R+L	nepřekročena
10	P10	10	S1	181	R+L	nepřekročena
11	P11	10	S6	242	R+L	62, 126, 54
12	P12	5	S6	136	R	nepřekročena
13	P13	5	S3	199	R	nepřekročena
14	P14	5	S3	182	R	nepřekročena
15	P15	5	S3	179	R	nepřekročena
16	P16	5	S6	224	R	nepřekročena
17	P17	5	S6	485	R	309, 79, 97
18	P18	5	S6	128	R	nepřekročena
19	P19	5	S5	375	R	nepřekročena
20	P20	5	S3	294	R	nepřekročena
21	P21	5	S4	412	R	nepřekročena
22	P22	5	S4	83	R	nepřekročena
23	P23	5	S5	387	R	nepřekročena
24	P24	5	S4	173	R	nepřekročena

Tab. 11 - Přehled výsledků výpočtu erozní ohroženosti pozemků v zájmovém území – přípustné délky svahů (všechny pozemky využity jako role)

Číslo profilu	Pozemek číslo	Srážka (let)	Sonda číslo	L (m)	L_p [m] pro úzkořádkové plodiny	L_p [m] pro TTP
1	P1	5	S4	422	nepřekročena	nepřekročena
2	P2	5	S4	287	nepřekročena	nepřekročena
3	P3	5	S3	402	nepřekročena	nepřekročena
4	P4	5	S3	537	nepřekročena	nepřekročena
5	P5	5	S3	262	nepřekročena	nepřekročena
6	P6	5	S2	414	nepřekročena	nepřekročena
7	P7	10	S2	421	214, 36, 46, 125	233, 188
8	P8	10	S1	106	72, 34	nepřekročena
9	P9	10	S1	171	54, 54, 63	nepřekročena
10	P10	10	S1	181	nepřekročena	nepřekročena
11	P11	10	S6	242	62, 126, 54	nepřekročena
12	P12	5	S6	136	nepřekročena	nepřekročena
13	P13	5	S3	199	nepřekročena	nepřekročena
14	P14	5	S3	182	nepřekročena	nepřekročena
15	P15	5	S3	179	nepřekročena	nepřekročena
16	P16	5	S6	224	nepřekročena	nepřekročena
17	P17	5	S6	485	309, 79, 97	nepřekročena
18	P18	5	S6	128	nepřekročena	nepřekročena
19	P19	5	S5	375	nepřekročena	nepřekročena
20	P20	5	S3	294	nepřekročena	nepřekročena
21	P21	5	S4	412	nepřekročena	nepřekročena
22	P22	5	S4	83	nepřekročena	nepřekročena
23	P23	5	S5	387	nepřekročena	nepřekročena
24	P24	5	S4	173	nepřekročena	nepřekročena

Z výsledků simulací, uvedených v **Tab.10** vyplývá, že současný stav využití půdy v zájmovém povodí je poměrně vhodně volen pro omezení erozních procesů (s výjimkou pozemků č. 7, 11, a 17). V případě převedení všech pozemků na ornou půdu by byly erozně ohroženy i pozemky č. 8 a 9 (viz **Tab.11**).

3.3. Porovnání metod USLE a SMODERP a volba metody pro návrh opatření

Pro posouzení erozní ohroženosti byly použity dvě základní metody, a to empirická metoda univerzální rovnice ztráty půdy Wischmeier-Smith (USLE – Universal Soil Loss Equation) a matematický simulační model povrchového odtoku a erozního procesu SMODERP.

Z výsledků uvedených v **Tab. 3** vyplývá, že při posouzení erozní ohroženosti zájmového území pomocí empirické metody univerzální rovnice USLE, jsou erozně

ohroženy pozemky č. 1, 6, 7, 8, 9, 11, 12 a 13. V případě použití simulačního modelu erozního procesu SMODERP jsou erozně ohroženy pozemky 7, 8, 9, 11 a 17 (**viz Tab. 11**).

Přestože byla metoda řešení erozních ohroženosti pozemků pomocí simulačního modelu SMODERP odvozena na základě zcela jiných předpokladů a principů než metoda USLE, jsou výsledky získané z obou metod z větší části shodné. Z tohoto důvodu byla pro návrh protierozních opatření na zájmové oblasti řešeného povodí použita kombinace obou výše uvedených metod.

Pro tento případ (a pro pozemky č. 1, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13 a 17) byl proveden návrh opatření proti vodní erozi v zájmovém území. Při návrhu protierozních opatření se vycházelo ze zásady návrhu, pokud možno jednoduchých opatření (záměna plodin, trvalé zatravnění) v nezbytně nutné míře.

Výsledky návrhu opatření proti vodní erozi jsou přehledně vyznačeny v mapové příloze

č. 06 – Situace navrhovaných opatření. Z této mapy vyplývají následující doporučení:

- Na půdních blocích bez označení lze ponechat současný stav využití půdy.
- Půdní bloky nebo jejich části, označené zeleným šrafováním by měly být trvale zatravněny.
- Na půdních blocích nebo jejich částech, označených žlutým šrafováním by mělo být trvalé zatravnění zachováno.

Podrobný popis opatření proti vodní erozi na jednotlivých půdních blocích je uveden v **Kap.4**.

3.3.1. Výpočet ztráty půdy na pozemcích povodí metodou USLE (výhledový stav využívání pozemků – stav po realizaci protierozních opatření)

Tab. 12 - Výpočet ztráty půdy dle USLE var. I. (K faktor určen na základě HPJ z databáze bonitovaných půdně ekologických jednotek BPEJ) – výhledový stav

Číslo pozemku	A [ha]	Lp [m]	Sklon [%]	S faktor	L faktor	K faktor	C faktor	G [t/ha.r]	G [t/r]	Ohroženost [max 4 t/ha.r]
P1	27,64	495,5	5,6	0,56	3,66	0,26	0,11	2,26	62,55	Neohroženo
P2	7,72	287,0	4,5	0,42	2,66	0,37	0,12	2,02	15,56	Neohroženo
P3	9,23	424,3	4,6	0,46	3,12	0,34	0,12	2,38	21,97	Neohroženo
P4	12,87	527,7	4,9	0,56	3,51	0,39	0,12	3,74	48,14	Neohroženo
P5	3,93	297,6	5,3	0,57	2,90	0,38	0,12	3,05	11,96	Neohroženo
P6	15,66	381,6	7,4	0,86	3,77	0,41	0,08	3,97	62,21	Neohroženo
P7	11,86	380,9	8,8	1,40	4,10	0,45	0,03	3,47	41,11	Neohroženo
P8	5,14	126,2	13,5	2,24	2,67	0,42	0,01	0,51	2,62	Neohroženo
P9	5,21	203,0	13,3	1,96	3,48	0,31	0,06	0,42	2,18	Neohroženo
P10	3,59	198,7	5,9	0,53	2,56	0,25	0,06	0,79	2,82	Neohroženo
P11	7,24	257,0	10,1	1,05	3,59	0,44	0,07	3,48	27,76	Neohroženo
P12	2,86	136,2	7,3	1,08	2,32	0,37	0,11	2,71	7,76	Neohroženo
P13	4,36	192,2	8,3	0,93	2,86	0,20	0,12	2,25	9,79	Neohroženo
P14	1,22	189,7	2,2	0,19	1,72	0,34	0,12	0,54	0,67	Neohroženo
P15	1,14	128,6	2,8	0,23	1,68	0,15	0,12	0,28	0,32	Neohroženo

P16	2,89	231,2	3,5	0,29	2,20	0,16	0,06	0,50	1,44	Neohroženo
P17	8,76	485,0	5,4	0,54	3,55	0,31	0,12	1,39	12,16	Neohroženo
P18	1,32	122,1	4,3	0,45	1,89	0,16	0,12	0,65	0,86	Neohroženo
P19	9,01	443,5	3,9	0,39	2,91	0,17	0,12	0,91	8,18	Neohroženo
P20	2,94	293,8	3,8	0,32	2,48	0,16	0,12	0,60	1,76	Neohroženo
P21	4,58	411,7	4,9	0,46	3,18	0,18	0,12	1,28	5,85	Neohroženo
P22	2,28	105,3	4,4	0,42	1,79	0,17	0,12	0,60	1,35	Neohroženo
P23	14,82	392,7	2,5	0,27	2,21	0,18	0,12	0,52	7,75	Neohroženo
P24	1,63	191,7	1,7	0,19	1,59	0,24	0,12	0,34	0,56	Neohroženo
Celkem								39,01	357,34	

Tab. 13 - Výpočet ztráty půdy dle USLE var. II. (K faktor určen na základě výsledků vlastního pedologického průzkumu) – výhledový stav

Číslo pozemku	Číslo sondy	A [ha]	Lp [m]	Sklon [%]	S faktor	L faktor	K faktor	C faktor	G [t/ha.r]	G [t/r]	Ohroženost [max 4 t/ha.r]
P1	S4	27,64	495,5	5,6	0,56	3,66	0,42	0,11	3,70	102,18	Neohroženo
P2	S4	7,72	287,0	4,5	0,42	2,66	0,42	0,12	2,28	17,56	Neohroženo
P3	S3	9,23	424,3	4,6	0,46	3,12	0,30	0,12	2,07	19,14	Neohroženo
P4	S3	12,87	527,7	4,9	0,56	3,51	0,30	0,12	2,84	36,58	Neohroženo
P5	S3	3,93	297,6	5,3	0,57	2,90	0,30	0,12	2,37	9,33	Neohroženo
P6	S2	15,66	381,6	7,4	0,86	3,77	0,39	0,08	3,80	59,59	Neohroženo
P7	S2	11,86	380,9	8,8	1,40	4,10	0,39	0,03	3,00	35,55	Neohroženo
P8	S1	5,14	126,2	13,5	2,24	2,67	0,45	0,01	0,54	2,77	Neohroženo
P9	S1	5,21	203,0	13,3	1,96	3,48	0,45	0,06	0,62	3,21	Neohroženo
P10	S1	3,59	198,7	5,9	0,53	2,56	0,45	0,06	1,45	5,18	Neohroženo
P11	S6	7,24	257,0	10,1	1,05	3,59	0,34	0,07	2,98	21,55	Neohroženo
P12	S6	2,86	136,2	7,3	1,08	2,32	0,34	0,11	2,47	7,06	Neohroženo
P13	S6	4,36	192,2	8,3	0,93	2,86	0,34	0,12	3,82	16,65	Neohroženo
P14	S3	1,22	189,7	2,2	0,19	1,72	0,30	0,12	0,47	0,58	Neohroženo
P15	S3	1,14	128,6	2,8	0,23	1,68	0,30	0,12	0,56	0,64	Neohroženo
P16	S6	2,89	231,2	3,5	0,29	2,20	0,34	0,06	1,03	2,98	Neohroženo
P17	S6	8,76	485,0	5,4	0,54	3,55	0,34	0,12	1,52	13,30	Neohroženo
P18	S6	1,32	122,1	4,3	0,45	1,89	0,34	0,12	1,38	1,82	Neohroženo
P19	S5	9,01	443,5	3,9	0,39	2,91	0,38	0,12	2,07	18,66	Neohroženo
P20	S3	2,94	293,8	3,8	0,32	2,48	0,30	0,12	1,15	3,38	Neohroženo
P21	S4	4,58	411,7	4,9	0,46	3,18	0,42	0,12	2,95	13,51	Neohroženo
P22	S4	2,28	105,3	4,4	0,42	1,79	0,42	0,12	1,51	3,44	Neohroženo
P23	S5	14,82	392,7	2,5	0,27	2,21	0,38	0,12	1,09	16,12	Neohroženo
P24	S4	1,63	191,7	1,7	0,19	1,59	0,42	0,12	0,60	0,98	Neohroženo
Celkem									46,27	411,76	

Vysvětlivky:

A Plocha pozemku příslušející charakteristickému profilu [ha]

Lp Délka charakteristického profilu svahu [m]

3.4. Metoda řešení transportních procesů SDR

Metodika pro řešení transportních procesů v povodí slouží ke stanovení celkového průměrného ročního množství erozních smyvů ze zemědělského půdního fondu v zájmovém povodí a určení množství půdních částic, které mohou být transportovány povodňovými průtoky do prostoru obce. Je nutno upozornit na skutečnost, že výsledkem řešení je odborný odhad hodnoty ročního transportu sedimentů.

Vzhledem k tomu, že ne všechny půdní částice, uvolněné ze zemědělských pozemků povodí jsou transportovány hydrografickou sítí dále (sedimentace půdních částic ve vlastním povodí), stanoví se množství transportovatelných půdních částic z povodí redukcí množství uvolněných půdních částic poměrem odnosu SDR, který byl určen dle vztahu J.R. Williamse ve tvaru:

$$SDR = 1,366 \cdot 10^{-11} \cdot F^{-0,0998} \cdot RP^{0,3629} \cdot CN^{5,444}$$

Kde: SDR je poměr odnosu půdních částic [-]

F plocha povodí [km²]

RP reliéfový poměr [m/km]

CN průměrné číslo odtokové křivky z povodí [-] [7]

3.4.1. Aplikace metody SDR v zájmovém území

Řešení problematiky transportních procesů je možno rozdělit do dvou kroků:

- Určení potenciální průměrné roční ztráty půdy pro každý půdní blok zkoumaného dílčího povodí.
- Stanovení transportovatelného množství půdních částic uzávěrovým profilem celého povodí.

Podklady pro použití metodiky transportních procesů v povodí tvoří:

- vodohospodářská mapa 1:50 000
- základní mapy 1:10 000 s výškovou odlehlostí vrstevnic 2 nebo 5 m
- mapy půdních charakteristik, doplněné vlastním pedologickým průzkumem
- základní informace o osevních postupech, výměrách pozemků, zatřídění pozemků dle kultur, zpracované na základě výsledků terénního průzkumu
- výsledky terénního průzkumu (odtokové dráhy, přerušení drah povrchového odtoku, stav polních cest).

Postup práce lze charakterizovat těmito body:

- V mapě 1:50 000 byla definována hranice povodí k uzávěrovému profilu (viz mapová příloha č.01 – Zákes do vodohospodářské mapy).
- Rozvodí zájmového území bylo vyznačeno v mapách 1:10 000 (viz mapová příloha č. 05 – Schéma odtokových drah).

- Byly zjištěny a vyznačeny jednotlivé bloky zemědělské půdy vyskytující se v zájmové území (viz mapová příloha č. 03 – Zákres dílů půdního bloku). Výměry jsou uvedeny v **Tab.1** - Přehled půdních bloků v zájmovém území. Z důvodu bilance kultur v povodí byly zakresleny všechny bloky zemědělské půdy, a nikoliv pouze bloky orné půdy.
- Byl proveden tabelární výpis bloků zemědělské půdy v daném povodí.
- Pro povodí byl určen podíl orné půdy, luk, pastvin, lesa, intravilánu a vodních ploch. Všechny plochy byly určeny planimetrováním z map 1:10 000.
- V mapě 1:10 000 byly navrženy na všech pozemcích charakteristické profily povrchového odtoku (viz mapová příloha č. 05 – Schéma odtokových drah).
- Pro každý charakteristický profil byla určena průměrná roční ztráta půdy podle rovnice USLE (Wischmeier-Smith).
- Pro každý půdní blok byla určena dle USLE průměrná roční ztráta půdy G [$t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$].
- Pro každý půdní blok byla určena průměrná roční ztráta půdy G_c ($t \cdot rok^{-1}$) dle vztahu $G_c = G_i \cdot F_i$

Kde: G_i je vypočtená průměrná roční ztráta půdy pro daný půdní blok [$t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$]

F_i – výměra půdního bloku [ha]

Průměrná roční ztráta půdy G_o ze všech pozemků dílčího povodí byla určena jako součet ztráty půdy na všech půdních blocích v povodí.

- Pro celé povodí byla určena celková roční ztráta půdy [$t \cdot rok^{-1}$] ze všech zemědělských pozemků, vztažená na plochu zemědělské půdy a plochu celého povodí.
- Bylo provedeno stanovení transportovatelného množství půdních částic z povodí redukcí množství uvolněných půdních částic poměrem odnosu SDR, který byl určen dle vztahu J.R.Williamse.

Reliéfový poměr RP je dán poměrem převýšení průměrného nejvyššího a nejnižšího místa dílčího povodí a největší délky odtokové dráhy povodí. Oba údaje byly odměřeny z map 1:10 000.

Průměrná hodnota odtokové křivky CN z povodí byla stanovena váženým průměrem CN křivek pro jednotlivé plochy povodí (orná půda, louky, lesy, pastviny, vodní plochy, intravilán, cesty) a velikosti těchto ploch (z celkové bilance ploch v povodí).

- Pro celé povodí bylo určeno množství transportovatelných půdních částic G_p vynásobením průměrné roční ztráty ze všech zemědělských pozemků poměrem odnosu pro dané povodí.
- Výše uvedeným způsobem bylo postupováno až k uzávěrovému profilu celého povodí. Výstupem výpočtu je průměrné roční množství splavenin, pocházejících z erozních procesů na zemědělské půdě, procházející uzávěrovým profilem povodí.

3.4.2. Aplikace metody odhadu transportu půdních částic v zájmovém území (současný stav využití pozemků)

Celková plocha zájmového povodí je 1,772 km² (planimetrováním z map 1 : 10 000). Uzávěrový profil povodí se nachází v místě nátoky vody do stávající vpusti dešťové kanalizace v obci Zeměchy u Kralup. Bilance ploch je uvedena v **Tab.14**.

Tab. 14 - Bilance ploch v povodí (současný stav) [ha]

Orná půda	Louky, pastviny (půdní bloky)	Lad	Louky (mimo půdní bloky) a mimolesní zeleň	Celkem ZPF
154,560	0,000	0,000	10,126	164,687
Intravilán	Cesty, silnice	Lesy	Vodní plochy	Celkem
0,052	1,154	11,293	0,000	12,499

Pro celé povodí v zájmovém území byly z map 1 : 10 000 určeny tyto hodnoty:

- celková plocha povodí [ha]
- čísla půdních bloků a jejich výměra
- plocha orné půdy [ha]
- plocha luk a pastvin [ha]
- plocha lesa [ha]
- plocha intravilánu [ha]
- plocha cest a silnic [ha]
- vodní plochy [ha]
- délka odtokové dráhy [km], určená jako délka nejdelší údolnice povodí
- převýšení [m] jako rozdíl průměrné nadmořské výšky rozvodnice a nadmořské výšky uzávěrového bodu povodí

Dále byl proveden výpočet průměrného ročního transportovatelného množství půdních částic uzávěrovým profilem povodí zájmového území. Pro každý typ plochy byly určeny hodnoty CN-křivky. Hodnoty průměrných CN-křivek jsou pro současný stav uvedeny v **Tab.15**.

Tab. 15 – Stanovení průměrných hodnot CN – křivek (současný stav)

Typ plochy	Plocha [ha]	Plocha celkem [ha]	Číslo CN	Hodnoty CN	Průměrná hodnota CN
Orná půda	154,560	177,186	76	11746,60	74,38
Louky, pastviny	10,126		58	587,33	
Lesy	11,293		66	745,31	
Cesty, silnice	1,154		82	94,61	
Intravilán	0,052		98	5,14	

Pro zájmové území byla určena hodnota průměrné CN-křivky jako vážený průměr hodnot CN-křivek pro jednotlivé typy ploch a jejich výměry.

Pro výpočet celkového transportovaného množství splavenin z povodí byla hodnota celkové ztráty ze zemědělské půdy redukována poměrem odnosu SDR (**Tab.16**). Hodnota redukčního součinitele SDR udává podíl částic z celkového uvolněného množství, které je z pozemku transportováno až do uzávěrového profilu zájmového povodí.

Tab. 16 - Určení poměru odnosu pro povodí (současný stav)

F [km ²]	RP [m/km]	CN	SDR
1,772	25,71	74,38	0,646

Součinem poměru odnosu a celkové ztráty půdních částic ze zemědělské půdy byla pro zájmové povodí určena hodnota celkového transportovaného množství půdních částic [t.rok⁻¹]. Tato hodnota je uvedena v **Tab.17**.

Tab. 17 - Celkový transport sedimentu z povodí k uzávěrovému profilu povodí (současný stav)

G [t/rok]	SDR	Gred [t/rok]	Odtok sedimentu [m ³ /rok] *)
633,82	0,646	409,75	315,19

*) Měrná hmotnost sedimentu uvažována průměrnou hodnotou 1,3 t/m³.

Uvedené hodnoty reprezentují průměrné roční množství sedimentu, které prochází uzávěrovým profilem zájmového povodí. V další části je proveden výpočet transportovatelného množství půdních částic při realizaci protierozních opatření

3.4.3. Aplikace metody odhadu transportu půdních částic v zájmovém území (stav využití pozemků po realizaci navržených protierozních opatření – výhledový stav)

Celková plocha zájmového povodí je 1,772 km² (planimetrováním z map 1 : 10 000). Uzávěrový profil povodí se nachází v místě nátoky vody do stávající vpusti dešťové kanalizace v obci Zeměchy u Kralup. Bilance ploch pro výhledový stav je uvedena v **Tab.18**.

Tab. 18 - Bilance ploch v povodí (výhledový stav) [ha]

Orná půda	Louky, pastviny (půdní bloky)	Lad	Louky (mimo půdní bloky) a mimolesní zeleň	Celkem ZPF
124,004	0,000	0,000	40,683	164,687
Intravilán	Cesty, silnice	Lesy	Vodní plochy	Celkem
0,052	1,154	11,293	0,000	12,499

Podle zásad, uvedených v kapitole 3.4 byl proveden výpočet průměrné roční ztráty půdy pro všechny pozemky s tím, že do výpočtu byly promítnuty změněné vstupní hodnoty na pozemcích, na nichž byla navržena protierozní opatření systémem záměny plodin. Výsledky výpočtu průměrné roční ztráty půdy podle rovnice USLE pro stav po realizaci protierozních opatření (výhledový stav) jsou uvedeny v **Tab.13**.

Dále byl proveden výpočet průměrného ročního transportovatelného množství půdních částic uzávěrovým profilem povodí zájmového území. Pro každý typ plochy byly určeny hodnoty CN-křivky. Hodnoty průměrných CN-křivek jsou pro výhledový stav uvedeny v **Tab.19**.

Tab. 19 - Stanovení průměrných hodnot CN – křivek (výhledový stav)

Typ plochy	Plocha [ha]	Plocha celkem [ha]	Číslo CN	Hodnoty CN	Průměrná hodnota CN
Orná půda	124,004	177,186	76	9424,29	71,28
Louky, pastviny	40,683		58	2359,61	
Lesy	11,293		66	745,31	
Cesty, silnice	1,154		82	94,61	
Intravilán	0,052		98	5,14	

Pro zájmové území byla určena hodnota průměrné CN-křivky jako vážený průměr hodnot CN-křivek pro jednotlivé typy ploch a jejich výměry.

Pro výpočet celkového transportovaného množství splavenin z povodí byla hodnota celkové ztráty ze zemědělské půdy redukována poměrem odnosu SDR (**Tab.20**). Hodnota redukčního součinitele SDR udává podíl částic z celkového uvolněného množství, které je z pozemku transportováno až do uzávěrového profilu zájmového povodí.

Tab. 20 - Určení poměru odnosu pro povodí (výhledový stav)

F [km ²]	RP [m/km]	CN	SDR
1,772	25,71	71,28	0,513

Součinem poměru odnosu a celkové ztráty půdních částic ze zemědělské půdy byla pro zájmové povodí určena hodnota celkového transportovaného množství půdních částic [t.rok⁻¹]. Tato hodnota je uvedena v **Tab.21**.

Tab. 21 - Celkový transport sedimentu z povodí k uzávěrovému profilu povodí (výhledový stav)

G [t/rok]	SDR	Gred [t/rok]	Odtok sedimentu [m ³ /rok] *)
411,76	0,513	211,06	162,35

*) Měrná hmotnost sedimentu uvažována průměrnou hodnotou 1,3 t/m³.

Uvedené hodnoty reprezentují průměrné roční množství sedimentu, které prochází uzávěrovým profilem zájmového povodí. Porovnáním **Tab.17** s **Tab.21** vyplývá, že rozdíl transportovaného množství půdních částic pro současný stav a pro stav po realizaci protierozních opatření se výrazně mění. Dochází k cca 52 % poklesu transportovaného množství půdních částic ze současného stavu na návrhový (převod současně využívaných pozemků jako orná půda na luční).

Zachycení sedimentu v navrhované suché nádrži v povodí nebylo uvažováno vzhledem k tomu, že nádrž je relativně malá.

4. NÁVRH OPATŘENÍ PROTI VODNÍ EROZI

Cílem navržených opatření je zvýšení ekologické stability zájmového území, zlepšení stavu půdy z hlediska odolnosti proti vodní erozi, zajištění trvalé úrodnosti půdy, vytvoření podmínek pro oživení a celkové zlepšení vzhledu krajiny návrhem vhodného stupně ozelenění krajiny. Komplexní návrh opatření spočívá ve vzájemném spolupůsobení jednotlivých navržených opatření, a proto je nutno navržená opatření realizovat v takovém rozsahu, v jakém byla navržena.

V dalším textu jsou pak podrobně popsány jednotlivé typy navrhovaných opatření.

4.1. Využívání půdního fondu

Číslo profilu	Číslo pozemku	Plocha [ha]	Současné využití	Návrh opatření
1	P1	27,64	R	Trvalé zatravnění spodní části pozemku nad vrstevnicí 242,00 m n.m., zbylá část pozemku orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
2	P2	7,72	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
3	P3	9,23	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
4	P4	12,87	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
5	P5	3,93	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
6	P6	15,66	R	Trvalé zatravnění spodní části pozemku po vrstevnici 244,00 m n.m., zbylá část pozemku orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
7	P7	11,86	R+L	Střední část pozemku louka – zachovat, jižní část trvalé zatravnění, odstranění části keřových porostů po vrstevnici 224,00 m n.m. - prostor zátopy, severní část trvalé zatravnění po vrstevnici 244 m n.m., zbylá část pozemku orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
8	P8	5,14	R+L	Jižní část pozemku louka – zachovat, severní část trvalé zatravnění na celé části pozemku
9	P9	5,21	R+L	Jižní část pozemku louka – zachovat, severní část trvalé zatravnění na celé části pozemku
10	P10	3,59	R+L	Východní část pozemku louka – zachovat, jižní část trvalé zatravnění až po vrstevnici 226,00
11	P11	7,24	R+L	Části pozemku využity jako louka (meze) – ponechat, jižní část pozemku trvalé zatravnění, zbylá část pozemku orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
12	P12	2,86	R	Jižní část pozemku trvalé zatravnění, zbylá část pozemku orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat

13	P13	4,36	R	Západní část pozemku trvalé zatravnění, zbylá část pozemku orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
14	P14	1,22	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
15	P15	1,14	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
16	P16	2,89	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
17	P17	8,76	R	Východní část pozemku trvalé zatravnění po vrstevnici 250,00 m n.m, zbylá část pozemku orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
18	P18	1,32	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
19	P19	9,01	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
20	P20	2,94	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
21	P21	4,58	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
22	P22	2,28	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
23	P23	14,82	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
24	P24	1,63	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat

Vysvětlivky:

R Standardní orná půda

L Louky, pastviny

Na základě výsledků výpočtu erozní ohroženosti pozemků v zájmovém území provedených simulačním modelem erozního procesu SMODERP pro jednotlivé plodiny, uvedených v **Tab. 11**, byl jako optimální prvek pro snížení erozní ohroženosti jednotlivých ohrožených pozemků vybrán způsob převedení těchto pozemků na trvalý travní porost. Tento způsob zajišťuje, že nebude docházet k překračování přípustných délek svahů erozně ohrožených pozemků. Umožňuje zabránit tomu, aby docházelo k přechodu z plošného odtoku na odtok soustředěný a následnému vytvoření povodňové vlny s odnosem velkého množství půdních částic z polí do prostoru obce. Z výše uvedených výsledků je patrné, že změnou druhu využití pozemků lze dosáhnout výrazného snížení erozní (a tedy i povodňové) ohroženosti území (viz **Tab. 3 a 13**).

Dalším opatřením pro zlepšení stavu pozemků orné půdy proti vodní erozi je, aby se na pozemcích zájmového území hospodařilo dle zásad dobré zemědělské praxe. V současné době je na velké části polí hospodařeno způsobem, který se s těmito zásadami neshoduje (např. orba kolmo na vrstevnice). Orba kolmo na vrstevnice vytváří preferenční rýžky, které umožňují spolu s velikostí jednotlivých pozemků a morfologií terénu prodloužení odtokových drah a vznik soustředěného odtoku.

5. ŘEŠENÍ POVRCHOVÉHO ODTOKU

Dle posledních zaznamenaných povodňových situací je možno říci, že je obec Zeměchy ohrožována především letními bleskovými povodněmi, které se vyskytují zejména na přelomu srpna a září (k poslední bleskové povodni došlo ve večerních hodinách dne 9. 9. 2012). Tyto povodně jsou charakteristické přívalovými dešti o vysoké intenzitě a krátké době trvání, kdy se voda dopadající na povrch pozemků poměrně rychle přeměňuje z plošného na soustředěný odtok a odnáší s sebou velké množství erodovaných částic půdy, které jsou transportovány do prostoru obce.

V obci je částečně vybudována dešťová kanalizace, která umožňuje odtok vody dále do recipientu. (Podrobný popis odvádění dešťových vod z intravilánu obce je uveden v **Kap. 2.7.**)

Pro návrh a posouzení protipovodňových opatření byl proveden výpočet odtoku vody z jednotlivých dílčích povodí a následně odvozen celkový odtok vody v uzávěrném profilu pro celé povodí zájmového území. K určení návrhových charakteristik povodňových vln vyvolaných přívalovými dešti byl použit hydrologický srážkoodtokový model DesQ-MaxQ.

5.1. Charakteristika programu DesQ-MaxQ

Program provádí výpočet na základě hydrologického modelu DesQ-MaxQ, který vyvinul Prof. F. Hrádek. Tento model je určen pro stanovení návrhových charakteristik povodňových vln v nepozorovaných profilech malých povodí vyvolaných přívalovými dešti a výpočet ovlivnění maximálních průtoků a objemů povodňových vln změnou charakteristik povodí. [11]

5.2. Svahový odtok

Svahový odtok je nejvýznamnějším procesem, ovlivňujícím odtok v údolnici na povodích drobných vodních toků s málo rozvinutou hydrografickou sítí. Pro řešení svahového odtoku se využívají hydrologicko-hydraulické závislosti, které lze nejjednodušeji odvodit pro „idealizovanou elementární odtokovou plochu (IEOP)“. Tuto plochu lze definovat jako nakloněnou desku s homogenním nepropustným povrchem. S využitím hydrologicko-hydraulických závislostí, odvozených pro IEOP, lze odvodit závislosti platné pro přírodní „elementární odtokovou plochu“ (svah povodí), která je definována jako nakloněná deska s homogenním propustným povrchem a přírodním pokryvem.

EOP představují svahy „modelového povodí“, kterým schematizujeme přírodní povodí (prototyp) za účelem matematického modelování odtoku v uzávěrové profilu povodí.

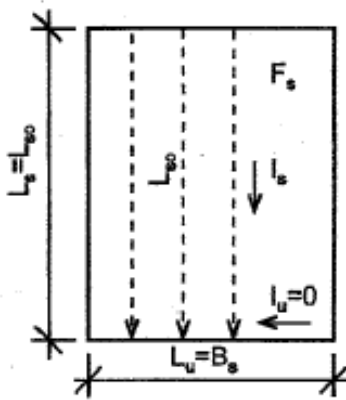
Hydraulické řešení vychází z modelu kinematické vlny, který využívá zjednodušených St. Venantových rovnic.

Předpoklady řešení:

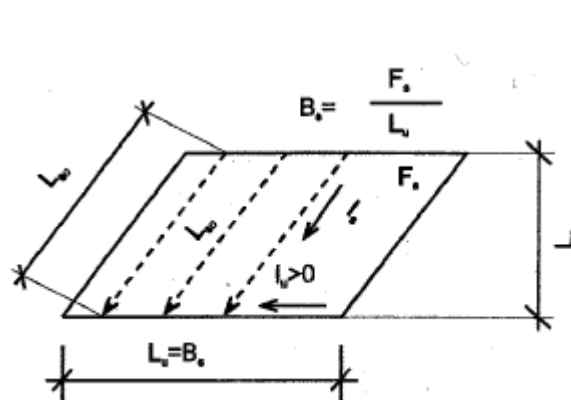
- Půdorysný průmět idealizované elementární plochy je schematizován nejjednodušeji obdélníkem. Dráhy svahového odtoku (spádnice) jsou kolmé k patě svahu a navzájem rovnoběžné. Délka dráhy svahového odtoku L_{SO} je rovna délce svahu L_s . Pro další řešení

odtoku se uvažuje schematizace svahu kosodélníkem (aby byla zachována definice povodí). Dráhy svahového odtoku nejsou kolmé k údolnici, jsou navzájem rovnoběžné.

- Svah je uvažován propustný, pokryv svahu, geologické a půdní poměry odpovídají přírodnímu povodí. Průměrné charakteristiky těchto poměrů se odvozují váženým průměrem dle plošného zastoupení půdních druhů, způsobu využívání pozemků v povodí apod.
- Elementární odtoková plocha je zasažena „efektivním deštěm“ konstantní intenzity a rovnoměrného plošného rozložení. Efektivní dešť představuje přítok na svah, jehož objem je rovný objemu odtoku.



Obr. 26 - Schematizace povodí obdélníkem



Obr. 27 - Schematizace povodí kosodélníkem

Základní rovnice pro řešení svahového odtoku na IEOP:

- Průtok: $Q = S \cdot v$

Kde: S průtočná plocha, $S = y \cdot B_s$
 v střední profilová rychlost
 B_s šířka svahu
 y výška odtokové vrstvy

- Chézyho rovnice: $v = C \cdot R^{1/2} \cdot I^{1/2}$

Kde: C ztrátový rychlostní součinitel, $C = C_1 \cdot y^d$
 C_1 drsnostní charakteristika (Manning $C_1 = 1/n$, $d = 1/6$)
 d parametr vyjadřující vliv výšky odtokové vrstvy y
 R hydraulický poloměr, $R = S/O \approx y$
 O omočený obvod

- Střední profilová rychlost – obecný tvar Chézyho rovnice: $v = a \cdot y^{b-1}$

Kde: $a = f(C_1, I)$
 b exponent závislý na volbě drsnostní charakteristiky
(Manning $a = 1/n \cdot I^{1/2}$, $b = 5/3$)

- Rovnice ustálené hladiny vody na svahu: $y = f(x)$

Při zasažení celého svahu deštěm konstantní intenzity dochází od začátku svahu postupně k ustálení hladiny vody v jednotlivých profilech (x).

- Střední profilová rychlost v profilu (x) při ustálené hladině vody na svahu: $v_x = f(x)$
- Časový průběh rychlosti v profilu (x) : $v_x = f(t)$
- Průtok q v profilu (x) při ustálené hladině: $q = f(x)$
- Časový průběh průtoku v profilu (x) : $q_x = f(t)$
- Maximální průtok q_L v uzávěrovém profilu (patě svahu), při ustálené hladině: $q_L = i \cdot L$
- Maximální průtok z celé šířky svahu: $Q_L = q_L \cdot B_S$
- Doba koncentrace na svahu

Je definována jako doba, za kterou se v uzávěrném profilu soustředí voda z celé plochy svahu, za uvedených předpokladů dojde k ustálení hladiny vody po celé délce svahu. V uzávěrném profilu svahu se vytvoří maximální výška vrstvy vody y_L , při níž protéká maximální průtok q_L .

Poznámka:

Doba koncentrace je často definována jako nejdelší doba doběhu částice vody z povodí do posuzovaného (uzávěrného) profilu. Odvozuje se z průměrných profilových rychlostí, kdy se předpokládá, že rychlost v_x se v profilu (x) s narůstáním vrstvy vody y nemění.

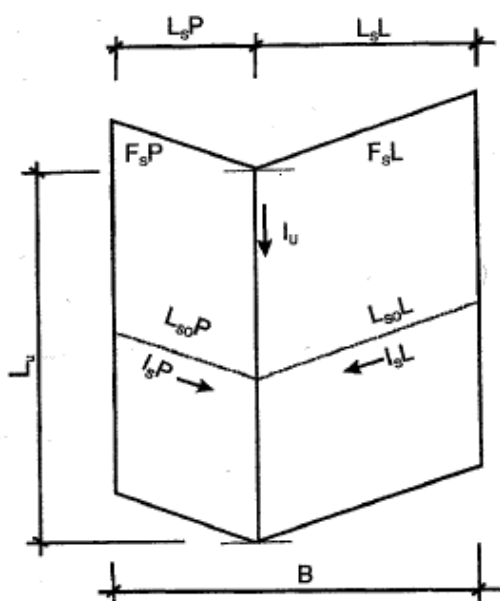
Varianty řešení maximální intenzity odtoku ze svahu:

- Varianta S1 – Výpočet maximální, největší možné intenzity odtoku ze svahu, zvolené doby opakování. Předpokládá se, že maximální odtok je vyvolán přívalovým deštěm kritické doby trvání. Kritická doba trvání přítoku na svah je doba trvání efektivního deště. Podmínkou vzniku maximální intenzity odtoku ze svahu je rovnost doby trvání přítoku a doby koncentrace na svahu. Maximální intenzita přítoku nastává v době ukončení přítoku. Maximální intenzita odtoku vypočtená dle této varianty je největší možnou intenzitou odtoku z daného svahu, která je vyvolaná přívalovým deštěm zvolené doby opakování. Varianta S1 umožňuje výpočet maximálního návrhového průtoku Q_N , zvolené doby opakování, vyvolané přívalovými dešti.
- Varianta S2 – Výpočet maximální intenzity odtoku ze svahu při zadané době trvání deště. Maximální intenzita odtoku nastává v době koncentrace a trvá až do ukončení přítoku. Maximální intenzita odtoku vypočtená dle této varianty je vždy menší než maximální intenzita odtoku vypočtená dle Varianty S1. S rostoucí dobou trvání výpočtového deště (přítoku na svah) maximální intenzita přítoku klesá. Varianta se používá pro výpočet maximálních návrhových průtoku Q_N v případech, kdy odvozená kritická doba trvání deště je větší než reálná maximální doba trvání přívalového deště.

- Varianta S3 – Výpočet maximální intenzity odtoku ze svahu při zadané době trvání deště. Maximální intenzita odtoku nastává v době ukončení přítoku t_{sp} . Maximální intenzita odtoku vypočtená dle této varianty je vždy menší než maximální intenzita odtoku vypočtená dle Varianty S1. Kulminace hydrogramu nastává v době koncentrace na svahu, ale dříve než v době ukončení přítoku.

5.3. Maximální odtok z modelového prostředí

Přírodní povodí (prototyp) je schematizováno modelovým prostředím ve tvaru otevřené knihy s rovinnými svahy se společnou patou v údolnici.



Obr. 28 - Modelové povodí

5.3.1. Řešení maximálního odtoku z modelového povodí

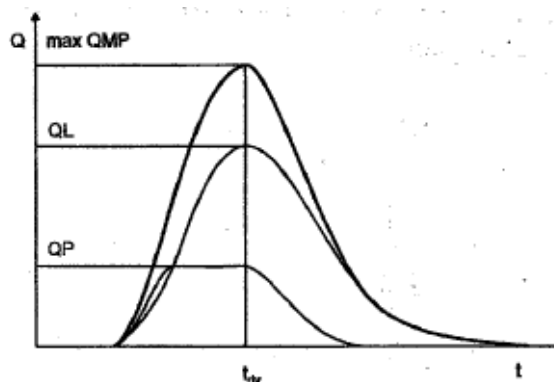
Předpoklady řešení:

- Maximální odtok je vyvolán přívalovým deštěm rovnoměrného plošného rozložení.
- Oba svahy modelového povodí jsou zasaženy stejným výpočtovým deštěm doby trvání t_{dv} a příslušné náhradní (konstantní) intenzity, případně zvolené intenzity.
- Geometrické, půdní a sklonové poměry, způsob využívání pozemků, aj. jsou odvozovány z charakteristik přírodního povodí.

5.3.2. Řešení odtoku v údolnici

Předpokladem pro řešení odtoku v údolnici je zasažení obou svahů modelového povodí stejným výpočtovým deštěm. Hydrogram odtoku v údolnici je pak odvozen součtem pořadnic hydrogramu odtoku z levého a pravého svahu.

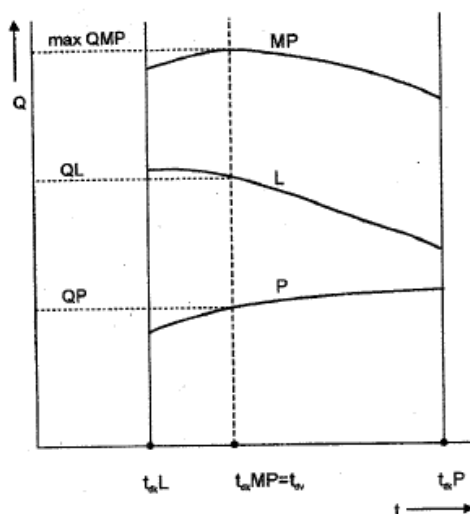
Hydrogramy odtoku ze svahů se odvodí dle příslušných variant řešení svahového odtoku S1, S2, S3, pro dobu trvání výpočtového deště a příslušnou náhradní intenzitu.



Obr. 29 - Výsledný hydrogram odtoku z modelového povodí, superpozice hydrogramů odtoku ze svahů

Odvození kritické doby trvání výpočtového deště a maximálního průtoku z modelového povodí:

Výpočtový déšť kritické doby trvání vyvolává v uzavěrném profilu maximální průtok příslušné doby opakování. Kritická doba trvání výpočtového deště pro celé modelové povodí leží v intervalu daným kritickými dobami dešťů pro levý a pravý svah povodí. Princip řešení spočívá ve výpočtu maximálních průtoků pro levý a pravý svah při postupné volbě doby trvání deště z uvedeného intervalu (časový krok např. 1 minuta). Kritická doba trvání výpočtového deště je doba, pro kterou je součet průtoků z levého a pravého svahu největší.



Obr. 30 - Odvození doby trvání výpočtového deště pro modelové povodí [12]

5.4. Objem přímého odtoku

Pro výpočet objemu přímého odtoku ze svahu je v programu používána metoda CN – křivek.

Metoda CN – křivek určuje objem přímého odtoku na základě předpokladu, že poměr objemu odtoku k úhrnu přívalové srážky se rovná poměru objemu vody zadržené při odtoku k potenciálnímu objemu, který může být zadrženo. Odtok začíná po počáteční ztrátě, která je součtem intercepce, infiltrace a povrchové retence [7].

Základní vztah pro určení výšky přímého odtoku:

$$H_o = (H_s - 0,2 A)^2 / (H_s + 0,8 A) \quad \text{pro } H_s \geq 0,2 A$$

Kde: H_o je přímý odtok [mm]

H_s úhrn návrhového deště [mm]

A potenciální retence [mm], vyjádřená pomocí čísel odtokových křivek (CN)

$$A = 25,4 (1000/CN - 10)$$

Objem přímého odtoku O_{pH} je dán vztahem:

$$O_{pH} = 1000 \cdot P_p \cdot H_o \quad [m^3]$$

Kde: P_p je plocha povodí [km²]

H_o přímý odtok [mm]

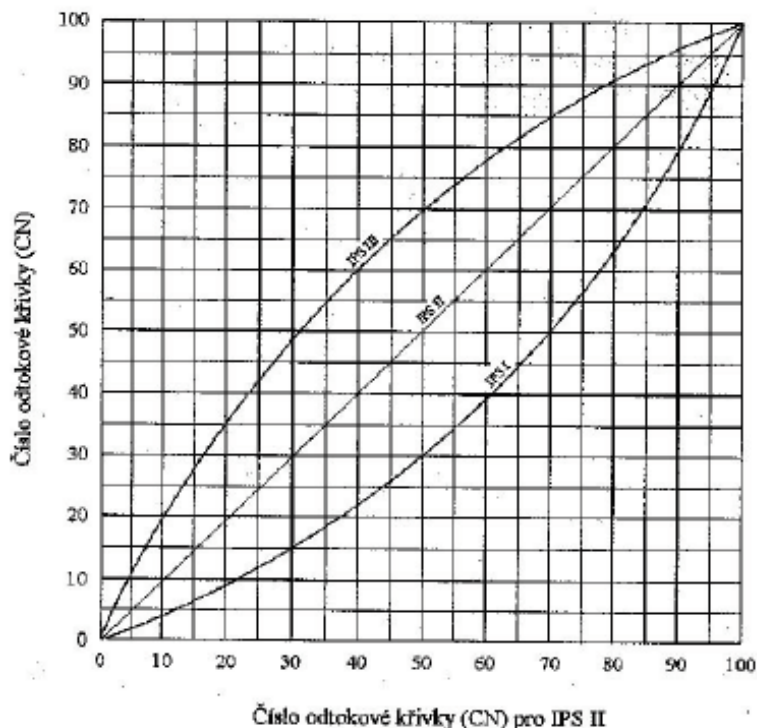
Čísla odtokových křivek (CN) jsou určena podle:

- a) Hydrologických vlastností půd rozdělených do 4 skupin A, B, C, D, na základě minimálních rychlostí infiltrace vody do půdy bez pokryvu po dlouhodobém nasycení - **Tab.22.**

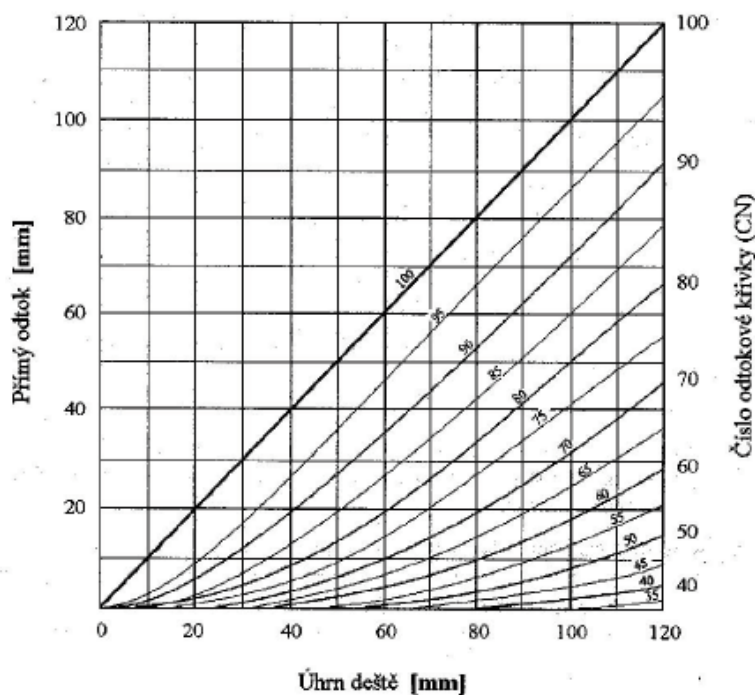
Tab. 22 - Hydrologické skupiny půd

Hydrologická skupina	Charakteristiky hydrologických vlastností půd
A	Půdy s vysokou rychlostí infiltrace ($> 0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky nebo štěrky.
B	Půdy se střední rychlostí infiltrace ($0,06 - 0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité.
C	Půdy s nízkou rychlostí infiltrace ($0,02 - 0,06 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnují převážně půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovité.
D	Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace ($< 0,02 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnují převážně jíly s vysokou bobtnavostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím

- b) Vlhkosti půdy určované na základě 5-ti denního úhrnu předcházejících srážek, resp. Indexu předchozích srážek (IPS) ve 3 stupních, kdy IPS I odpovídá takovému minimálnímu obsahu vody v půdě, který ještě umožňuje uspokojivou orbu a obdělávání, při IPS III je půda přesycena vodou z předcházejících dešťů. Pro návrhové účely se uvažuje IPS II pro střední nasycení půdy vodou [7].



Obr. 31 - Vliv obsahu vody v půdě na změnu čísla odtokové křivky (CN)



Obr. 32 - Závislost výšky přímého odtoku na úhrnu deště a číslech odtokových křivek (CN)

c) *Využití půdy, vegetačního pokryvu, způsobu obdělávání a uplatnění protierozních opatření [7].*

Tab. 23 - Průměrná čísla odtokových křivek – CN pro IPS II

Využití půdy	Způsob obdělávání	Hydrologické podmínky	Čísla odtokových křivek – CN podle hydrologických skupin půd			
			A	B	C	D
Úhor, čerstvě kypřený	Pz	Sp	77	86	91	94
		Dp	76	85	90	93
			74	83	88	90
Širokořádkové plodiny (okopaniny)	Př	Šp	72	81	88	91
	Př	Db	67	78	85	89
	Př + Pz	Šp	71	80	87	90
	Př + Pz	Db	64	75	82	85
	Vř	Šp	70	79	84	88
	Vř	Db	65	75	82	86
	Vř + Pz	Šp	69	78	83	87
	Vř + Pz	Db	64	74	81	85
	Vř + Pr	Šp	66	74	80	82
	Vř + Pr	Db	62	71	78	81
	Vř + Pr + Pz	Šp	65	73	79	81
Vř + Pr + Pz	Db	61	70	77	80	
Úzkořádkové plodiny (obiloviny)	Př	Šp	65	76	84	88
	Př	Db	63	75	83	87
	Př + Pz	Šp	64	75	83	86
	Př + Pz	Db	60	72	80	84
	Vř	Šp	63	74	82	85
	Vř	Db	61	73	81	84
	Vř + Pz	Šp	62	73	81	84
	Vř + Pz	Db	60	72	80	83
	Vř + Pr	Šp	61	72	79	82
	Vř + Pr	Db	59	70	78	81
	Vř + Pr + Pz	Šp	60	71	78	81
Vř + Pr + Pz	Db	58	69	77	80	
Víceleté pícniny, luštěniny	Př	Šp	66	77	85	89
	Př	Db	58	72	81	85
	Vř	Šp	64	75	83	85
	Vř	Db	55	69	78	83
	Vř + Pz	Šp	63	73	80	83
	Vř + Pz	Db	51	67	76	80
Pastviny s pokryvem	< 50%	-	68	79	86	89
	50 – 75%	-	49	69	79	84
	> 75%	-	39	61	74	80
Louky	sklizené	-	30	58	71	78
Křoviny s pokryvem	< 50%	-	48	67	77	83
	50 – 75%	-	35	56	70	77
	> 75%	-	30	48	65	73
Sady se zatravněným meziřadím		Šp	57	73	82	86
		Stř.	43	65	76	82
		Db	32	58	72	79
Lesy		Šp	45	66	77	83
		Stř.	36	60	73	79
		Db	30	55	70	77
Zemědělské dvory		-	59	74	82	86
Komunikace s příkopy	Dlážděné, živičné, makadamové, šterkové		83	89	93	93
	Nezpevněné, hliněné		76	85	89	91
			72	82	87	89
Nepropustné plochy			98	98	98	98

Vysvětlivky:

- Pz* Posklizňové zbytky nejméně na 5 % povrchu po celý rok.
- Př* Přímé řádky vedené bez ohledu na sklon pozemku, tedy i po spádnici.
- Vř* Vrstevnicové řádky vedené přesně ve směru vrstevnic – konturově, při sklonu pozemku menším než 2 % je obdělávání napříč svahu v přímých řádcích rovnocenné vrstevnicovému.
- Pr* Pásově pěstované plodiny a příčně situované průlehy na pozemku
- Db* Dobré hydrologické podmínky zvyšující infiltraci a snižující odtok, kdy je více než 20% povrchu pokryto zbytky rostlin, tj. více než 850 kg.ha⁻¹ u širokořádkových plodin nebo 350 kg.ha⁻¹ u úzkořádkových plodin.
- Stř* Střední hydrologické podmínky.
- Šp* Špatné hydrologické podmínky omezující infiltraci vody do půdy a zvyšující odtok, s menším množstvím posklizňových zbytků než při Db.

Dobré nebo špatné hydrologické podmínky zemědělských půd závisí především na hustotě zapojení porostu během roku, procentuálním zastoupení jetelotrav v osevním postupu, množství posklizňových zbytků na povrchu půdy a na drsnosti povrchu. V lesích špatné hydrologické podmínky znamenají, že lesní hrabanka nebo bylinné patro dobře kryje půdu.

Průměrná čísla křivek odtoku – CN odpovídají průměrným hospodářským podmínkám během vegetačního období. Sezónní změny CN lze vyjadřovat tak, že pro období orání a setí (sázení) CN odpovídá úhoru. Mezi výsevem (výsadbou) a před vrcholovým růstem odpovídá CN průměrům. Po sklizni závisí CN na zakrytí povrchu půdy rostlinnými zbytky.

Hydrologické podmínky lesních porostů jsou závislé především na hustotě pokryvu, vegetace, hrabanky apod. Nerozložené listí, jehličí větévky, kůra a jiné zbytky vegetace na lesní půdě tvoří hrabanku, ze které vzniká vrstva nadložního humusu. Při dobrém obhospodařování je nadložní humus pórovitý a má velkou vsakovací a akumulaci schopnost.

Při kombinovaném využití území (plochy propustné, nepropustné) se hodnota odtokové křivky stanoví jako vážený průměr z čísel odtokových křivek jednotlivých ploch [7].

Pomocí stanovení objemu přímého odtoku metodou CN – křivek je následně programem DesQ-MaxQ stanoven příslušný kulminační průtok na základě výše uvedené metody a závislosti.

5.5. Využití modelu DesQ-MaxQ

Model je využitelný pro výpočet maximálního průtoku z povodí, které lze schematizovat buď jednou odtokovou plochou (svah) nebo modelovým povodím ve tvaru otevřené knihy, bez zohlednění rozvinuté hydrografické sítě v povodí.

Při rozvinutější hydrografické síti v povodí lze schematizovat povodí více modelovými povodími, maximální průtok se odvozuje modelem DesQ-MaxQ v kombinaci s hydraulickými modely neustáleného proudění v říční síti – např. HEC-RAS.

Model DesQ-MaxQ umožňuje:

- Výpočet maximálních N-letých (návrhových) průtoků a objemů povodňových vln, vyvolaných přívalovými dešti kritické doby trvání.
- Výpočet maximálních průtoků a objemů povodňových vln, vyvolaných dešti zadané doby trvání, příslušné náhradní intenzity.
- Výpočet maximálních průtoků a objemů povodňových vln, vyvolaných dešti zadané doby trvání a intenzity.
- Odvození tvaru povodňových vln (časové řady).
- Výpočet charakteristik hydrogramů, ovlivněných antropogenní činností v povodí (změna ve způsobu využívání pozemků v povodí, rozšíření zpevněných ploch v povodí urbanizací aj.) [12].

5.6. Aplikace programu DesQ-MaxQ v zájmovém území

5.6.1. Výsledky simulace v programu DeQ-MaxQ

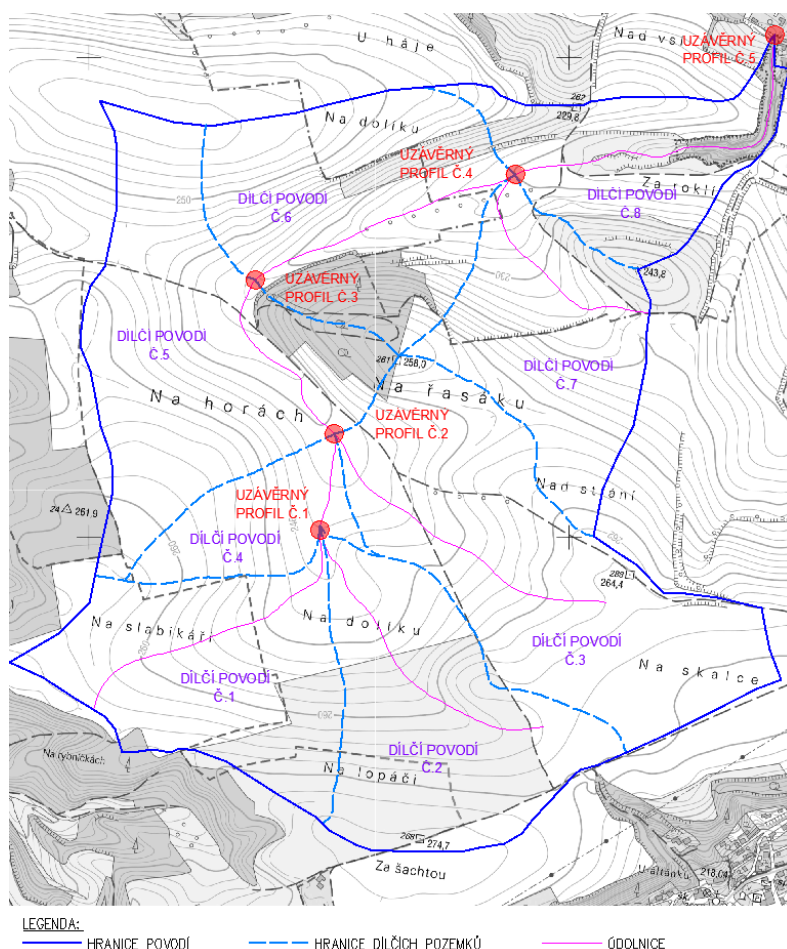
Výpočet maximální, největší možné intenzity odtoku ze svahu byl proveden za pomoci simulace srážkoodtokového modelu v programu DesQ-MaxQ. Modelem byly vypočteny hodnoty povrchových odtoků z jednotlivých dílčích povodí a následně spočten odtok v uzávěrném profilu pro celé povodí. Jednotlivé uzávěrné profily a jim náležící povodí jsou vyznačeny na **Obr. 30**. Jako srážkoměrná data byly použity hodnoty maximálních 1-denních srážkových úhrnů s dobou opakování 5, 10, 20, 50 a 100 let pro stanici Kralupy nad Vltavou, která jsou součástí programu. Další vstupní parametry (plocha a sklon svahu, drsnostní součinitel, číslo CN křivky atd.) byly odvozeny z map 1:10 000 na základě provedeného terénního průzkumu. Výsledky výpočtu srážkoodtokového modelu pro celé povodí a jeho dílčí části jsou uvedeny v **Tab.24** (podrobné výsledky simulace srážkoodtokového modelu jsou uvedeny v příloze č. 2 této studie).

Tab. 24 - N-leté maximální odtoky v zájmovém povodí vypočtené pomocí programu DesQ-MaxQ

Dílčí povodí	Q ₅ [m ³ .s ⁻¹]	Q ₁₀ [m ³ .s ⁻¹]	Q ₂₀ [m ³ .s ⁻¹]	Q ₅₀ [m ³ .s ⁻¹]	Q ₁₀₀ [m ³ .s ⁻¹]
Dílčí povodí 1	0,197	0,327	0,501	0,731	0,935
Dílčí povodí 2	0,156	0,250	0,362	0,498	0,621
Dílčí povodí 3	0,212	0,347	0,527	0,800	1,030
Dílčí povodí 4	0,038	0,060	0,085	0,114	0,138
Dílčí povodí 5	0,134	0,226	0,333	0,479	0,611
Dílčí povodí 6	0,187	0,306	0,464	0,664	0,837
Dílčí povodí 7	0,140	0,229	0,347	0,526	0,676
Dílčí povodí 8	0,140	0,221	0,308	0,404	0,488
Celé povodí *)	1,120	1,810	2,720	4,030	5,210

*) Hodnoty N – letých maximálních odtoků pro „Celé povodí“ jsou spočteny samostatně pro plochu náležící k uzavěrnému profilu č. 5 (celá plocha povodí). Porovnáním těchto hodnot s hodnotami spočtenými ČHMÚ, uvedenými v příloze č. 1 této studie, byla zjištěna jejich poměrně dobrá shoda (rozdíl cca 20 %).

Hodnoty srážkoodtokového modelu (průběh povodňové vlny) vypočtené programem DesQ-MaxQ, byly následně použity jako jeden z podkladů metody pro návrh a posouzení efektivity (účinnosti) suché nádrže v zájmovém území (**Kap. 6**).



Obr. 33 - Schéma rozdělení dílčích povodí pro výpočet povrchového odtoku v programu DesQ-MaxQ

6. NÁVRH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ

Pro potřeby ochrany území obce Zeměchy u Kralup před povodňovými průtoky bylo v zájmovém území navrženo protipovodňové opatření v podobě suché nádrže. Účelem této nádrže je ochrana území před účinky povodňových průtoků, snížení kulminačních průtoků povodně a transformace povodňové vlny protékající povodím do delšího časového intervalu. Před výstavbou nádrže je nutno posoudit vybranou lokalitu pomocí hydrogeologického průzkumu.

Pro návrh umístění suché nádrže bylo vytipováno umístění ve spodní části zájmového povodí nad vtokem do sprašové rokle. Umístění vyhovuje z morfologického hlediska a umožňuje, aby byl zachycen co možná největší možný objem povodňové vlny. Celková plocha povodí, ze kterého bude voda zachycována v nádrži je 1,65 km².

K posouzení dispozičního řešení nádrže a jejího technického řešení (výška hráze, průměr a výškové umístění odpadního potrubí, rozměry a výškové umístění bezpečnostního přelivu apod.) byla použita metoda pro posouzení efektivity (účinnosti) suché nádrže v zájmovém území [13]. Jako podklad pro výpočet byly vyhotoveny charakteristické čary nádrže (čára zatopených ploch a čára zatopených objemů), které byly získány planimetrováním z map 1:10 000 a hodnoty časového průběhu povodňové vlny spočtené srážkoodtokovým modelem v programu DesQ-MaxQ.

6.1. Aplikace metody pro posouzení efektivity (účinnosti) suché nádrže v zájmovém území

6.1.1. Charakteristika metody

Metoda pro posouzení efektivity (účinnosti) suché nádrže vychází z posouzení poměru záchytného prostoru nádrže a objemu návrhové povodňové vlny se zahrnutím hydraulického řešení odtoku vody výpustným potrubím, případně bezpečnostním přelivem. Metoda vychází z, pokud možno minimálního počtu potřebných vstupních údajů a dále z toho, aby získání těchto vstupních údajů nebylo finančně náročné. Důvodem je, že k výběru vhodného profilu je často zapotřebí posouzení většího počtu variantních řešení a následná volba nejvhodnější varianty [13].

Cílem variantního návrhu suché nádrže je nalézt optimální poměr mezi kulminací přítoku a odtoku vody z nádrže, respektive zajistit, aby kulminační odtok z nádrže nepřevýšil hodnotu neškodného průtoku z hlediska chráněné lokality pod nádrží. Toho je možno dosáhnout buď volbou velikosti záchytného prostoru nebo průměru odpadního potrubí, respektive jejich vzájemnou kombinací.

Výsledkem řešení je možnost výběru nejvhodnější varianty umístění suché nádrže a jejich technických parametrů (výška hráze, průměr a výškové umístění odpadního potrubí, rozměry a výškové umístění bezpečnostního přelivu) a dále získání informací o maximálním odtoku vody pod hrázi pro návrhovou povodňovou vlnu příslušné doby opakování.

6.1.2. Výpočetní schéma

Řešení transformačního účinku nádrže vychází ze vztahu:

$$Q_P \cdot dt - Q_O \cdot dt = \pm dV$$

Kde: Q_P je časový průběh přítoku vody do nádrže [$m^3 \cdot s^{-1}$]

Q_O časový průběh odtoku vody z nádrže [$m^3 \cdot s^{-1}$]

t čas [s]

V objem vody (změna – přírůstek nebo úbytek) v záchytném prostoru nádrže [m^3]

Protože časový průběh přítoku do nádrže obecně nelze analyticky vyjádřit, není možno uvedenou diferenciální rovnici řešit přímo. Z toho důvodu je třeba přejít na řešení po časových krocích a rovnici ve tvaru:

$$Q_P \cdot \Delta t - Q_O \cdot \Delta t = \pm \Delta V$$

Kde: Q_P je časový průběh přítoku vody do nádrže [$m^3 \cdot s^{-1}$]

Q_O časový průběh odtoku vody z nádrže [$m^3 \cdot s^{-1}$]

Δt časový krok [s]

V objem vody (změna – přírůstek nebo úbytek) v záchytném prostoru nádrže [m^3]

Transformace povodňové vlny v retenčním prostoru nádrže je pak řešena s dostatečnou přesností metodou diferencí, kdy kontinuální časový průběh transformace je nahrazen řešením po časových krocích.

Vlastní výpočet transformace probíhá tak, že pro každý časový interval se určí z čáry časového průběhu povodně množství vody, které do nádrže přiteče za dobu časového intervalu. Toto množství vody zvýší hladinu vody v nádrži na úroveň, jejíž hodnotu je možno určit z charakteristických čar nádrže. Tato úroveň hladiny způsobí odtok vody výpustným potrubím, průtok je možno stanovit z konzumční křivky potrubí (pro zvolený profil potrubí). Rozdíl přítoku vody do nádrže a odtoku vody odpadním potrubím od výpusti za zvolený časový interval určuje objem vody v nádrži na počátku dalšího časového intervalu. Tímto způsobem pokračuje výpočet až do odeznění povodně. Do řešení je možno od určité výškové úrovně, odpovídající koruně bezpečnostního přelivu, zahrnout též neřízený odtok vody přes bezpečnostní přeliv. Tento průtok se stanoví z konzumční křivky bezpečnostního přelivu.

Pro výpočet transformace povodňové vlny v retenčním prostoru suché nádrže je třeba mít k dispozici následující podklady:

- charakteristické čáry suché nádrže (čára zatopených objemů)
- časový průběh povodňové vlny
- konzumční křivku odpadního potrubí a bezpečnostního přelivu (resp. parametry zařízení charakterizující tyto křivky)

Výsledky zahrnují:

- Graficky i tabelárně zpracovaný přítok/odtok
- Čáru přítoku (časový průběh povodně) [$m^3 \cdot s^{-1}$] jako funkci času [hod] – silná červená čára
- Čáru odtoku [$m^3 \cdot s^{-1}$] jako funkci času [hod] – silná modrá čára
- Tabulku s uvedenými extrémními hodnotami:
 - hodnota kulminace přítoku [$m^3 \cdot s^{-1}$]
 - hodnota kulminace odtoku [$m^3 \cdot s^{-1}$]
 - efekt transformace [%] jako doplněk podílu kulminace odtoku a přítoku do jedné (čím vyšší je efekt nádrže, tím více se sníží odtok z nádrže oproti přítoku)
 - čas dosažení kulminace přítoku a odtoku [hod]
 - úroveň maximální dosažené hladiny [m n.m.]

Využití výsledků výpočtů:

Výsledky výpočtu je možno využít pro rozhodovací procesy při úvahách o využití suchých nádrží jako prvku protipovodňové ochrany nebo při rozhodování o technickém řešení suché nádrže. Konkrétně se jedná o tyto možnosti (řazeno od jednodušších úloh ke složitějším):

- dispoziční řešení konkrétní suché nádrže – posouzení efektivity nádrže pro povodňové vlny jednotlivých dob opakování, stanovení optimálního průměru odpadního potrubí pro zajištění nepřekročitelnosti zadaného maximálního odtoku vody pod hrází, posouzení kombinace profilů a výškového umístění dvou odpadních potrubí, návrh výškového umístění koruny bezpečnostního přelivu, spolupráce výpustného zařízení a bezpečnostního přelivu apod.
- posouzení variant umístění jedné suché nádrže na konkrétním toku z hlediska velikosti retenčního prostoru, z hlediska efektivity transformačního účinku,
- variantní řešení umístění více suchých nádrží na jednom toku či více (zpravidla dvou) přítocích – možné kombinace řešení, posouzení efektivity.

Vlastní použití metody vychází nejprve spíše z posouzení variantního umístění nádrží a po výběru vhodné varianty jedné nádrže či kombinace dvou nádrží je možno přistoupit k využití metody [13].

6.2. Suchá nádrž SN

Plánovaná hráz nádrže je navržena v prostoru polní cesty, která prochází kolmo přes profil vtoku do sprašové rokle. Je navržena lichoběžníková zemní sypaná hráz délky 180 m, šířkou v koruně 4,0 m a výšce, která v nejhlubším místě dosahuje 3,50 m. Kóta koruny hráze je v úrovni 222,50 m n. m. Návodní líc bude proveden ve sklonu 1:3 a opevněn kamenným pohozem, který bude umístěn na hutněné filtrační vrstvě ze šterkopísku. Proti sesuvu bude pata návodního líce opatřena opěrnou patkou z lomového kamene. Vzdušní líc bude proveden ve sklonu 1:2. V patě vzdušního líce bude umístěn patní drén tvořený drenáží z hladkých perforovaných PVC trubek a obsypem z makadamu. Horní vrstva vzdušního a návodního líce bude upravena pomocí ohumusování a zatravnění, rovněž tak koruna hráze a dno nádrže.

Nádrž je vybavena betonovou spodní výpustí profilu DN 400 vedenou tělesem hráze ve sklonu 2,0 %, která umožňuje převádění povodňových průtoků, celkové vyprázdnění nádrže nebo snížení hladiny na stanovenou úroveň v požadovaném čase. Potrubí výpusti je umístěno v nejnižším místě nádrže na kótě 219,00 m n.m. Před vtokem do spodní výpusti jsou umístěny rámové česle, které brání vniku nežádoucích objektů do potrubí.

Pro převádění velkých vod se uvažuje s průtokem vody přes bezpečnostní přeliv. Ten bude proveden jako průleh v hrázi o šířce 10 m opevněný lomovým kamenem se skluzem na vzdušném svahu hráze. Příčný profil je lichoběžníkový se sklonem svahů 1:2. V podélném směru je po 5 m stabilizován prahy z lomového kamene. Úroveň hrany bezpečnostního přelivu je umístěna na kótě 222,00 m n.m. Voda přepadající přes bezpečnostní přeliv bude odváděna prostorem sprašové rokle do vpusti umístěné v uzávěrném profilu zájmového povodí.

Suchá nádrž je navržena tak, aby bezpečně převedla a transformovala procházející povodňové vlny až do velikosti Q_{100} . Při průchodu této povodňové vlny dosahuje maximální přítok do suché nádrže hodnotu $5,21 \text{ m}^3$ a maximální odtok hodnotu $0,57 \text{ m}^3$. Při dosažení maximální hladiny vody v nádrži dosahuje zatopená plocha hodnoty 5640 m^2 a zatopený objem 5766 m^3 . Celkový transformační efekt nádrže je 89,12 %. (podrobné výsledky výpočtu parametrů suché nádrže jsou uvedeny příloze č. 2 – Hydrotechnické výpočty).

Transformační účinek nádrže (snížení vyšší kulminace přítoku do nádrže na nižší kulminaci odtoku z nádrže) je ovlivňován především velikostí volného prostoru nádrže (retenční prostor) a konstrukčními rozměry jednotlivých navrhovaných hydrotechnických objektů (bezpečnostní přeliv, spodní výpust apod.).

Navrhované parametry nádrže SN:

Výška hráze (koruny)	3,5 m (222,5 m n. m.)
Délka hráze:	cca 180 m
Šířka hráze v koruně:	4,0 m
Sklon návodní strany:	1:3
Sklon vzdušného líce:	1:2
Úroveň bezpečnostního přelivu:	222,00 m n. m.
Úroveň dna spodní výpusti:	219,00 m n. m.
Převýšení nad max. hladinu:	0,50 m
Objem vody (max. hladina):	$27\,098 \text{ m}^3$
Plocha hladiny (max. hladina):	$20\,030 \text{ m}^2$
Objem vody po korunu hráze:	$41\,018 \text{ m}^3$

Transformační efekt suché nádrže je 89,12 %. Profil spodní výpusti nádrže (DN 400) byl volen s ohledem na velikost profilu odtokového potrubí dešťové kanalizace, jehož vtok je umístěn ve vpusti v uzávěrovém profilu povodí. Volba menšího profilu potrubí by zvýšila riziko jeho ucpání a zvýšila dobu odtoku transformované povodňové vlny z nádrže nad 24 h. Varianta řešení suché nádrže se spodní výpustí o DN 400 byla proto vybrána jako nejoptimálnější z hlediska transformace povodňové vlny, velikosti odtoku z nádrže a bezpečnosti profilu.

Tab. 25 - Charakteristika nádrže pro N-leté maximální odtoky v zájmovém povodí

Doba opakování N [roky]	P_{max} [m ³ .s ⁻¹]	O_{max} [m ³ .s ⁻¹]	Max. hlad. [m n.m.]	Max. hl. [m]	T [%]
5	1,12	0,44	220,62	1,62	60,23
10	1,81	0,49	221,03	2,03	73,14
20	2,72	0,52	221,36	2,36	80,95
50	4,03	0,55	221,69	2,69	86,41
100	5,21	0,57	221,91	2,91	89,12

Vysvětlivky:

P_{max}	Maximální přítok vody do nádrže
O_{max}	Maximální odtok vody z nádrže
Max. hlad.	Úroveň maximální hladiny vody v nádrži
Max. hl.	Odpovídající hloubka vody v nádrži
T	Transformační efekt nádrže

Z výše uvedených výsledků (Tab. 25) je patrné, že výstavba suché nádrže má příznivý vliv na odtokové poměry v zájmovém povodí. Nádrž umožňuje ochranu obce před negativními účinky bleskových povodní vyskytujících se v zájmovém území. Výstavbou suché nádrže dojde k zachycení vody odtékající ze zájmového území a dojde k transformaci povodňové vlny (až do velikosti Q_{100}) na neškodný odtok. Tento odtok je následně odváděn pomocí spodní výpusti do prostoru profilu sprašové rokle a dále do potrubí dešťové kanalizace, která je vybudována v části obce, a která umožňuje odtok vody dále do koryta Knovízského potoka.

7. Seznam pozemků dotčených navrhovanými opatřeními

Dotčené pozemky byly zjišťovány v internetové aplikaci ČÚZK „Nahlížení do katastru nemovitostí“ [8]. Uvedený seznam dotčených pozemků je pouze orientační a před samotnou realizací jednotlivých navrhovaných opatření je nutné dotčené pozemky podrobněji ověřit a dohledat jejich vlastníky podle přesného zákresu záboru pozemků v aktuální verzi katastrální mapy.

Tab. 26 - Seznam pozemků dotčených navrhovanými opatřeními

k.ú. Zeměchy u Kralup nad Vltavou [792799]						
Parcelní číslo	Číslo LV	Výměra parcely [m ²]	Druh pozemku	Způsob ochrany	Trvalý zábor [m ²]	Druh opatření
107/4	124	5190	Trvalý travní porost	ZPF	812	PEO
107/7	124	201	Orná půda	ZPF	201	PEO
107/8	124	11387	Orná půda	ZPF	5506	PEO
107/11	124	33257	Orná půda	ZPF	19007	PEO
107/16	124	8968	Orná půda	ZPF	4852	PEO
107/19	124	6258	Orná půda	ZPF	5858	PEO
					2979	PPO*)
					405	PPO
107/20	124	263	Orná půda	ZPF	263	PEO
					81	PPO*)
109	124	517	Ostatní plocha		58	PEO
107/6	165	48243	Orná půda	ZPF	725	PEO
62/1	246	1537	Orná půda	ZPF	1429	PEO
62/10	246	9261	Orná půda	ZPF	5020	PEO
62/14	246	18623	Orná půda	ZPF	17803	PEO
107/12	246	5906	Orná půda	ZPF	2721	PEO
107/15	246	9058	Orná půda	ZPF	5826	PEO
					95	PPO*)
107/18	246	1147	Orná půda	ZPF	644	PEO
					103	PPO*)
128/5	246	172	Trvalý travní porost	ZPF	53	PEO
					23	PPO*)
					119	PPO
128/6	246	2035	Trvalý travní porost	ZPF	118	PEO
					500	PPO*)
					1208	PPO
136	246	94	Ostatní plocha		94	PEO
143/4	246	9715	Orná půda	ZPF	9313	PEO
					4039	PPO*)
148	246	625	Ostatní plocha		161	PEO

k.ú. Zeměchy u Kralup nad Vltavou [792799]						
Parcelní číslo	Číslo LV	Výměra parcely [m ²]	Druh pozemku	Způsob ochrany	Trvalý zábor [m ²]	Druh opatření
164/2	246	19362	Trvalý travní porost	ZPF	1200	PEO
164/3	246	76	Ostatní plocha		34	PEO
					76	PPO*)
					42	PPO
164/6	246	37	Ostatní plocha		28	PEO
					37	PPO*)
					9	PPO
164/7	246	812	Ostatní plocha		417	PEO
					511	PPO*)
					256	PPO
164/20	246	11224	Orná půda	ZPF	8013	PEO
					493	PPO
62/5	267	9030	Orná půda	ZPF	240	PEO
62/6	267	20872	Orná půda	ZPF	687	PEO
107/21	267	579	Orná půda	ZPF	541	PEO
					581	PPO*)
					40	PPO
142/1	267	226	Ostatní plocha		226	PEO
					226	PPO*)
142/2	267	260	Orná půda	ZPF	260	PEO
					260	PPO*)
143/1	267	288	Orná půda	ZPF	288	PEO
					288	PPO*)
143/2	267	355	Orná půda	ZPF	355	PEO
					355	PPO*)
143/3	267	12660	Orná půda	ZPF	12049	PEO
					10835	PPO*)
172/1	287	36601	Orná půda	ZPF	22	PEO
125/2	393	471	Lesní pozemek		204	PEO
107/13	484	355	Orná půda	ZPF	186	PEO
107/14	484	10531	Orná půda	ZPF	3861	PEO
107/17	484	1631	Orná půda	ZPF	1608	PEO
107/22	484	41	Trvalý travní porost	ZPF	32	PEO
128/4	484	2706	Trvalý travní porost	ZPF	16	PEO
					269	PPO
135	484	155	Ostatní plocha		149	PEO
164/8	484	342	Orná půda	ZPF	342	PEO
164/9	484	9765	Orná půda	ZPF	5742	PEO

k.ú. Zeměchy u Kralup nad Vltavou [792799]						
Parcelní číslo	Číslo LV	Výměra parcely [m ²]	Druh pozemku	Způsob ochrany	Trvalý zábor [m ²]	Druh opatření
164/19	484	14966	Orná půda	ZPF	1557	PEO
62/8	538	9643	Orná půda	ZPF	588	PEO
62/7	543	9704	Orná půda	ZPF	457	PEO
62/15	10001	1322	Orná půda	ZPF	754	PEO
505/2	10001	385	Ostatní plocha		25	PEO
506	10001	1007	Ostatní plocha		20	PEO

k.ú. Otavice [716987]						
Parcelní číslo	Číslo LV	Výměra parcely [m ²]	Druh pozemku	Způsob ochrany	Trvalý zábor [m ²]	Druh opatření
621/7	10	432	Orná půda	ZPF	432	PEO
621/8	10	7733	Orná půda	ZPF	7719	PEO
711/4	40	802	Orná půda	ZPF	183	PEO
711/5	40	2489	Orná půda	ZPF	1969	PEO
711/7	40	10952	Orná půda	ZPF	872	PEO
711/8	40	26687	Orná půda	ZPF	118	PEO
711/13	40	24871	Orná půda	ZPF	3772	PEO
646	84	288	Ostatní plocha		288	PEO
					128	PPO*)
645	109	1349	Vodní plocha		752	PEO
					376	PPO*)
621/34	215	9998	Orná půda	ZPF	2396	PEO
711/15	215	18343	Orná půda	ZPF	15103	PEO
711/18	215	10574	Orná půda	ZPF	233	PEO
711/6	247	15016	Orná půda	ZPF	14652	PEO
711/16	247	33395	Orná půda	ZPF	10680	PEO
711/42	247	14566	Orná půda	ZPF	9060	PEO
621/11	267	33683	Orná půda	ZPF	10592	PEO
621/9	302	557	Orná půda	ZPF	557	PEO
621/10	302	8470	Orná půda	ZPF	8470	PEO
621/4	348	881	Orná půda	ZPF	810	PEO
621/5	348	3902	Orná půda	ZPF	3902	PEO
621/6	348	2374	Orná půda	ZPF	2374	PEO
621/36	348	1978	Orná půda	ZPF	1978	PEO
593/67	449	10495	Orná půda	ZPF	1425	PEO
593/28	453	21868	Orná půda	ZPF	232	PEO
621/13	453	28845	Orná půda	ZPF	18142	PEO
711/28	453	17124	Orná půda	ZPF	3818	PEO
621/16	462	44096	Orná půda	ZPF	1063	PEO
711/29	509	5521	Orná půda	ZPF	552	PEO
621/37	615	1919	Orná půda	ZPF	621	PEO

k.ú. Otovice [716987]						
Parcelní číslo	Číslo LV	Výměra parcely [m ²]	Druh pozemku	Způsob ochrany	Trvalý zábor [m ²]	Druh opatření
711/17	615	5701	Orná půda	ZPF	2153	PEO
953/2	615	154	Orná půda	ZPF	154	PEO
648	719	13002	Orná půda	ZPF	11449	PEO
					3304	PPO*)
644	748	24988	Orná půda	ZPF	16018	PEO
					2319	PPO*)
621/1	10001	575	Orná půda	ZPF	575	PEO
658	10001	1529	Ostatní plocha		470	PEO
659/3	10001	257	Ostatní plocha		257	PEO
938	10001	90	Ostatní plocha		90	PEO
939/8	10001	500	Orná půda	ZPF	54	PEO
941/1	10001	11247	Ostatní plocha		518	PEO

k.ú. Blevice [605590]						
Parcelní číslo	Číslo LV	Výměra parcely [m ²]	Druh pozemku	Způsob ochrany	Trvalý zábor [m ²]	Druh opatření
227/5	170	28719	Orná půda	ZPF	15724	PEO
227/1	223	41549	Orná půda	ZPF	9574	PEO
227/4	247	21972	Orná půda	ZPF	1415	PEO
537/3	10001	3201	Ostatní plocha		709	PEO

Vysvětlivky:

PEO Protierozní opatření

PPO Protipovodňové opatření

*PPO *) Zatopená plocha nad navrženými PEO nebo PPO*

8. ZÁVĚR

Zadáním této diplomové práce bylo posouzení erozní náchylnosti pozemků a odtokových poměrů z pozemků směřujících do obce Zeměchy. Cílem byl pak návrh protierozních a protipovodňových opatření k ochraně obce před povodňovými průtoky a transportem půdních částic z erozních procesů.

Pro posouzení erozní ohroženosti byly použity dvě základní metody, a to empirická metoda univerzální rovnice ztráty půdy Wischmeier-Smith (USLE – Universal Soil Loss Equation) a matematický simulační model povrchového odtoku a erozního procesu SMODERP. Poté byly výsledky obou metod porovnány a pro návrh protierozních opatření na zájmové oblasti byla jako nejvhodnější varianta vybrána kombinace obou výše uvedených metod.

Jako optimální prvek pro snížení erozní ohroženosti jednotlivých ohrožených pozemků byl vybrán způsob převedení těchto pozemků na trvalý travní porost. Tento způsob zajišťuje, že nebude docházet k překračování přípustných délek svahů erozně ohrožených pozemků. Umožňuje zabránit tomu, aby docházelo k přechodu z plošného odtoku na odtok soustředěný a následnému vytvoření povodňové vlny s odnosem velkého množství půdních částic z polí do prostoru obce.

Dalším opatřením pro zlepšení stavu pozemků orné půdy proti vodní erozi bylo navrženo doporučení, aby se na pozemcích zájmového území hospodařilo dle zásad dobré zemědělské praxe. V současné době je na velké části polí hospodařeno způsobem, který se s těmito zásadami neshoduje (např. orba kolmo na vrstevnice).

Další část textu se zabývala posouzením odtokových poměrů v zájmovém povodí a stanovením návrhových charakteristik povodňových vln vyvolaných přívalovými dešti pomocí hydrologického srážkoodtokového modelu DesQ-MaxQ. Modelem byly vypočteny hodnoty povrchových odtoků z jednotlivých dílčích povodí a následně odvozen odtok v uzávěrném profilu pro celé povodí. Hodnoty srážkoodtokového modelu (průběh povodňové vlny) vypočtené programem DesQ-MaxQ, byly následně použity jako jeden z podkladů metody pro návrh a posouzení efektivitu (účinnosti) suché nádrže v zájmovém území.

Pro potřeby ochrany území obce Zeměchy u Kralup před povodňovými průtoky bylo v zájmovém území navrženo protipovodňové opatření v podobě suché nádrže. Pro návrh umístění suché nádrže bylo vytipováno umístění ve spodní části zájmového povodí nad vtokem do sprašové rokle. Umístění vyhovuje z morfologického hlediska a umožňuje, aby byl zachycen co možná největší možný objem povodňové vlny aniž by došlo k poškození přírodní památky Sprašová rokle. Suchá nádrž byla navržena tak, aby bez problémů převedla a transformovala procházející povodňové vlny až do velikosti Q_{100} .

Opatření pro zlepšení ekologické stability krajiny v zájmovém území byly navrženy tak, aby pomohly snížit erozní náchylnost pozemků, zajistit ochranu půdního fondu a zlepšit hydrologické funkce povodí. Realizace těchto opatření pomůže výrazně řešit problémy obce s odtokem a následným transportem půdních částic z erozních procesů.

9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VHS Projekt s.r.o. Fotodokumentace povodňové události v obci Zeměchy u Kralup nad Vltavou ze dne 9.9.2012. 09/2012
- [2] Geologická mapa Zeměchy u Kralup nad Vltavou. *Geovědní a geologické mapy* [online]. Praha: Pavel Bokr, 2016 [cit. 2016-07-17]. Dostupné z: <http://www.geologicke-mapy.cz/regiony/ku-792799/#mapy-online>
- [3] Charakteristika hlavních půdních jednotek. *EAGRI* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, ©2009-2016 [cit. 2016-07-22]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/100163547.html>
- [4] Pedologická mapa skupin půdních typů. *Geoportál SOWAC-GIS* [online]. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, ©2016 [cit. 2016-07-22]. Dostupné z: <http://mapy.vumop.cz/>
- [5] *Veřejný registr půdy - LPIS* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, ©2009-2016 [cit. 2016-07-25]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>
- [6] Sprašová rokle u Zeměch. *Multimediální mineralogicko – petrografický exkurzní průvodce po území Čech* [online]. Praha: RNDr. Václav Vávra, Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita. Brno., 2011 [cit. 2016-08-3]. Dostupné z: <http://pruvodce.geol.cechy.sci.muni.cz/zemehy/zemehy.htm>
- [7] JANEČEK, Miloslav. *Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika* [online]. Praha: Powerprint, 2012 [cit. 2016-08-17]. ISBN 978-80-87415-42-9. Dostupné z: http://fzp.czu.cz/vyzkum/metodiky/Methodika_Ochrana_zemedelske_pudy_pred_erozi.pdf
- [8] *Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální, ©2004-2016 [cit. 2016-08-20]. Dostupné z: <http://nahlizeni.dokn.cuzk.cz/>
- [9] Manuál programu SMODERP. *Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství Fakulty stavební ČVUT v Praze* [online]. Praha: ČVUT v PRAZE – FAKULTA STAVEBNÍ Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, ©2016 [cit. 2016-09-5]. Dostupné z: http://storm.fsv.cvut.cz/data/files/Volne_stazitelne_vysledky/Smoderp/manual2013.pdf
- [10] Software DES_RAIN. ČZU – Fakulta životního prostředí [online]. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, ©2016 [cit. 2016-09-10]. Dostupné z: <https://www.fzp.czu.cz/cs/r-6899-projekty-a-spoluprace-s-praxi/r-6924-aplikovane-vysledky/r-7329-software/des-rain-variable.html>

- [11] *Program DesQ – MaxQ* [online]. [cit. 2016-09-25]. Dostupné z: <http://www.desq-maxq.cz/>
- [12] HRÁDEK, František a Karel KUŘÍK. *Maximální odtok z povodí: teorie svahového odtoku a hydrologický model DesQ-MAX Q* [online]. Praha: Credit, 2001 [cit. 2016-10-21]. ISBN 80-213-0782-X.
- [13] Numerická metoda pro posouzení efektivity suché nádrže. *Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství Fakulty stavební ČVUT v Praze* [online]. Praha: ČVUT v PRAZE – FAKULTA STAVEBNÍ Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, ©2016 [cit. 2016-11-11]. Dostupné z: <http://storm.fsv.cvut.cz/cinnost-katedry/volne-stazitelne-vysledky/sucha-nadrz/?lang=cz>

PŘÍLOHA Č.1 – HYDROLOGICKÉ ÚDAJE ČHMÚ



ČESKÝ
HYDROMETEOROLOGICKÝ
ÚSTAV

POBOČKA PRAHA



VÁŠ DOPIS ZN:
DORUČEN DNE: 14.02.2014

NAŠE ZNAČKA: 121/14/J

VYŘÍZUJE: Mgr. Jana Jovanovičová
DATUM: 20.02.2014
TELEFON: 244 032 535
EMAIL: jovanovicova@chmi.cz

VHS PROJEKT
Ing. Martin Jakoubek
Zlončice 144
278 01 Kralupy nad Vltavou

HYDROLOGICKÉ ÚDAJE POVRCHOVÝCH VOD

Na Vaši žádost Vám zasíláme požadované základní hydrologické údaje podle ČSN 75 1400 pro:

Vodní tok	bezejmenný pravostranný přítok Knovízského potoka		
Číslo hydrologického pořadí	1-12-02-0450		
Profil	konec sprašové rokle v Zeměchách		
Plocha povodí $A^a)$	1.79		km ²

N -leté průtoky $Q_N^{b)}$						$m^3 \cdot s^{-1}$		
1	2	5	10	20	50	100	Třída	
0.600	1.00	1.60	2.20	3.10	4.90	6.70	IV	

Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany
tel.: 244 032 545, fax: 244 032 500

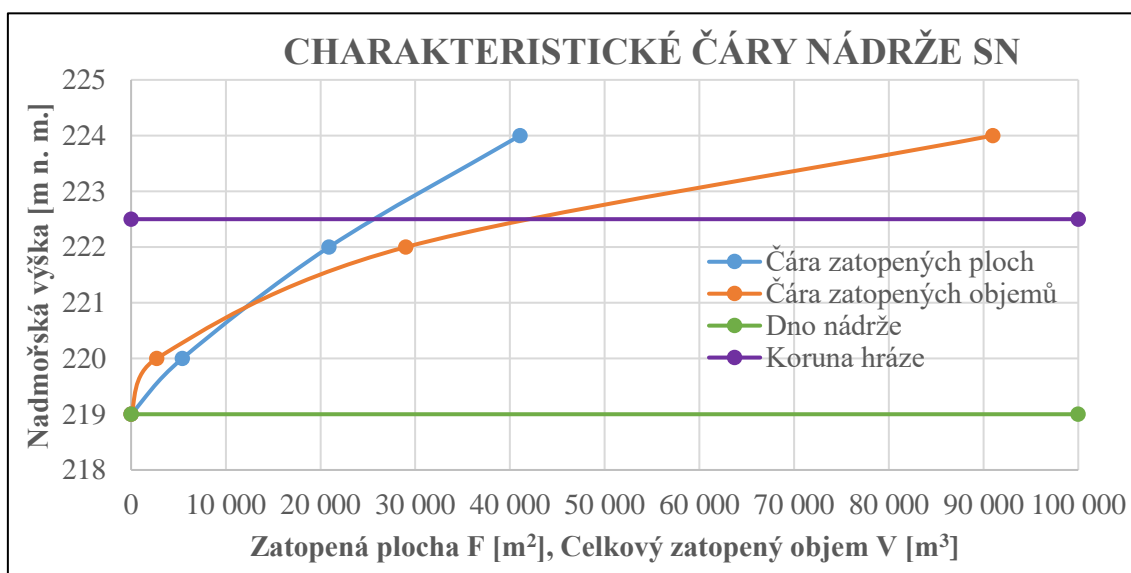
IČ: 00020699, DIČ: CZ00020699
č. ú.: 54132041/0100, www.chmi.cz

PŘÍLOHA Č.2 – HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

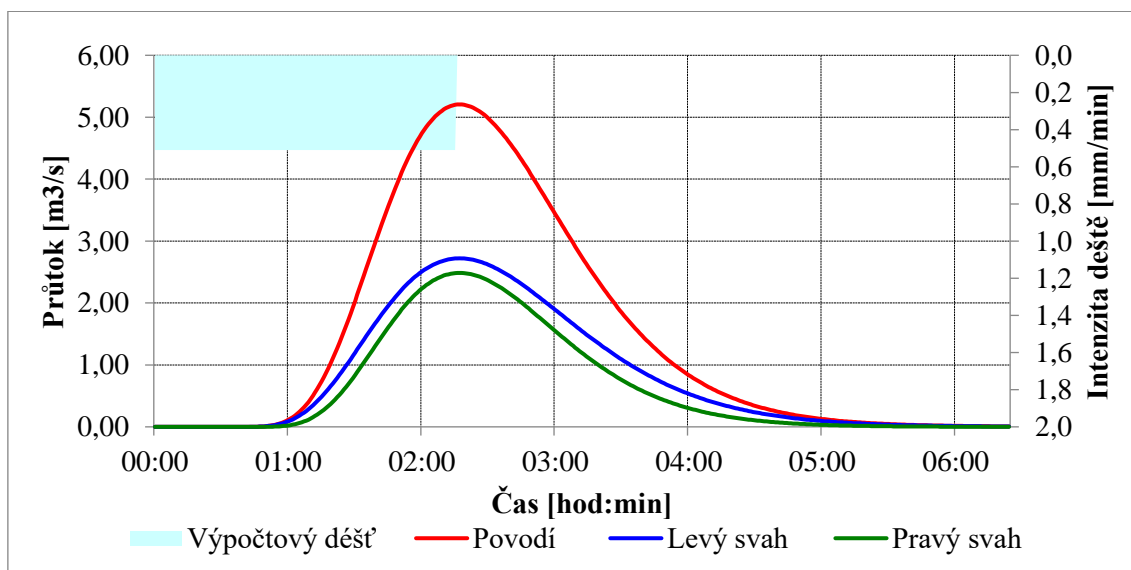
Výpočet suché nádrže SN

Charakteristické čáry nádrže:

Nadmořská výška [m n.m.]	Hloubka vody H [m]	Zatopená plocha F [m ²]	Zatopený objem ΔV [m ³]	Celkový zatopený objem V [m ³]
219,0	0,0	0,0	0,0	0,0
220,0	1,0	5408,6	2704,3	2704,3
222,0	3,0	20903,7	26312,2	29016,5
224,0	5,0	41062,0	61965,6	90988,2



Průběh povodňové vlny (vypočteno programem DesQ-MaxQ):



Tab. 27 - Časové řady průběhu povodňové vlny

Časové řady		Průtok	Časové řady		Průtok	Časové řady		Průtok
[hod]	[min]	[m ³ .s ⁻¹]	[hod]	[min]	[m ³ .s ⁻¹]	[hod]	[min]	[m ³ .s ⁻¹]
0,00	0	0,000	2,17	130	5,129	4,33	260	0,462
0,08	5	0,000	2,25	135	5,200	4,42	265	0,396
0,17	10	0,000	2,33	140	5,193	4,50	270	0,339
0,25	15	0,000	2,42	145	5,116	4,58	275	0,289
0,33	20	0,000	2,50	150	4,978	4,67	280	0,246
0,42	25	0,000	2,58	155	4,789	4,75	285	0,209
0,50	30	0,000	2,67	160	4,560	4,83	290	0,177
0,58	35	0,000	2,75	165	4,302	4,92	295	0,150
0,67	40	0,000	2,83	170	4,022	5,00	300	0,127
0,75	45	0,002	2,92	175	3,731	5,08	305	0,107
0,83	50	0,011	3,00	180	3,435	5,17	310	0,090
0,92	55	0,042	3,08	185	3,141	5,25	315	0,076
1,00	60	0,114	3,17	190	2,854	5,33	320	0,064
1,08	65	0,244	3,25	195	2,577	5,42	325	0,053
1,17	70	0,449	3,33	200	2,315	5,50	330	0,045
1,25	75	0,737	3,42	205	2,069	5,58	335	0,037
1,33	80	1,105	3,50	210	1,839	5,67	340	0,031
1,42	85	1,544	3,58	215	1,628	5,75	345	0,026
1,50	90	2,034	3,67	220	1,435	5,83	350	0,022
1,58	95	2,552	3,75	225	1,260	5,92	355	0,018
1,67	100	3,073	3,83	230	1,102	6,00	360	0,015
1,75	105	3,572	3,92	235	0,961	6,08	365	0,013
1,83	110	4,026	4,00	240	0,835	6,17	370	0,010
1,92	115	4,420	4,08	245	0,723	6,25	375	0,009
2,00	120	4,739	4,17	250	0,625	6,33	380	0,007
2,08	125	4,976	4,25	255	0,538	6,40	384	0,006

Charakteristika spodní výpusti:

Hv [m n.m.]	Hdv [m n.m.]	Hk [m n.m.]	ζ [-]	D [m]	Sp [m ²]	lp [m]	n [-]	i [-]
219,00	218,44	222,50	2,83	0,40	0,126	20,50	0,014	0,020

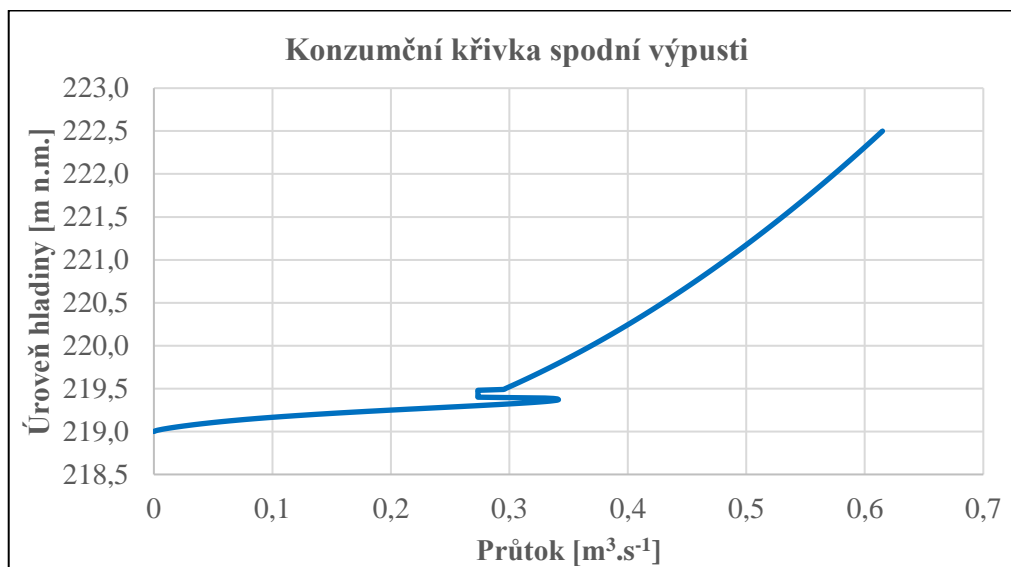
Kde: Hv je úroveň dna spodní výpusti ≈ poldru [m n.m.]

Hdv úroveň dolní vody [m n.m.]

Hk úroveň koruny hráze nádrže [m n.m.]

ζ součinitel tření v potrubí ζ + vtok [-]

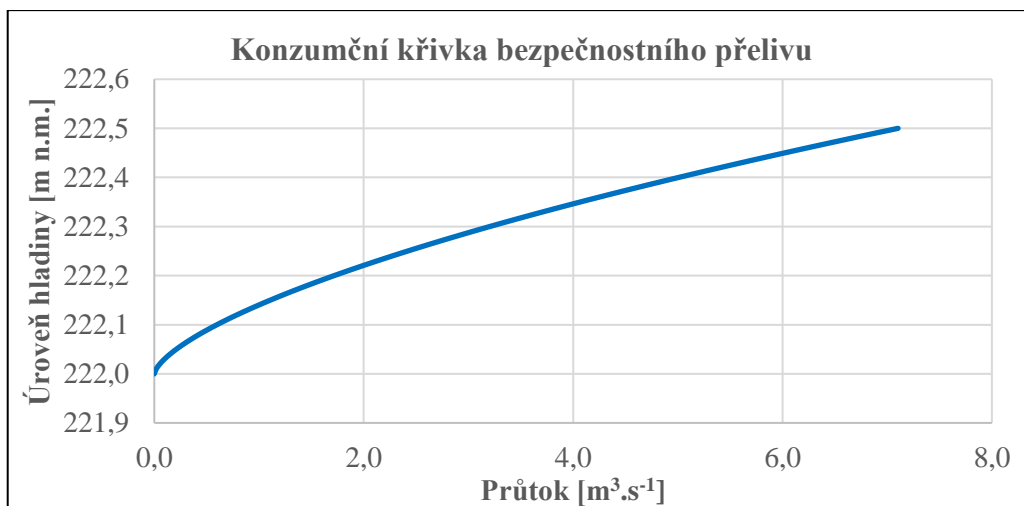
- D průměr potrubí spodní výpusti [m]
 Sp průtočný profil spodní výpusti [m²]
 lp délka potrubí spodní výpusti [m]
 n Manningův drsnostní součinitel (betonové potrubí) [-]
 i sklon potrubí spodní výpusti [-]



Charakteristika bezpečnostního přelivu:

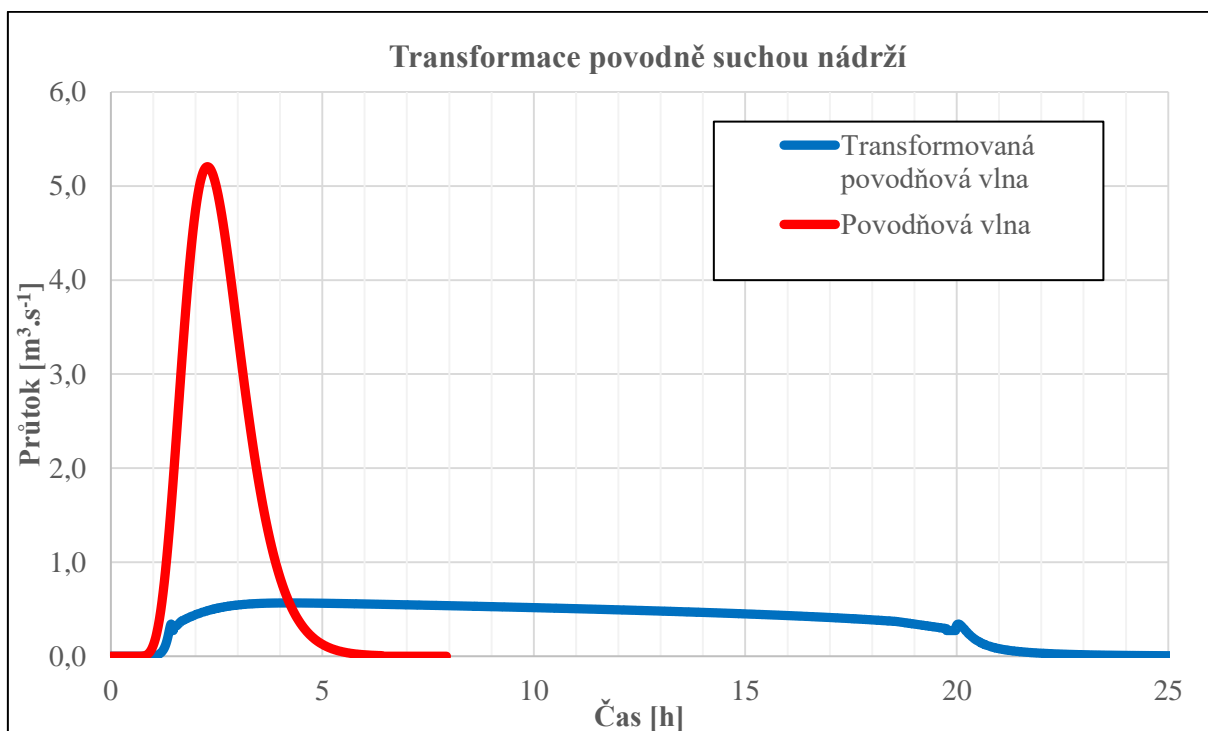
Hp [m n.m.]	b [m]	m [-]	μ [-]	tg α [-]
222,00	10,00	0,42	0,63	2

- Kde: Hp je úroveň bezpečnostního přelivu [m n.m.]
 b šířka bezpečnostního přelivu [m]
 m součinitel přepadu ($m = 2/3 \mu$) [-]
 μ součinitel přepadu [-]
 tg α sklon břehů bezpečnostního přelivu [m]



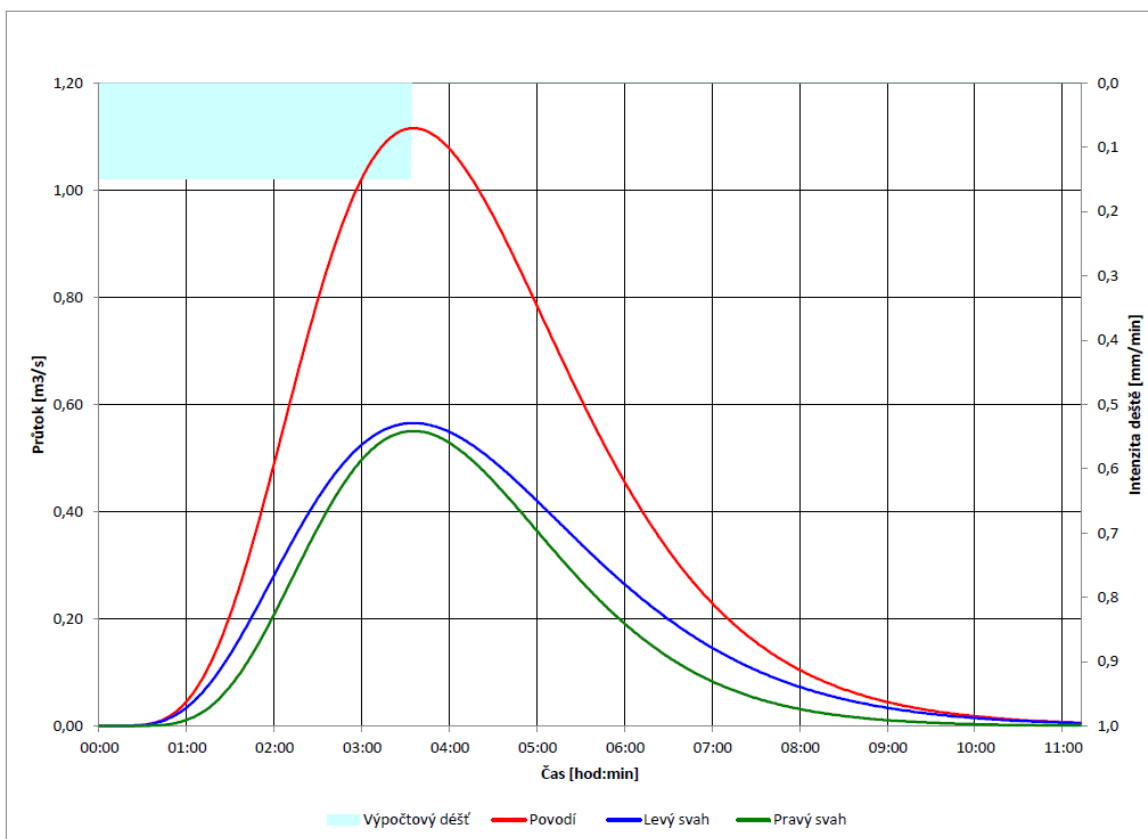
Výsledné charakteristiky nádrže:

Max. hladina vody v nádrži [m n.m.]	221,91
Odpovídající hloubka vody [m]	2,91
Úroveň bezpečnostního přelivu [m n.m.]	222,00
Maximální přítok P_{max} [m^3]	5,21
Doba max. přítoku T_{pmax} [h]	2,28
Maximální odtok O_{max} [m^3]	0,57
Doba max. odtoku T_{omax} [h]	4,21
Transformační efekt nádrže [%]	89,12

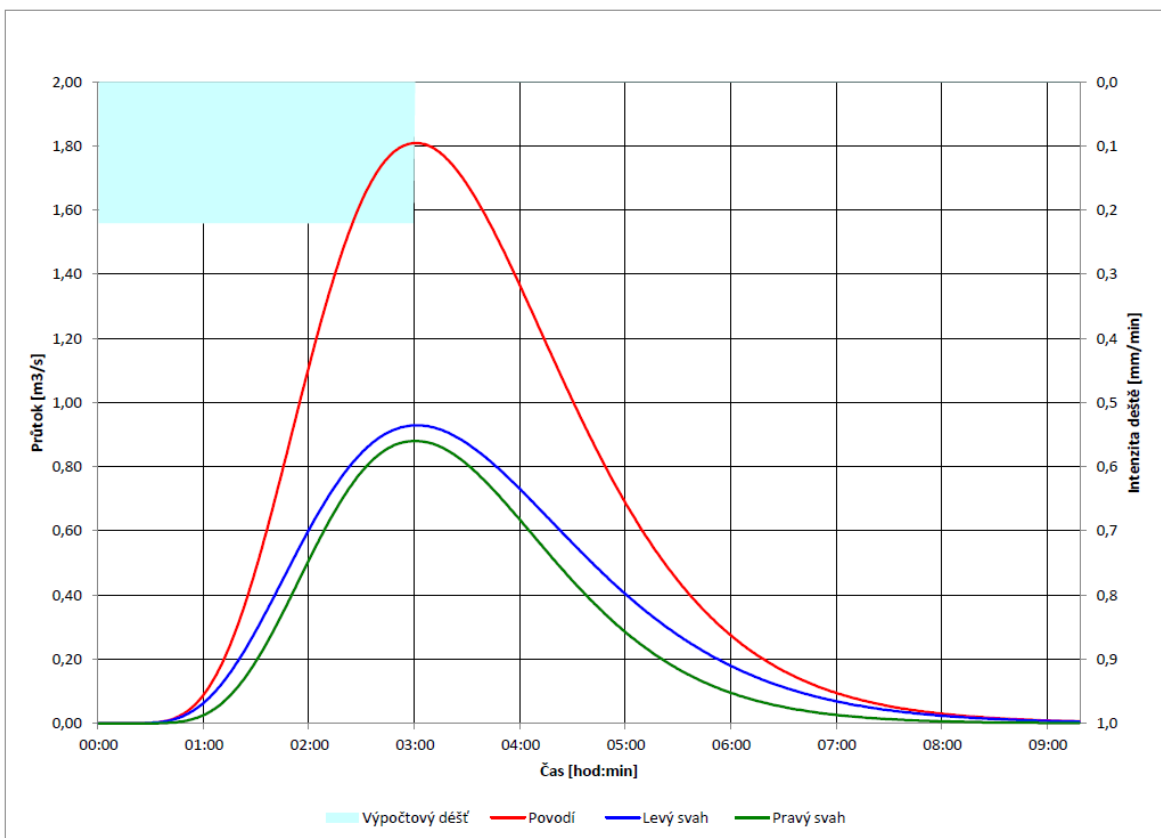


Výstupy z programu DesQ-MaxQ

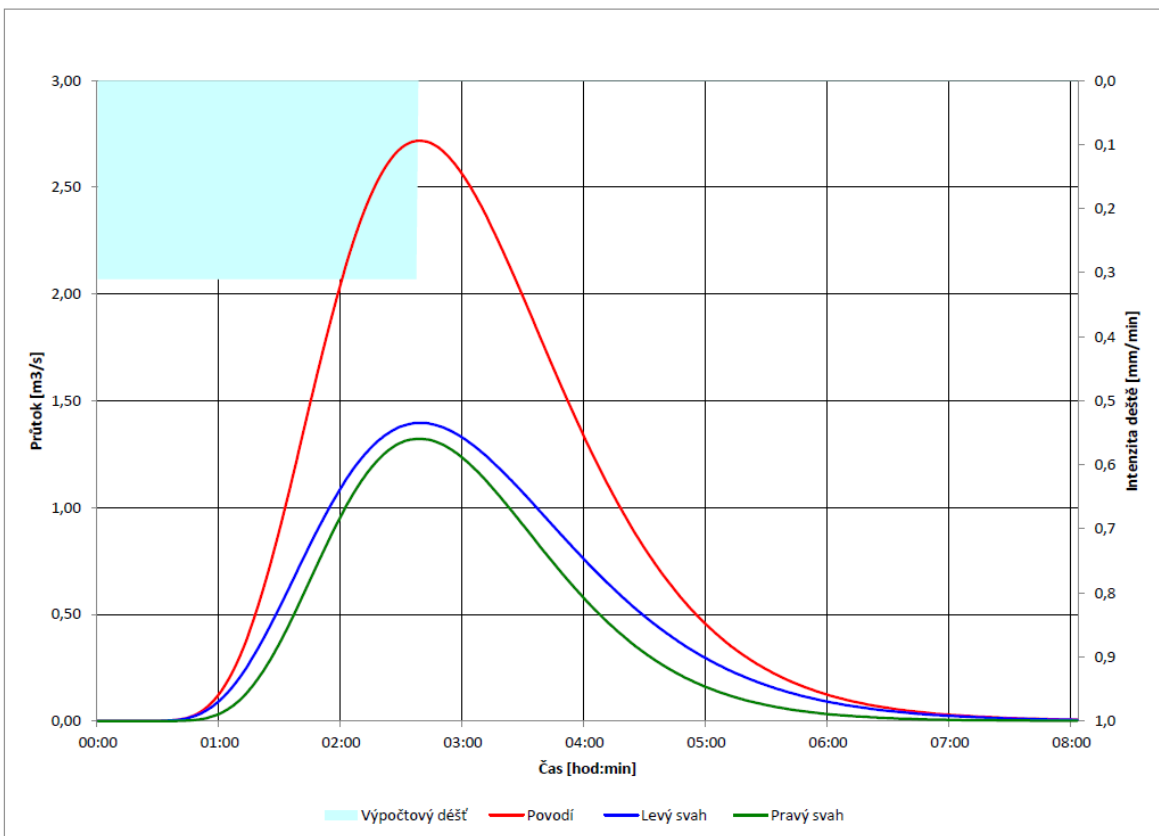
CELÉ POVODÍ - VÝSTUPNÍ VELICINY N = 5 let				
CN _{pr}	Předpočtené číslo CN - typ	Povodí	Levý svah	Pravý svah
	75		73,7	[...]
P _p	potenciální retenční povodí		84,7	90,8 [mm]
L _s	průměrná délka svahu		0,36	0,31 [km]
L _{so}	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,39	0,33 [km]
Kritický dešť				
t _{ik}	doba trvání deště		244	213 [min]
i _{ik}	intenzita deště		0,137	0,154 [mm.min ⁻¹]
H _{ik}	výška deště		33,4	32,7 [mm]
t _{s,ik}	doba bezodtokové fáze		4	3 [min]
t _{spk}	doba trvání přítoku		240	210 [min]
i _{spk}	intenzita přítoku		0,038	0,04 [mm.min ⁻¹]
H _{spk}	výška přítoku		9,2	8,4 [mm]
Výpočtový dešť				
t _d	doba trvání deště	213		[min]
i _d	intenzita deště	0,154		[mm.min ⁻¹]
H _d	výška deště	32,7		[mm]
t _s	doba trvání bezodtokové fáze	3	3	[min]
t _{sp}	doba trvání přítoku		210	210 [min]
i _{sp}	intenzita přítoku		0,042	0,04 [mm.min ⁻¹]
H _{sp}	výška přítoku		8,9	8,4 [mm]
t _{sk}	doba koncentrace		229	210 [min]
i _{sk}	intenzita odtoku v době t _{sk}		0,042	0,04 [mm.min ⁻¹]
H _{sp}	výška odtoku		8,9	8,4 [mm]
max i _{so}	max. intenzita odtoku ze svahu		0,036	0,04 [mm.min ⁻¹]
Q_{max}	maximální průtok	1,12	0,565	0,55 [m³.s⁻¹]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm				
W _{pvt}	objem povodňové vlny	15,4	8,45	6,93 [10 ³ .m ³]
t _{vh}	doba vzestupu hydrogramu	210	210	210 [min]
t _{ph}	doba poklesu hydrogramu	459	459	366 [min]
t _{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	0 [min]
t _{ch}	celková doba trvání odtoku	669	669	576 [min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané H_{10s}				
W _{pvt}	objem povodňové vlny	25,6	14	11,6 [10 ³ .m ³]
t _{vh}	doba vzestupu hydrogramu	210	210	210 [min]
t _{ph}	doba poklesu hydrogramu	916	916	725 [min]
t _{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	0 [min]
t _{ch}	celková doba trvání odtoku	1126	1126	935 [min]



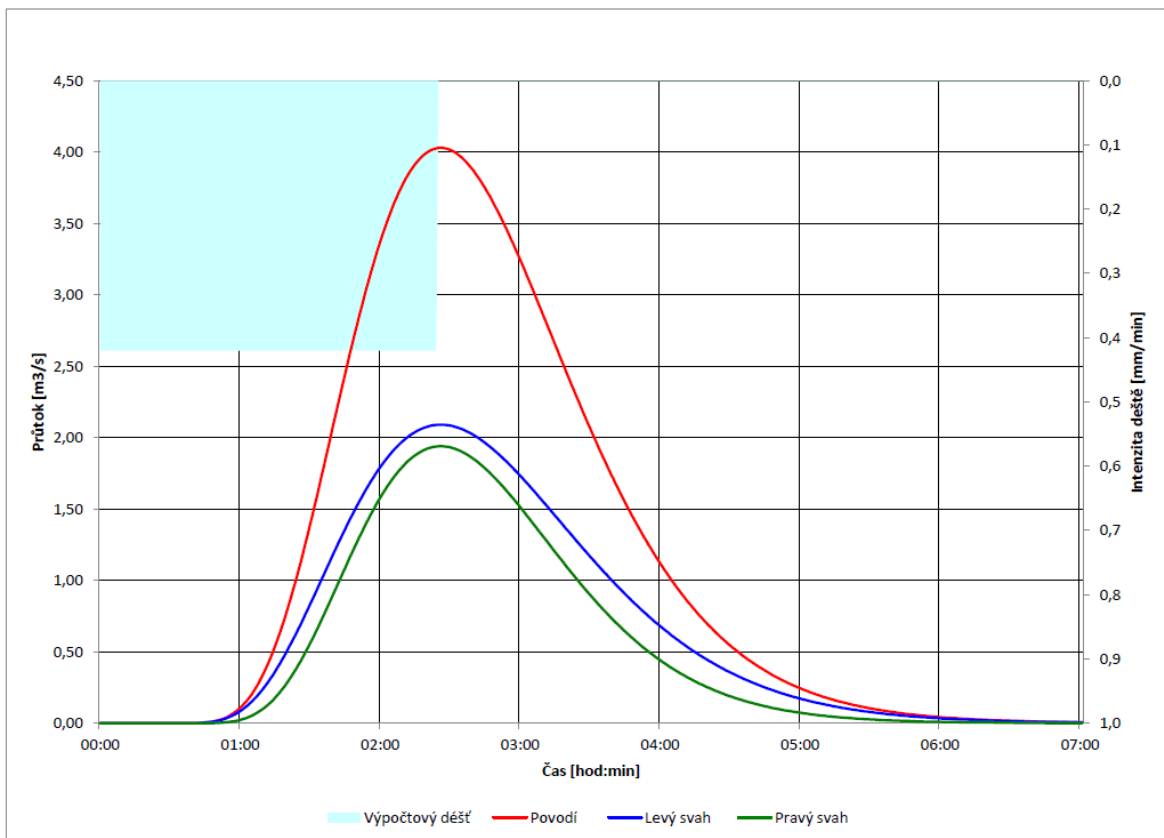
CELE PODOVÍ - VÝSTUPNÍ VELICINY N = 10 let				Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN _{pr}	přepočtené číslo CN - typ			75	73,7		[...]
R _p	potenciální retence povodí			84,7	90,8		[mm]
L _s	průměrná délka svahu			0,36	0,31		[km]
L ₅₀	průměrná délka dráhy svahového odtoku			0,39	0,33		[km]
Kritický déšť							
t _{dk}	doba trvání deště			201	176		[min]
i _{dk}	intenzita deště			0,199	0,224		[mm.min ⁻¹]
H _{dk}	výška deště			40,1	39,4		[mm]
t _{zdk}	doba bezodtokové fáze			11	10		[min]
t _{zpk}	doba trvání přítoku			190	166		[min]
i _{zpk}	intenzita přítoku			0,062	0,065		[mm.min ⁻¹]
H _{zpk}	výška přítoku			11,7	10,7		[mm]
Výpočtový déšť							
t _d	doba trvání deště		179				[min]
i _d	intenzita deště		0,22				[mm.min ⁻¹]
H _d	výška deště		39,5				[mm]
t _f	doba trvání bezodtokové fáze		10		10		[min]
t _{zp}	doba trvání přítoku				169		[min]
i _{zp}	intenzita přítoku				0,067		[mm.min ⁻¹]
H _{zp}	výška přítoku				11,4		[mm]
t _{zk}	doba koncentrace				181		[min]
i _{zk}	intenzita odtoku v době t _{zk}				0,068		[mm.min ⁻¹]
H _{zp}	výška odtoku				11,4		[mm]
max i _o	max. intenzita odtoku ze svahu				0,059		[mm.min ⁻¹]
Q _{max}	maximální průtok		1,81	0,929	0,88		[m ³ .s ⁻¹]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm							
W _{PVT}	objem povodňové vlny		19,7	10,8	8,86		[10 ⁶ .m ³]
t _{vh}	doba vzestupu hydrogramu		169	169	166		[min]
t _{ph}	doba poklesu hydrogramu		379	379	308		[min]
t _{hh}	doba trvání kulminace hydrogramu		0	0	2		[min]
t _{ch}	celková doba trvání odtoku		548	548	476		[min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané H_{1,140}							
W _{PVT}	objem povodňové vlny		32,1	17,6	14,5		[10 ⁶ .m ³]
t _{vh}	doba vzestupu hydrogramu		169	169	166		[min]
t _{ph}	doba poklesu hydrogramu		736	736	600		[min]
t _{hh}	doba trvání kulminace hydrogramu		0	0	2		[min]
t _{ch}	celková doba trvání odtoku		905	905	768		[min]



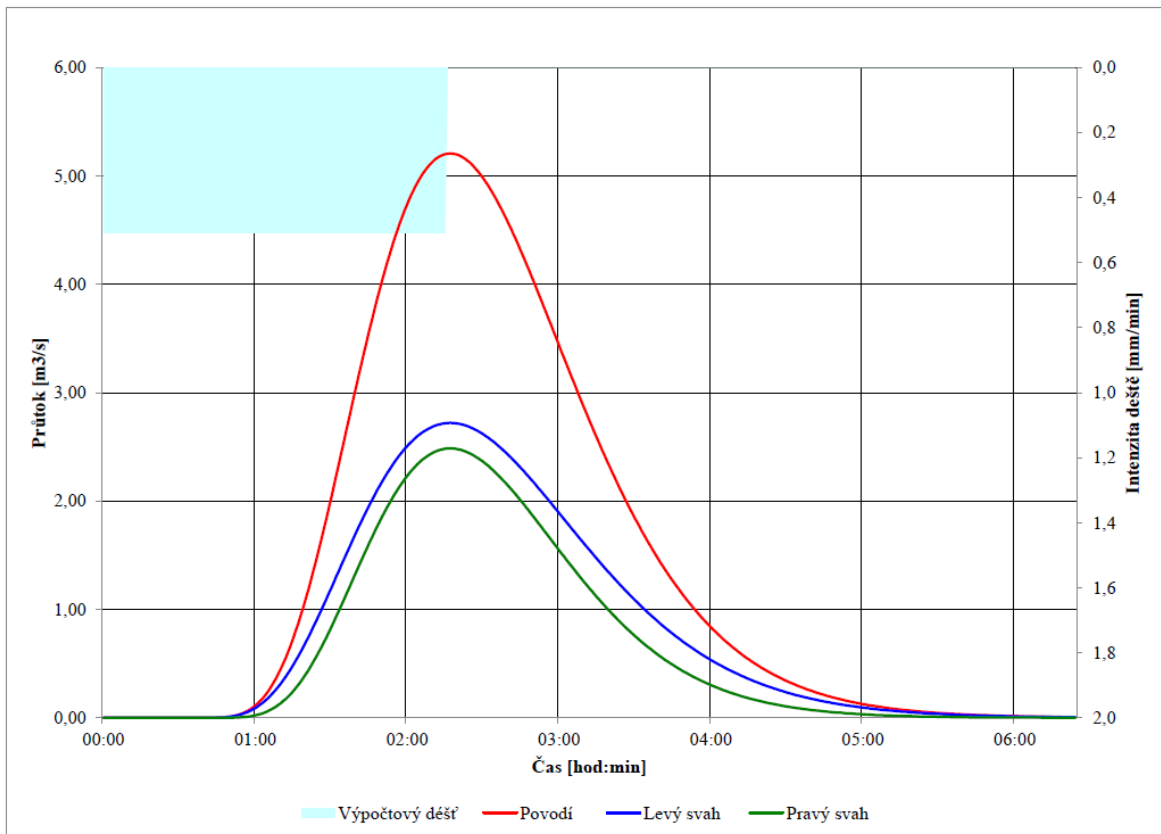
CELÉ POVODÍ - VÝSTUPNÍ VELICINY N = 20 let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN_{pr}	přepočtené číslo CN - typ		75	73,7	[...]
R_p	potenciální retence povodí		84,7	90,8	[mm]
L_s	průměrná délka svahu		0,36	0,31	[km]
L_{50}	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,39	0,33	[km]
Kritický déšť					
t_{dk}	doba trvání deště		177	156	[min]
i_{dk}	intenzita deště		0,274	0,307	[mm.min ⁻¹]
H_{dk}	výška deště		48,6	47,9	[mm]
t_{zdk}	doba bezodtokové fáze		21	20	[min]
t_{zpk}	doba trvání přítoku		156	136	[min]
i_{zpk}	intenzita přítoku		0,092	0,096	[mm.min ⁻¹]
H_{zpk}	výška přítoku		14,3	13,1	[mm]
Výpočtový déšť					
t_d	doba trvání deště	157			[min]
i_d	intenzita deště	0,305			[mm.min ⁻¹]
H_d	výška deště	48			[mm]
t_1	doba trvání bezodtokové fáze	19	19	21	[min]
t_{zp}	doba trvání přítoku		138	136	[min]
i_{zp}	intenzita přítoku		0,101	0,096	[mm.min ⁻¹]
H_{zp}	výška přítoku		14	13,1	[mm]
t_k	doba koncentrace		148	135	[min]
i_k	intenzita odtoku v době t_k		0,101	0,097	[mm.min ⁻¹]
H_{50}	výška odtoku		14	13,1	[mm]
$\max i_{50}$	max. intenzita odtoku ze svahu		0,088	0,096	[mm.min ⁻¹]
Q_{max}	maximální průtok	2,72	1,4	1,32	[m³.s⁻¹]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	24,1	13,3	10,8	[10 ³ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	138	138	135	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	326	326	263	[min]
t_{vh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	1	[min]
t_{vh}	celková doba trvání odtoku	464	464	399	[min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané $H_{1,200}$					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	37,1	20,4	16,7	[10 ³ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	138	138	135	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	588	588	478	[min]
t_{vh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	1	[min]
t_{vh}	celková doba trvání odtoku	726	726	614	[min]



CELÉ POVODÍ - VÝSTUPNÍ VELICINY N = 50 let				
CN _{pr}	Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
přepočtené číslo CN - typ		75	73,7	[...]
P _p	potenciální retenční povodí	84,7	90,8	[mm]
L _s	průměrná délka svahu	0,36	0,31	[km]
L ₅₀	průměrná délka dráhy svahového odtoku	0,39	0,33	[km]
Kritický dešť				
t _{dk}	doba trvání deště	160	143	[min]
i _{dk}	intenzita deště	0,377	0,418	[mm.min ⁻¹]
H _{dk}	výška deště	60,3	59,7	[mm]
t _{1,dk}	doba bezodtokové fáze	32	31	[min]
t _{sp,dk}	doba trvání přítoku	128	112	[min]
i _{sp,dk}	intenzita přítoku	0,136	0,141	[mm.min ⁻¹]
H _{sp,dk}	výška přítoku	17,4	15,8	[mm]
Výpočtový dešť				
t _d	doba trvání deště	144		[min]
i _d	intenzita deště	0,415		[mm.min ⁻¹]
H _d	výška deště	59,8		[mm]
t ₁	doba trvání bezodtokové fáze	29	29	[min]
t _{sp}	doba trvání přítoku		115	[min]
i _{sp}	intenzita přítoku		0,149	[mm.min ⁻¹]
H _{sp}	výška přítoku		17,1	[mm]
t _{sk}	doba koncentrace		122	[min]
i _{sk}	intenzita odtoku v době t _{sk}		0,149	[mm.min ⁻¹]
H _{sp}	výška odtoku		17,1	[mm]
max. i ₅₀	max. intenzita odtoku ze svahu		0,132	[mm.min ⁻¹]
Q _{max}	maximální průtok	4,03	2,09	[m³.s⁻¹]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm				
W _{PVT}	objem povodňové vlny	29,3	16,3	13 [10 ³ .m ³]
t _{vh}	doba vzestupu hydrogramu	115	115	[min]
t _{ph}	doba poklesu hydrogramu	277	277	[min]
t _{hn}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	[min]
t _{ch}	celková doba trvání odtoku	392	392	[min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané H_{1,50}				
W _{PVT}	objem povodňové vlny	41,4	22,9	18,5 [10 ³ .m ³]
t _{vh}	doba vzestupu hydrogramu	115	115	[min]
t _{ph}	doba poklesu hydrogramu	444	444	[min]
t _{hn}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	[min]
t _{ch}	celková doba trvání odtoku	559	559	[min]



CELE PODOVI - VYSTUPNI VELICINY N = 100 let				Povodi	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN_{pr}	přepočtené číslo CN - typ			75		73,7	[...]
R_p	potenciální retence povodí			84,7		90,8	[mm]
L_p	průměrná délka svahu			0,36		0,31	[km]
L_{50}	průměrná délka dráhy svahového odtoku			0,39		0,33	[km]
Kritický déšť							
t_{dk}	doba trvání deště		135			135	[min]
i_{dk}	intenzita deště		0,462			0,507	[mm.min ⁻¹]
H_{dk}	výška deště		68,9			68,5	[mm]
t_{zdk}	doba bezodtokové fáze		37			36	[min]
t_{zp}	doba trvání přítoku		112			99	[min]
t_{zpk}	intenzita přítoku		0,177			0,181	[mm.min ⁻¹]
H_{zpk}	výška přítoku		19,8			18	[mm]
Výpočtový déšť							
t_d	doba trvání deště		135				[min]
i_d	intenzita deště		0,507				[mm.min ⁻¹]
H_d	výška deště		68,5				[mm]
t_z	doba trvání bezodtokové fáze		33			36	[min]
t_{zp}	doba trvání přítoku		102			99	[min]
i_{zp}	intenzita přítoku		0,191			0,181	[mm.min ⁻¹]
H_{zp}	výška přítoku		19,5			18	[mm]
t_k	doba koncentrace		108			99	[min]
i_k	intenzita odtoku v době t_k		0,19			0,18	[mm.min ⁻¹]
H_{50}	výška odtoku		19,5			18	[mm]
$\max i_{50}$	max. intenzita odtoku ze svahu		0,172			0,181	[mm.min ⁻¹]
Q_{max}	maximální přítok		5,21			2,49	[m³.s⁻¹]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm							
W_{PVT}	objem povodňové vlny		33,3			14,8	[10 ⁶ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu		102			99	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu		249			208	[min]
t_{vh}	doba trvání kulminace hydrogramu		0			0	[min]
t_{vh}	celková doba trvání odtoku		351			307	[min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané $H_{50,100}$							
W_{PVT}	objem povodňové vlny		45,1			20,1	[10 ⁶ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu		102			99	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu		376			316	[min]
t_{vh}	doba trvání kulminace hydrogramu		0			0	[min]
t_{vh}	celková doba trvání odtoku		478			415	[min]



PŘÍLOHA Č.3 – LABORATORNÍ VYHODNOCENÍ PŮDNÍCH VZORKŮ

Na základě terénního průzkumu provedeného na zájmovém území v září 2016 bylo v laboratořích Fakulty stavební ČVUT v Praze provedeno vyhodnocení odebraných směsných půdních vzorků. Celkem bylo odebráno 6 půdních vzorků. Místa odběru půdních vzorků jsou znázorněna v mapové příloze č. 05 – Schéma odtokových drah. Z hlediska půdních druhů se jedná převážně o půdy hlinité (sondy S1, S2, S3) a písčitohlinité (sonda S4, S5, S6).

Tab. 1 – Půdní charakteristiky

Sonda číslo	Jíl [%]	Prach [%]	Písek [%]
S1	27	51	22
S2	29	50	21
S3	25	37	38
S4	13	30	57
S5	18	30	52
S6	15	32	53

Jíl $d < 0,002$ mm

Prach $d = 0,002 - 0,05$ mm

Písek $d = 0,05 - 2,0$ mm

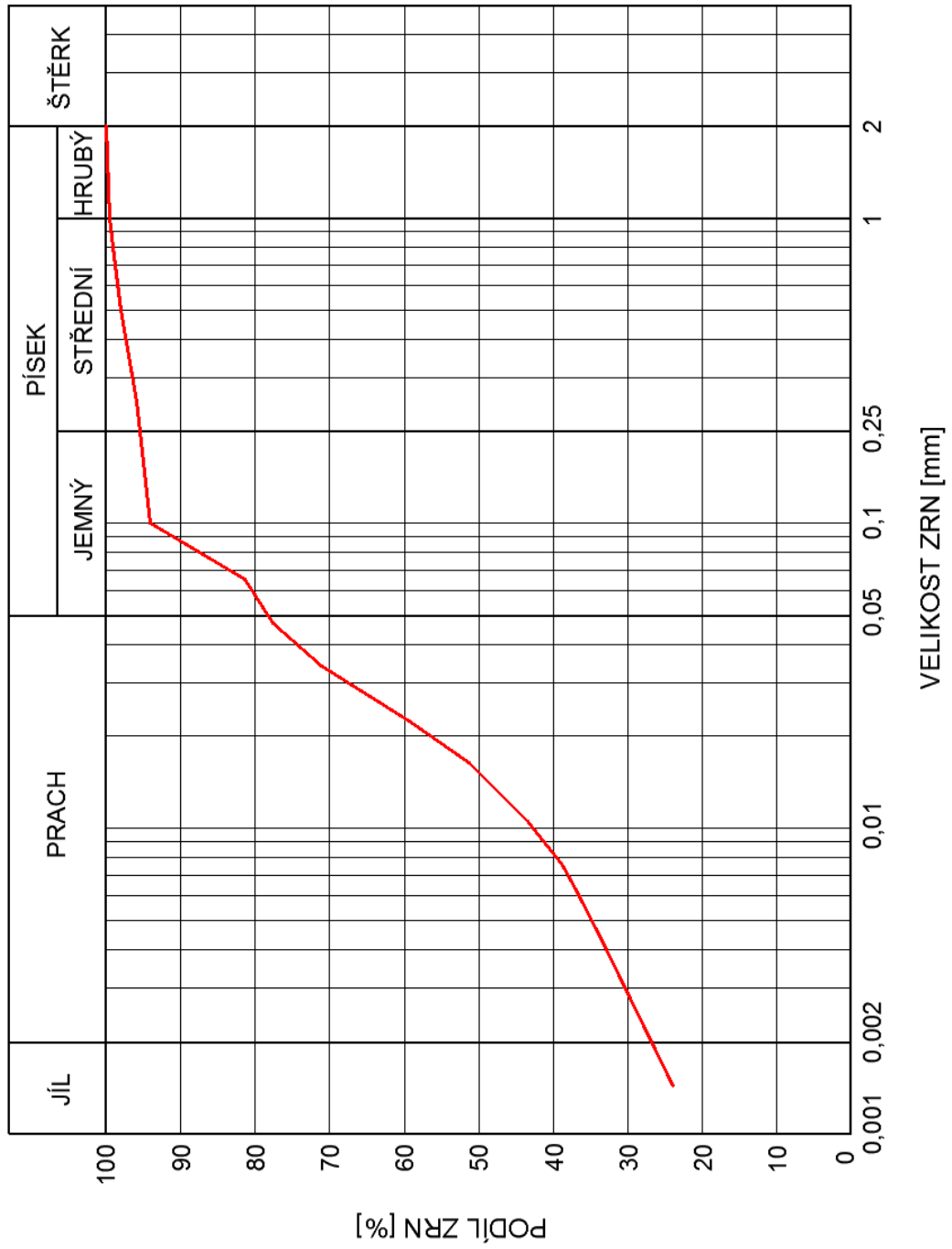
Tab. 2 - Celkové výsledky pedologického průzkumu

Číslo vzorku	NRSC USDA diagram	Klasifikace půdního druhu dle Nováka	
		Druh půdy	Klasifikace půdy
1	Jílovitá hlína	Hlinitá	Středně těžká
2	Jílovitá hlína	Hlinitá	Středně těžká
3	Hlína	Hlinitá	Středně těžká
4	Písčitá hlína	Písčitohlinitá	Středně těžká
5	Písčitá hlína	Písčitohlinitá	Středně těžká
6	Písčitá hlína	Písčitohlinitá	Středně těžká

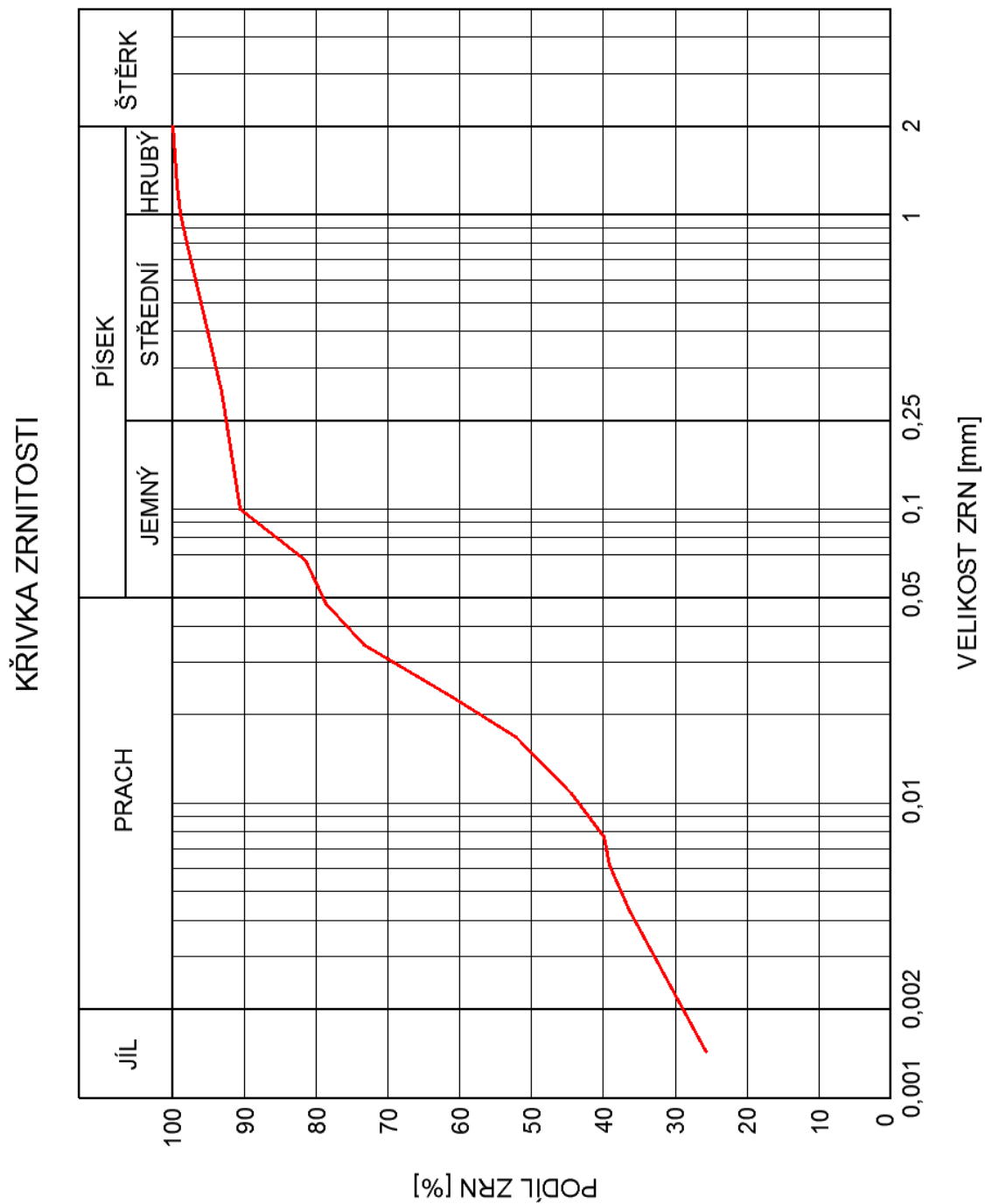
Půdní druh byl určen podle Novákovy klasifikace (zatřídění podle podílu částic $d < 0,01$ mm) a orientačně podle trojúhelníkového diagramu zrnitosti půd (NRSC USDA). Stanovení zrnitosti (křivky zrnitosti) bylo vyhotoveno na základě zrnitostního rozboru odebraných vzorků kombinací metod prosévání na sítích a Casagrandeho hustoměrné metody.

Vzorek č.1

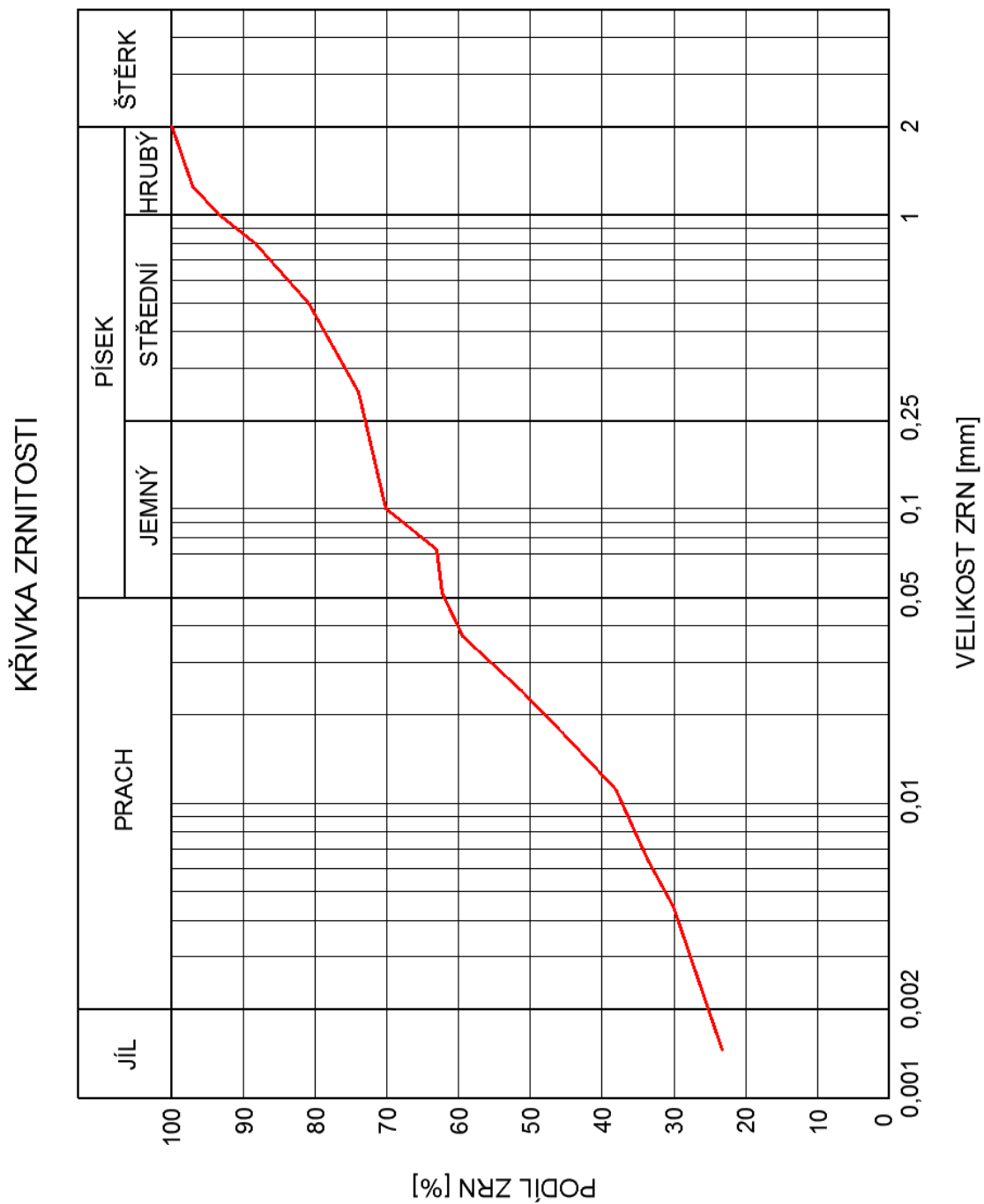
KŘIVKA ZRNITOSTI



Vzorek č.2

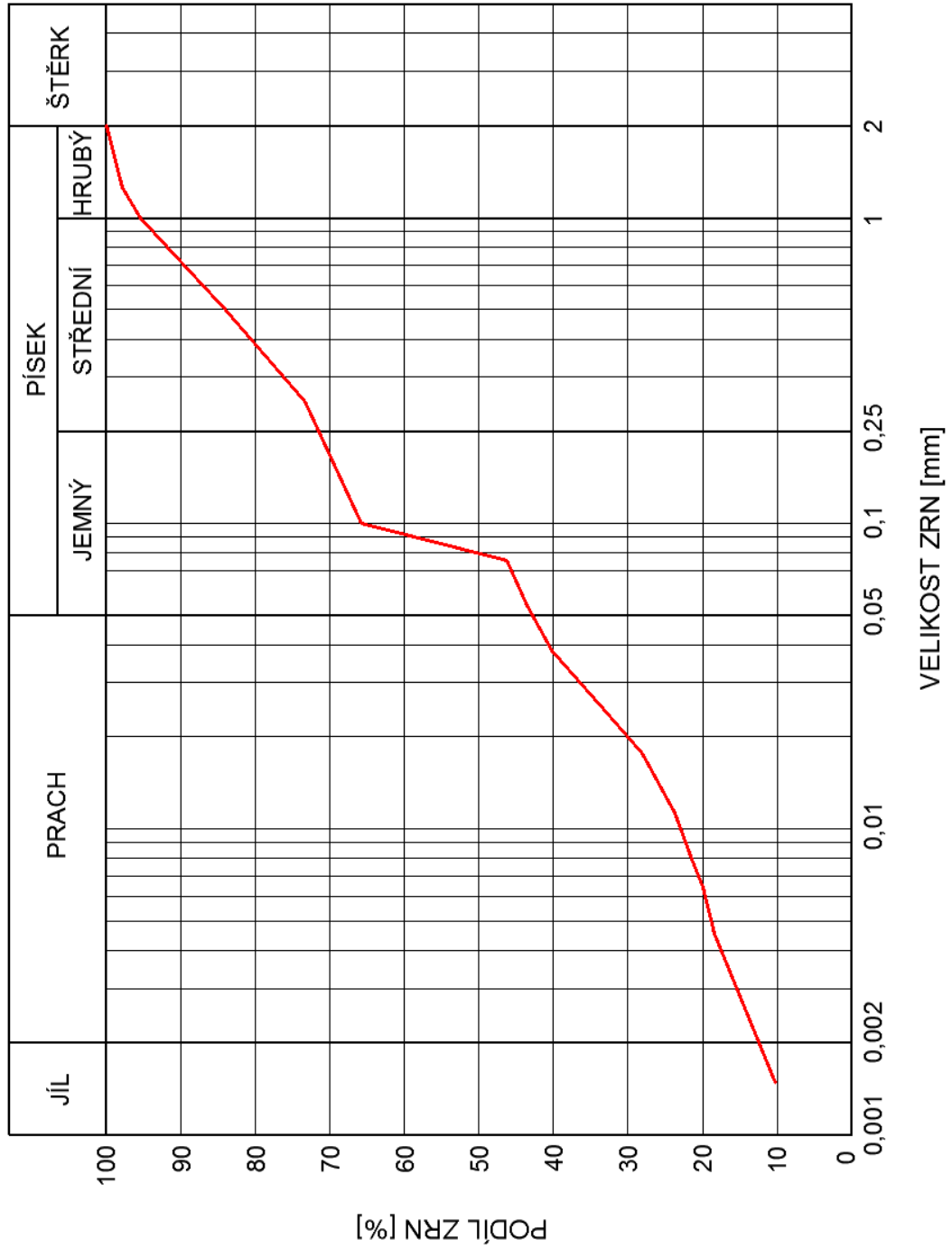


Vzorek č.3



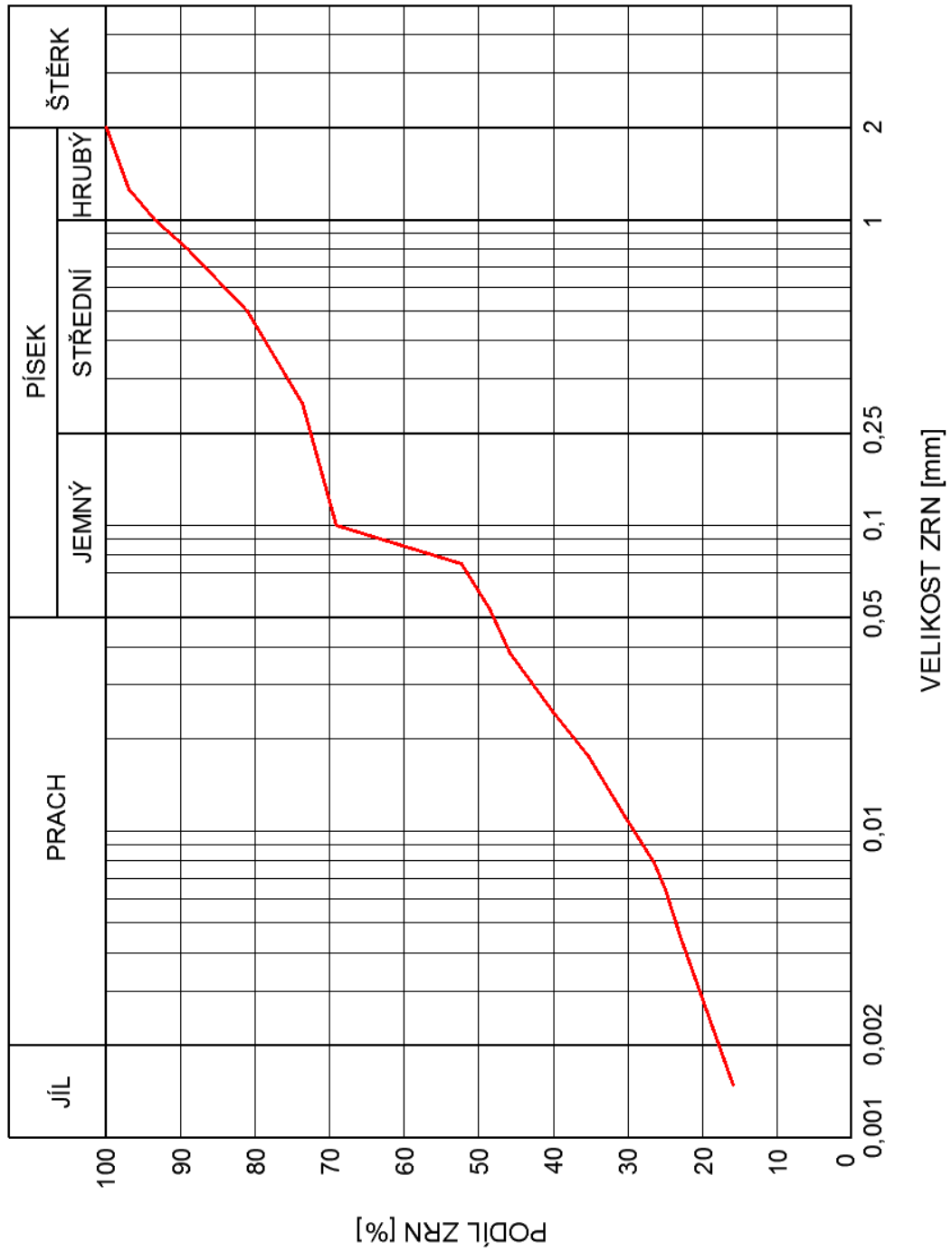
Vzorek č.4

KŘIVKA ZRNITOSTI

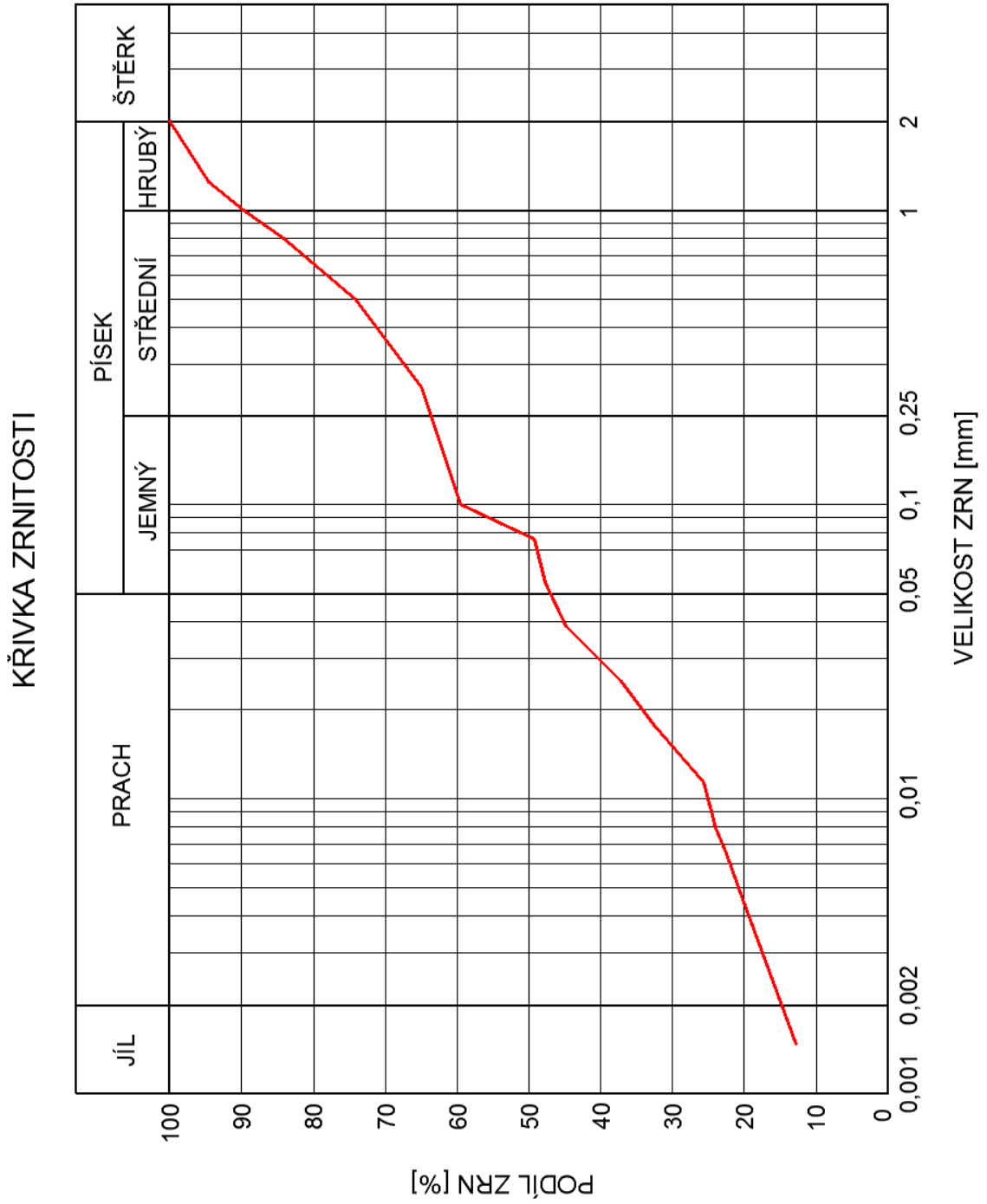


Vzorek č.5

KŘIVKA ZRNITOSTI

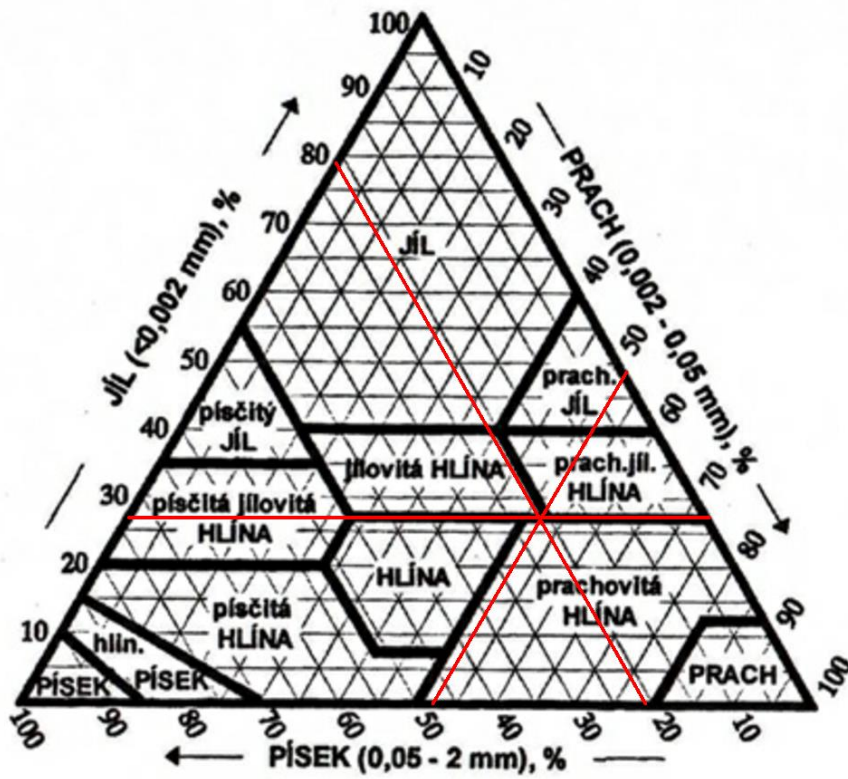


Vzorek č.6

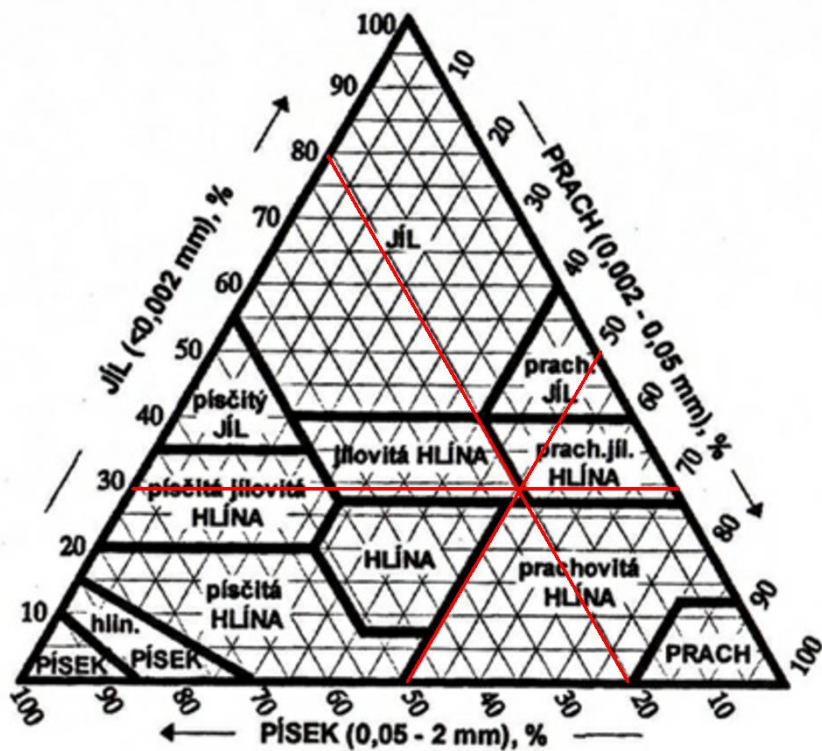


Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd (NRSC USDA):

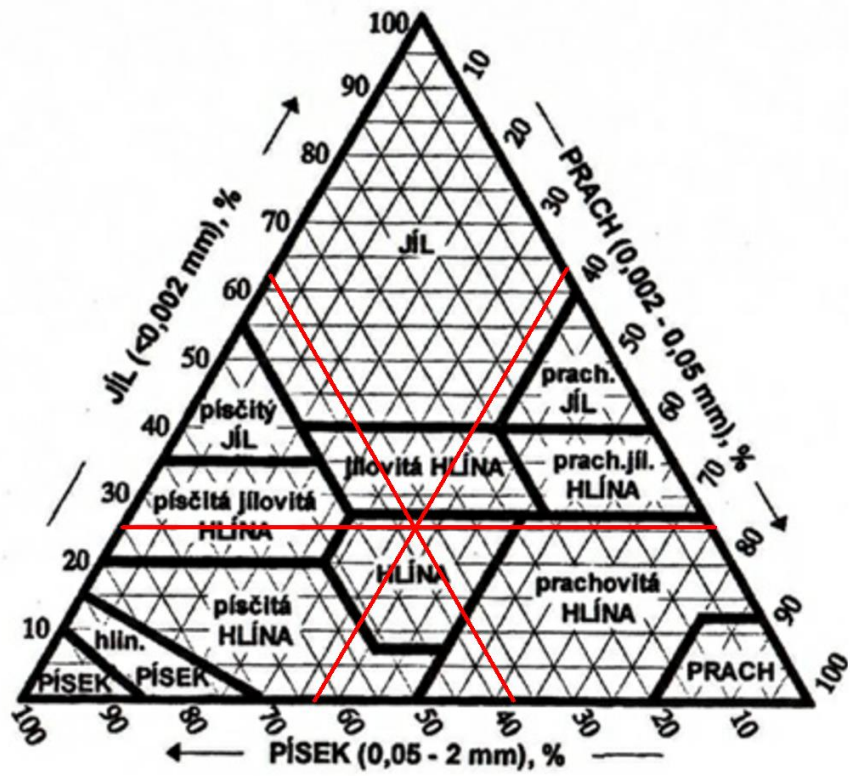
Vzorek č.1



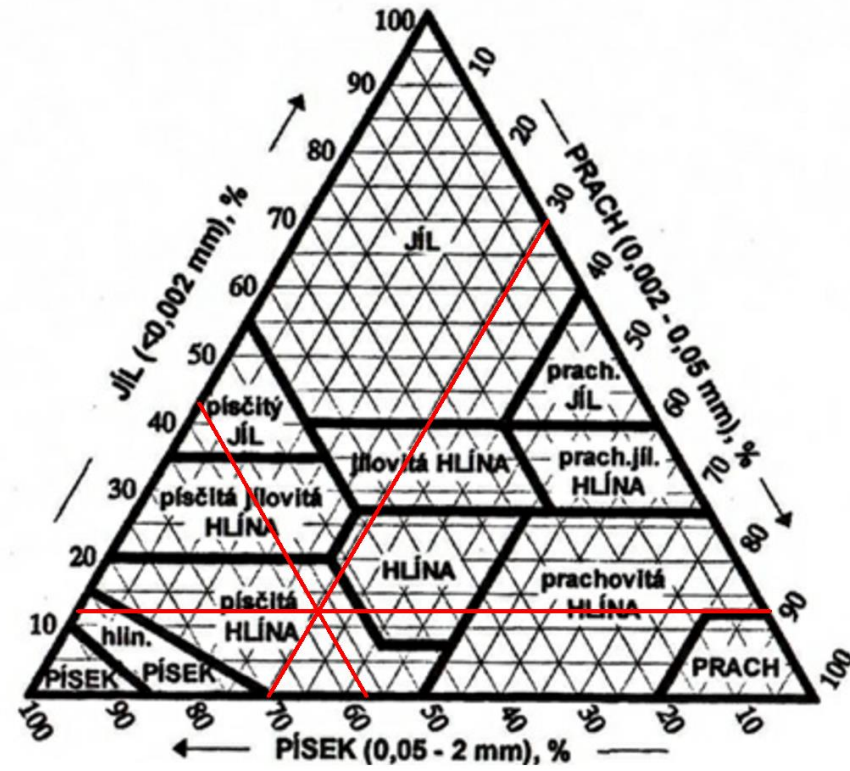
Vzorek č.2



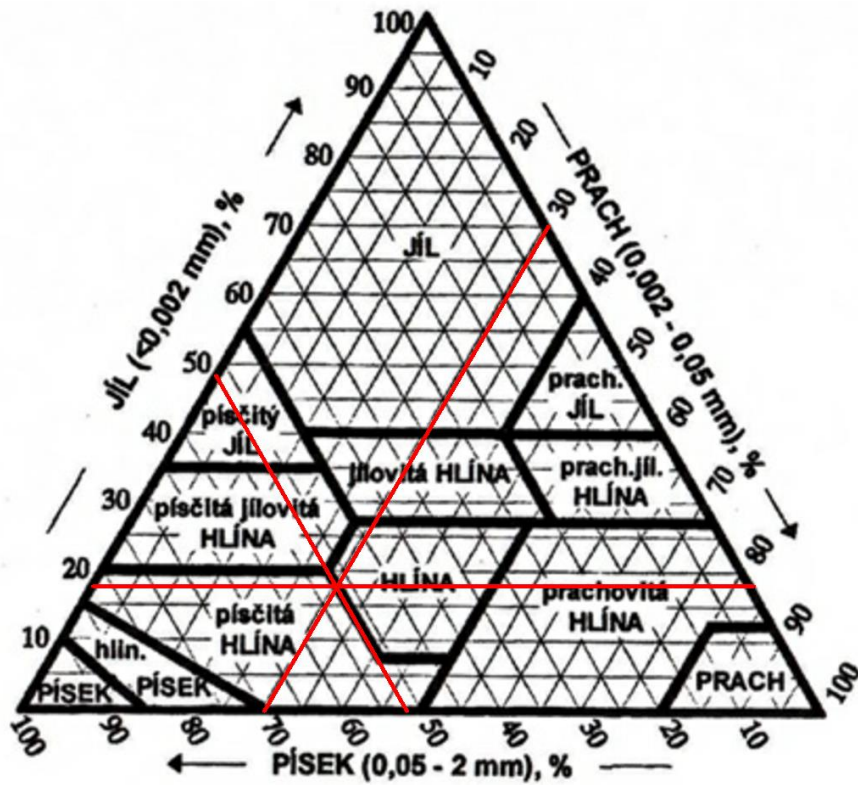
Vzorek č.3



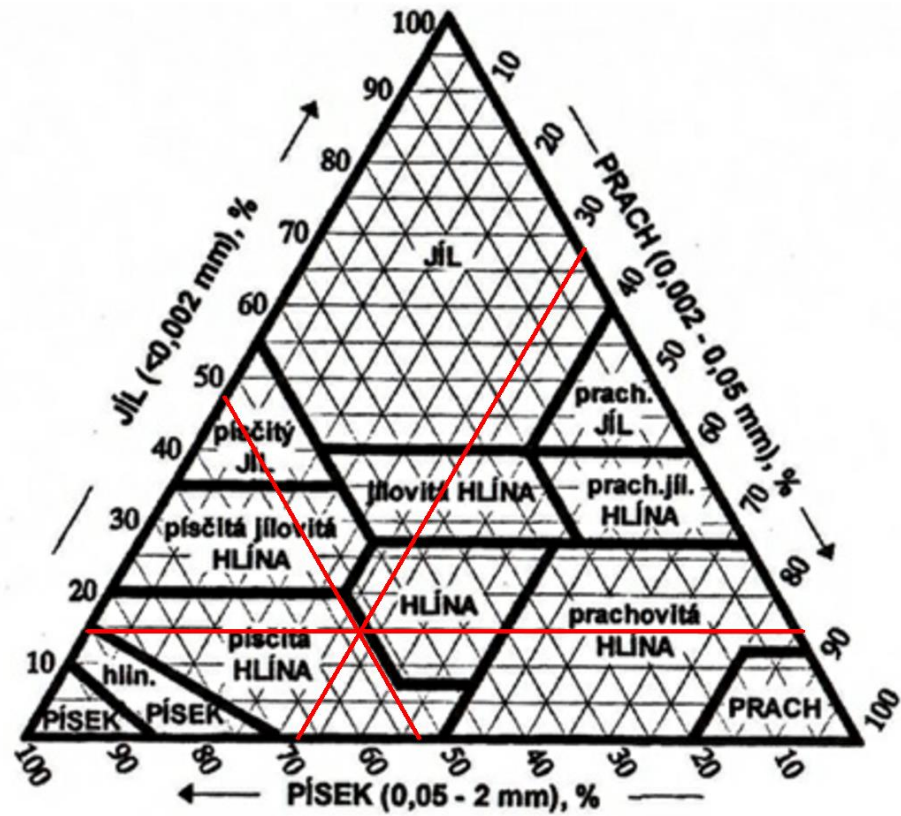
Vzorek č.4



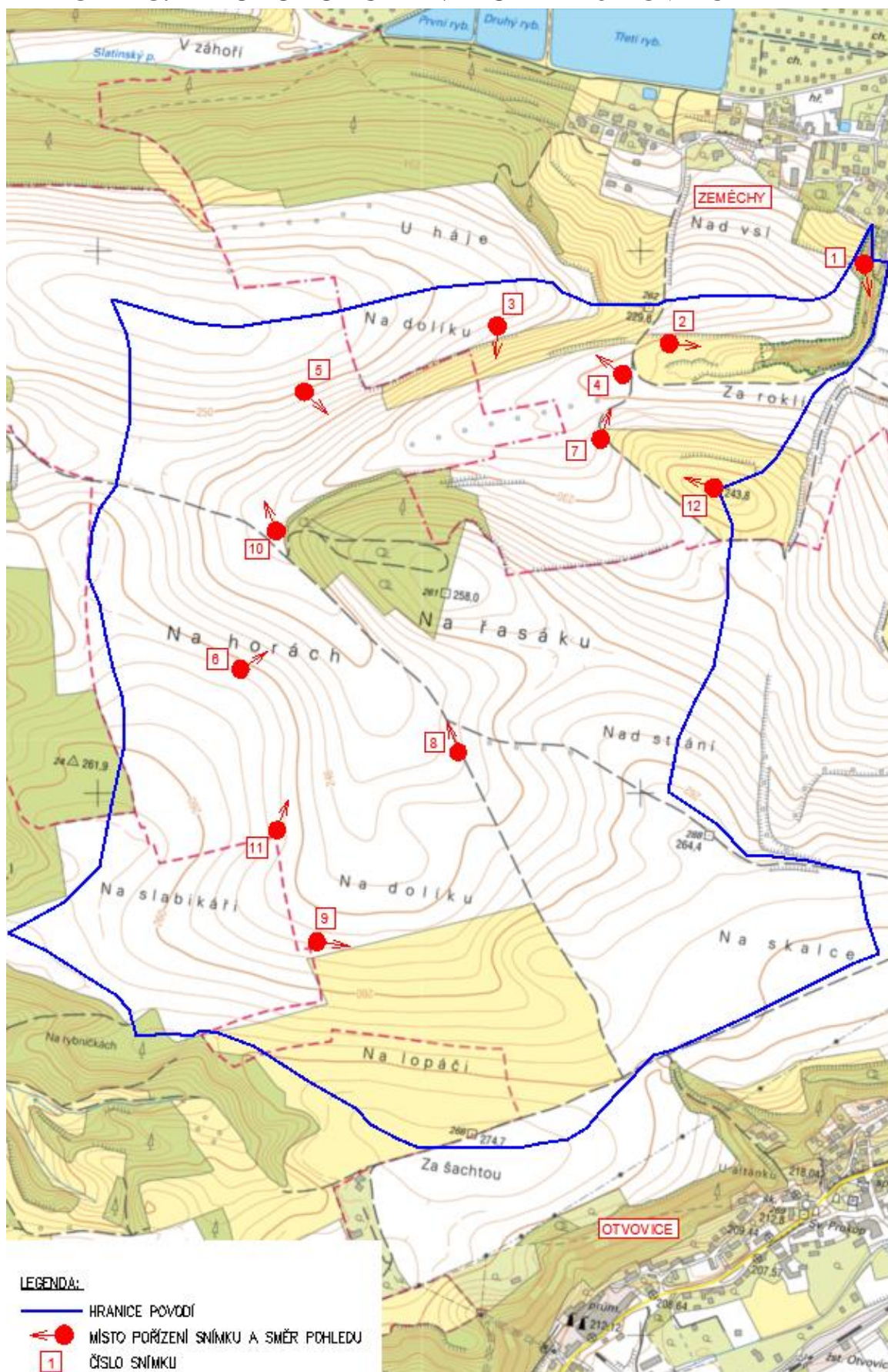
Vzorek č.5



Vzorek č.6



PŘÍLOHA Č.4 – FOTODOKUMENTACE – ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ





Obr. 1 - Vstup do sprašové rokle – obec



Obr. 2 - Vstup do sprašové rokle – zájmové území



Obr. 3 - Protierozní meze v zájmovém území



Obr. 4 - Další příklad protierozních mezí v zájmovém území



Obr. 5 - Pohled na horní část komplexu



Obr. 6 - Pohled na spodní část komplexu



Obr. 7 - Polní cesta křížící profil sprašové rokle



Obr. 8 - Částečně zpevněná polní cesta



Obr. 9 – Vhodný způsob orby – po vrstevnici



Obr. 10 - Nevhodný způsob orby - kolmo na vrstevnice

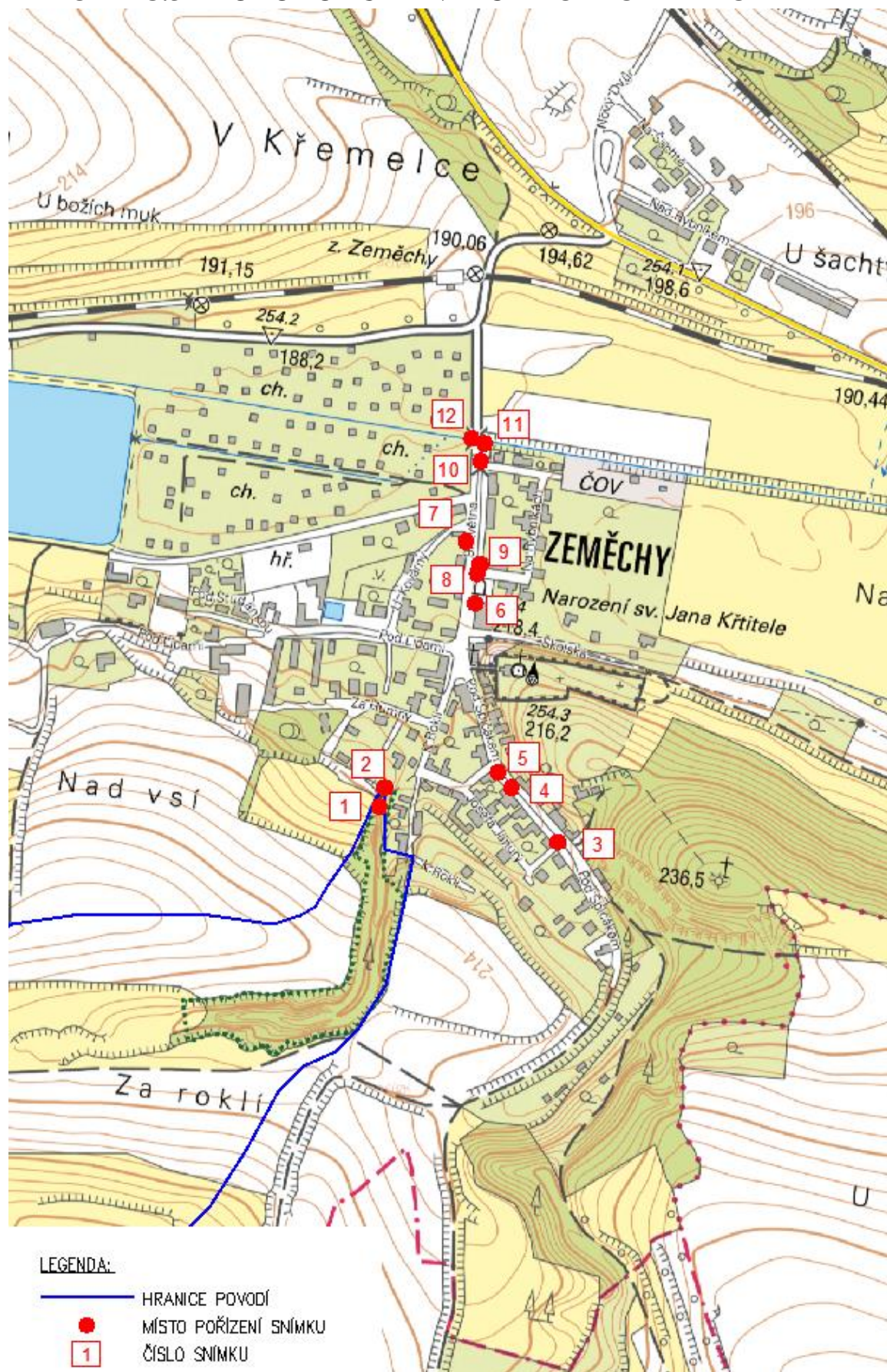


Obr. 11 - Pohled na půdní bloky v horní části zájmového území



Obr. 12 - Pohled na půdní bloky ve spodní části zájmového území

PŘÍLOHA Č.5 – FOTODOKUMENTACE – OBEC ZEMĚCHY





*Obr. 1 - Přítok do horské vpusti na výstupu ze
sprašové rokle*



*Obr. 2 - Horská vpust na výstupu ze sprášové
rokle s odtokovým potrubím DN 400*



Obr. 3 - Otevřený příkop v ulici Pod Špičákem



*Obr. 4 - Betonové žlabovky ve spodní části ulice
Pod Špičákem*



*Obr. 5 - Horská vpust s odtokovým potrubím
DN 400 v ulici Pod Špičákem*



Obr. 6 - Betonové žlabovky v ulici 9.Května



Obr. 7 - Betonové žlabovky na křížení ulice 9. Května a ulice u Kovárny



Obr. 8 - Krytý žlábek na křížení ulice 9. Května a ulice Na Rybníkách



Obr. 9 - Vyústění dešťové kanalizace a odtoku z krytého žlábků do otevřeného příkopu



Obr. 10 - Otevřený příkop v ulici 9. Května



Obr. 11 - Vyústění příkopu do koryta Knovízského potoka



Obr. 12 - Koryto Knovízského potoka před vyústěním příkopu



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Burda Jméno: Josef Osobní číslo: 395556
Zadávací katedra: 143
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Studie protierozních a protipovodňových opatření v k.ú.Zeměchy, okr.Mělník
Název diplomové práce anglicky: Study of erosion and flood control in village Zeměchy

Pokyny pro vypracování:

Na základě terénního průzkumu a dostupných podkladů posuďte erozní náchylnost pozemků a odtokové poměry z pozemků směřujících do obce Zeměchy. Navrhněte opatření k ochraně obce před povodňovými průtoky a transportem půdních částic z erozních procesů.

Seznam doporučené literatury:

Smoderp - Simulační model povrchého odtoku a erozního procesu

Matematický model DesQ-MaxQ

Metodika Ochrana zemědělské půdy před erozí

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Karel Vrána, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 3.10.2016 Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017

[Signature]
Podpis vedoucího práce

[Signature]
Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

12.10.2016
Datum převzetí zadání

[Signature]
Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem ČVUT 1/2009 „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

V Praze, dne 8. 1. 2017

.....
Podpis

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval Doc. Ing. Karlu Vránovi, CSc. za cenné rady, věcné připomínky a ochotu při konzultacích této diplomové práce. Dále bych také rád poděkoval Ing. Martinu Jakoubkovi za vstřícné jednání a poskytnutí informací.

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je návrh protipovodňových a protierozních opatření na pozemcích směřujících do obce Zeměchy (okr. Mělník). Nejprve byla spočítána a vyhodnocena erozní ohroženost jednotlivých pozemků povodí a určeno celkové množství transportovaného sedimentu. Dále byla vypočtena velikost povrchového odtoku z povodí pro různé velikosti návrhové srážky. Na základě zjištěných hodnot byla navržena opatření zvyšující ochranu obce před povodňovými průtoky a transportem půdních částic z erozních procesů. Realizací těchto opatření by mělo dojít k výraznému zlepšení vodohospodářské situace zájmové lokality.

Klíčová slova

erozní ohroženost, sediment, protierozní opatření, povrchový odtok, protipovodňová opatření

Abstract

The goal of this thesis is to develop a proposal of measures for flood prevention and erosion control on land leading to the village Zeměchy (Mělník district). First, the erosion vulnerability of particular land in the catchment area was calculated, and the total amount of transported sediment was identified. Furthermore, the size of surface runoff from the catchment area was determined for various amounts of anticipated rainfall. Based on these data, specific measures were proposed to increase the level of village protection against flood flows and the transportation of soil particles caused by erosion processes. Implementation of these measures should result in significant improvement of the water management situation in the target locality.

Keywords

erosion risks, sediment, erosion control measures, surface runoff, flood prevention measures

Obsah

1. ÚVOD	3
2. POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	4
2.1. Vymezení zájmové oblasti	4
2.2. Morfologické poměry.....	4
2.3. Hydrologické poměry.....	4
2.4. Geologické a půdní poměry	6
2.5. Půdní bloky a jejich využívání	9
2.6. Popis krajinných prvků.....	10
2.6.1. Přírodní památka Sprašová rokle u Zeměch.....	10
2.6.2. Meze	14
2.6.3. Lesní a křovinatý komplex	15
2.6.4. Komunikace	16
2.7. Popis odvádění dešťových vod z prostoru obce Zeměchy	17
2.7.1. Vyústění ze sprašové rokle.....	17
2.7.2. Ulice Pod Špičákem	18
2.7.3. Ulice 9. Května.....	20
3. ŘEŠENÍ VODNÍ EROZE	22
3.1. Metoda univerzální rovnice ztráty půdy USLE.....	22
3.1.1. Aplikace metody univerzální rovnice v zájmovém povodí.....	26
3.1.2. Výpočet ztráty půdy na pozemcích povodí metodou USLE (současný stav využívání pozemků).....	26
3.2. Metoda matematického simulačního modelu SMODERP	28
3.2.1. Aplikace modelu SMODERP v zájmovém území	31
3.2.2. Výsledky simulace programu SMODERP	33
3.3. Porovnání metod USLE a SMODERP a volba metody pro návrh opatření.....	34
3.3.1. Výpočet ztráty půdy na pozemcích povodí metodou USLE (výhledový stav využívání pozemků – stav po realizaci protierozních opatření).....	35
3.4. Metoda řešení transportních procesů SDR.....	37
3.4.1. Aplikace metody SDR v zájmovém území	37
3.4.2. Aplikace metody odhadu transportu půdních částic v zájmovém území (současný stav využití pozemků).....	39
3.4.3. Aplikace metody odhadu transportu půdních částic v zájmovém území (stav využití pozemků po realizaci navržených protierozních opatření – výhledový stav)	40
4. NÁVRH OPATŘENÍ PROTI VODNÍ EROZI	43
4.1. Využívání půdního fondu.....	43
5. ŘEŠENÍ POVRCHOVÉHO ODTOKU	45

5.1.	Charakteristika programu DesQ-MaxQ	45
5.2.	Svahový odtok.....	45
5.3.	Maximální odtok z modelového prostředí.....	48
5.3.1.	Řešení maximálního odtoku z modelového povodí	48
5.3.2.	Řešení odtoku v údolnici.....	49
5.4.	Objem přímého odtoku.....	50
5.5.	Využití modelu DesQ-MaxQ	54
5.6.	Aplikace programu DesQ-MaxQ v zájmovém území	54
5.6.1.	Výsledky simulace v programu DeQ-MaxQ.....	54
6.	NÁVRH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ.....	56
6.1.	Aplikace metody pro posouzení efektivity (účinnosti) suché nádrže v zájmovém území ...	56
6.1.1.	Charakteristika metody	56
6.1.2.	Výpočetní schéma	57
6.2.	Suchá nádrž SN.....	58
7.	Seznam pozemků dotčených navrhovanými opatřeními	61
8.	ZÁVĚR	65
9.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	66

PŘÍLOHA Č.1 – HYDROLOGICKÉ ÚDAJE ČHMÚ

PŘÍLOHA Č.2 – HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

PŘÍLOHA Č.3 – LABORATORNÍ VYHODNOCENÍ PŮDNÍCH VZORKŮ

PŘÍLOHA Č.4 – FOTODOKUMENTACE – ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ

PŘÍLOHA Č.5 – FOTODOKUMENTACE – OBEC ZEMĚCHY

VÝKRESOVÉ PŘÍLOHY

01 – ZÁKRES DO VODOHOSPODÁŘSKÉ MAPY

02 – PŘEHLEDNÁ SITUACE

03 – ZÁKRES DÍLŮ PŮDNÍHO BLOKU

04 – SCHÉMA DÍLČÍCH POVODÍ

05 – SCHÉMA ODTOKOVÝCH DRAH

06 – SITUACE NAVRHOVANÝCH OPATŘENÍ

1. ÚVOD

Základním předpokladem pro ekologickou stabilizaci krajiny je ochrana kvantity a kvality vodních zdrojů, omezení degradace a devastace půdního fondu, zachování úrodnosti půdy, ochrana intravilánu sídelních celků, komunikačních staveb apod. Ekologická stabilizace krajiny z tohoto pohledu znamená především řešení odtokových procesů, s nimiž těsně souvisejí procesy uvolňování a transportu rozpuštěných látek a pevných částic erozními procesy. Efektivní návrh prvků protierozní ochrany proti vodní erozi musí spočívat v zachycení povrchově odtékající vody na chráněných pozemcích, převedení co největší části povrchového odtoku na vsak do půdního profilu a snížení rychlosti odtékající vody.

Předmětem této diplomové práce je posouzení stávajícího stavu zájmového území vyskytujícího se nad obcí Zeměchy (okr. Mělník). Na tomto území dochází při přívalových deštích k tvorbě povodňových průtoků, které následně ohrožují prostor obce. Tyto průtoky s sebou přinášejí také velké množství půdních částic uvolněných erozními procesy na zájmovém území. Cílem práce je proto návrh opatření, která umožní zmírnit negativní dopady těchto událostí v obci Zeměchy.

Studie protierozních a protipovodňových opatření v k.ú. Zeměchy (okr. Mělník) je rozdělena na 4 části. Úvodní část se věnuje základnímu popisu zájmového území. Zahrnuje základní charakteristiku území z hlediska jeho umístění, rozlohy, využití pozemků, geologie, pedologie, hydrologie apod. Dále jsou zde uvedeny výsledky terénního průzkumu v zájmovém povodí a provedeného zhodnocení jednotlivých prvků umožňujících transport povodňové vlny obcí do recipientu.

Druhá část se zaměřuje na posouzení erozní náchylnosti zemědělských pozemků k vodní erozi a odtoku transportovaného sedimentu do obce. Pro posouzení erozní ohroženosti jsou použity dvě základní metody, a to empirická metoda univerzální rovnice ztráty půdy Wischmeier-Smith (USLE – Universal Soil Loss Equation) a matematický simulační model povrchového odtoku a erozního procesu SMODERP, odvozený na katedře hydromeliorací a krajinného inženýrství Fakulty stavební ČVUT Praha. Posouzení odtoku sedimentu je dále řešeno metodou SRD (Sediment Delivery Ratio). Závěr části je věnován navrhovaným opatřením proti vodní erozi a porovnání výsledků eroze a transportních procesů před a po jejich realizaci.

Třetí část se zabývá posouzením odtokových poměrů v zájmovém povodí a stanovením návrhových charakteristik povodňových vln vyvolaných přívalovými dešti pomocí hydrologického srážkoodtokového modelu DesQ-MaxQ. Závěr části je opět věnován navrhovaným opatřením. Jsou zde uvedeny navržená protipovodňová opatření, porovnání současného stavu a stavu po jejich realizaci a posouzení jejich efektu na snížení odtoků ze zájmového území.

Závěrečná část se věnuje shrnutí navržených opatření proti vodní erozi, transportu půdních částic a proti odtoku vody ze zájmového území a tomu, zda jejich použití pomůže výrazně řešit problémy obce s odtokem a následným transportem půdních částic.

2. POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

2.1. Vymezení zájmové oblasti

Zájmová oblast řešeného povodí o rozloze cca 1,77 km² se nachází ve Středočeském kraji v okrese Mělník a leží jižně od obce Zeměchy. Oblast zahrnuje katastrální území (resp. jejich části) obcí Zeměchy u Kralup nad Vltavou, Otovice a Blevice.

Řešené povodí má přibližně obdélníkový tvar. Hranice povodí vychází v severozápadním cípu povodí z uzávěrného profilu, který se nachází na jižním okraji obce Zeměchy. Po jihozápadní straně následně obec obchází a přechází výběžek u Slatinského rybníka (259,00 m n.m.) při křížení silnic III třídy Olovnice – Slatina a Olovnice Blevice. Od tohoto výběžku se rozvodnice stáčí na jih a kopíruje přibližně tvar komunikace Olovnice – Blevice až do lesního komplexu nacházejícím se severozápadně od obce Blevice. Odtud rozvodnice dále pokračuje jihovýchodním směrem, kde obchází obec Otovice a od které se vrací obecně severním směrem zpět do uzávěrného profilu v obci Zeměchy.

2.2. Morfologické poměry

Morfologicky je zájmové území dosti členité. Jeho tvarování je určeno tím, že jeho středem prochází poměrně významná údolnice, do níž ústí z obou stran další méně významné údolnice.

Ve střední části zájmového území je poměrně malý lesní a křovinatý komplex. Zbylá část území je zemědělsky využívána. Severovýchodní část zájmového území je tvořena poměrně strmými a krátkými svahy, jihozápadní část území má svahy delší a plošší. Některé pozemky jsou využívány z hlediska erozního ohrožení vhodně (na sklonitých pozemcích jsou louky), některé naopak neodpovídají zásadám protierozního hospodaření (orba kolmo na vrstevnice).

V dolní části zájmového území, v místě napojení na intravilán obce Zeměchy, se nachází přírodní památka Sprášová rokle. *Rokle je vyvinutá jako erozní zářez na staré úvozové cestě, který v délce asi 350 m zasahuje v průměru 5-10 m pod úroveň okolního terénu. Nejvyšší sprášová stěna dosahuje výšky 19 m. [6]*

Místo s nejvyšší nadmořskou výškou je na jižní hranici území – vrch v místní části Za šachtou obce Otovice (274,7 m n.m.), nejnižší místo je naopak v místě, kde údolnice opouští zájmové území (uzávěrný profil) ve výšce cca 194,6 m n.m.

2.3. Hydrologické poměry

Hydrologicky náleží zájmové území do povodí dolní Vltavy. Voda z území odtéká do koryta Knovízského potoka, který protéká obcí Zeměchy. Samotným zájmovým územím neprochází žádný vodní tok, nevyskytuje se zde žádná vodní plocha a na pozemcích není zřízen žádný systém odvodnění.

Vlivem změny organizace zemědělských ploch a nevhodného způsobu orání polí dochází při přívalových srážkových událostech k tvorbě povodňové vlny, která je v povodí trychtýřovitého tvaru zaústěna do sprašové rokle. Sprašovou roklí je voda odvedena přímo do středu obce Zeměchy. V obci je částečně vybudována dešťová kanalizace, která umožňuje odtok dále do recipientu. (Podrobný popis odvádění dešťových vod v intravilánu obce je uveden v **Kap. 2.7.**)

K poslední bleskové povodni došlo ve večerních hodinách dne 9. 9. 2012, kdy se v oblasti povodí vyskytla intenzivní srážková událost. V horní části údolí o šířce několika desítek metrů, kde přechází pole do sprašové rokle, se podle pozorovatelů vytvořila vlna až 60 cm vysoká. Po překonání terénního stupně v horní části rokle, kde voda vyhloubila asi 1,5 m hluboký výmol, pokračovala voda roklí do obce. Vlna v roklí místy nastoupala až do výšky 1,8 m. Ve vodě odtékající z polí bylo unášeno velké množství půdních částic, které poté sedimentovaly v obci.

V průběhu této události bylo vodou a bahnem poničeno několik obytných domů a automobilů. Došlo také k poškození splaškové a dešťové kanalizace, komunikací a chodníků.

Hydrologické údaje

Pro posouzení a návrh protierozních a protipovodňových opatření v zájmovém povodí s uzávěrným profilem na konci sprašové rokle byla použita hydrologická data ČHMÚ (viz příloha č. 1 - Hydrologické údaje).



Obr. 1 - Výmol nad profilem sprašové rokle vytvořený soustředěným odtokem při povodni dne 9.9.2012 [1]



Obr. 2 - Škody na majetku způsobené povodňovou událostí dne 9.9.2012 [1]



Obr. 3 - Bahno transportované z polí do obce Zeměchy při povodňové události ze dne 9.9.2012 [1]

2.4. Geologické a půdní poměry

Z geologického hlediska je zájmová oblast řešeného povodí tvořena z větší části kvarténními horninami (spraše a sprašové hlíny) a karbonovými horninami (valounové pískovce, slepence, pískovce, prachovce, jílovce, uhelné sloje, brekcie, tufy a tufity). V jižní části se dále vyskytují křídové vápence a údolní polohy jsou vyplněny kvarténními smíšenými sedimenty.

Konkrétní charakteristiky jednotlivých hornin:

- **smíšený sediment [ID: 7]**

Útvar: Kvartér, Horniny: Sediment smíšený, Typ hornin: Sediment nezpevněný, Zrnitost: jemnozrnná převážně, Soustava: Český masiv

- **spraš a sprašová hlína [ID: 16]**

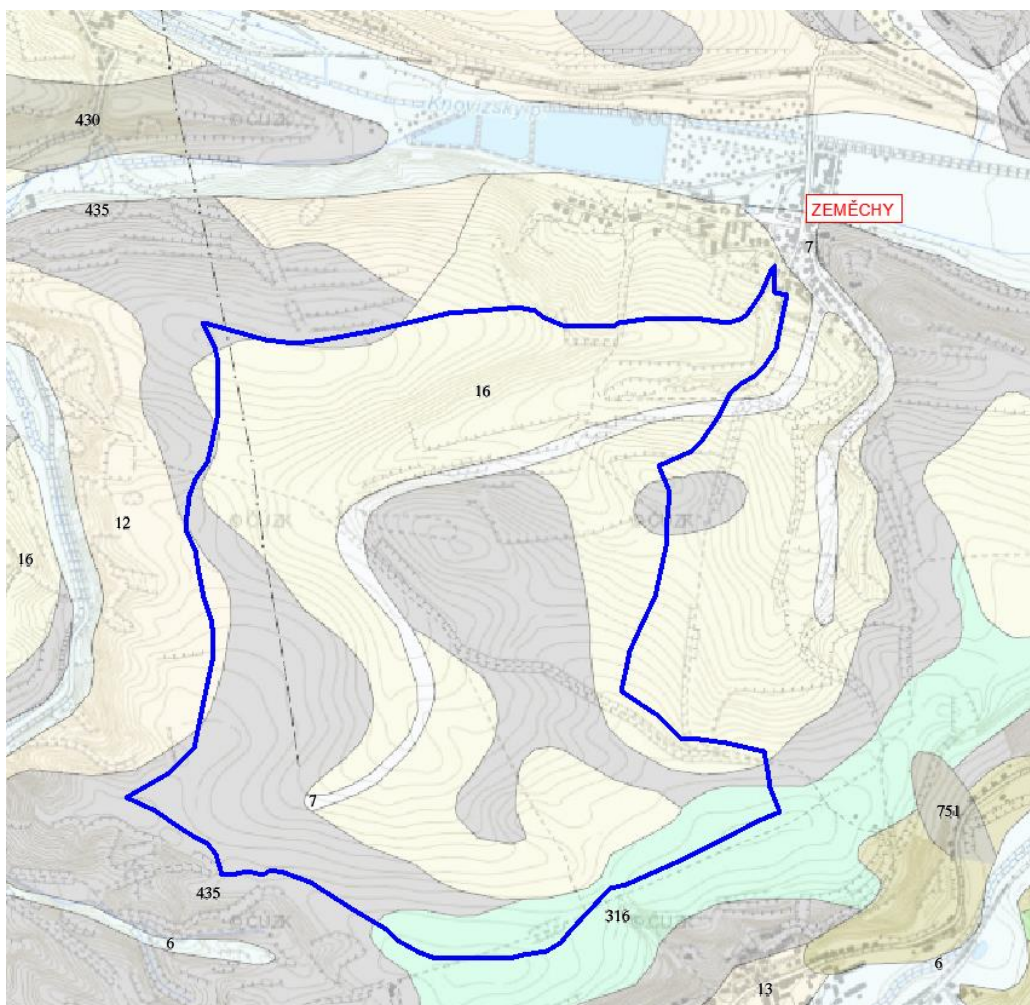
Útvar: Kvartér, Horniny: spraš, sprašová hlína, Typ hornin: sediment nezpevněný, Mineralogické složení: křemen + příměsi + CaCO₃, Barva: okrová, Soustava: Český masiv

- **vápence biodetritické [ID: 316]**

Útvar: křída, Horniny: vápenec biodetritický, Typ hornin: sediment zpevněný, Poznámka: biodetritický, Soustava: Český masiv, Region: Česká křídová pánev

- **valounové pískovce, slepence, pískovce, prachovce, jílovce, uhelné sloje, brekcie, tufy a tufity [ID: 435]**

Útvar: karbon, Horniny: pískovec, slepenec, prachovec, jílovec, uhelná sloj, brekcie, tuf, tufit, Typ hornin: sediment zpevněný, kaustobiolit, Soustava: Český masiv [2]

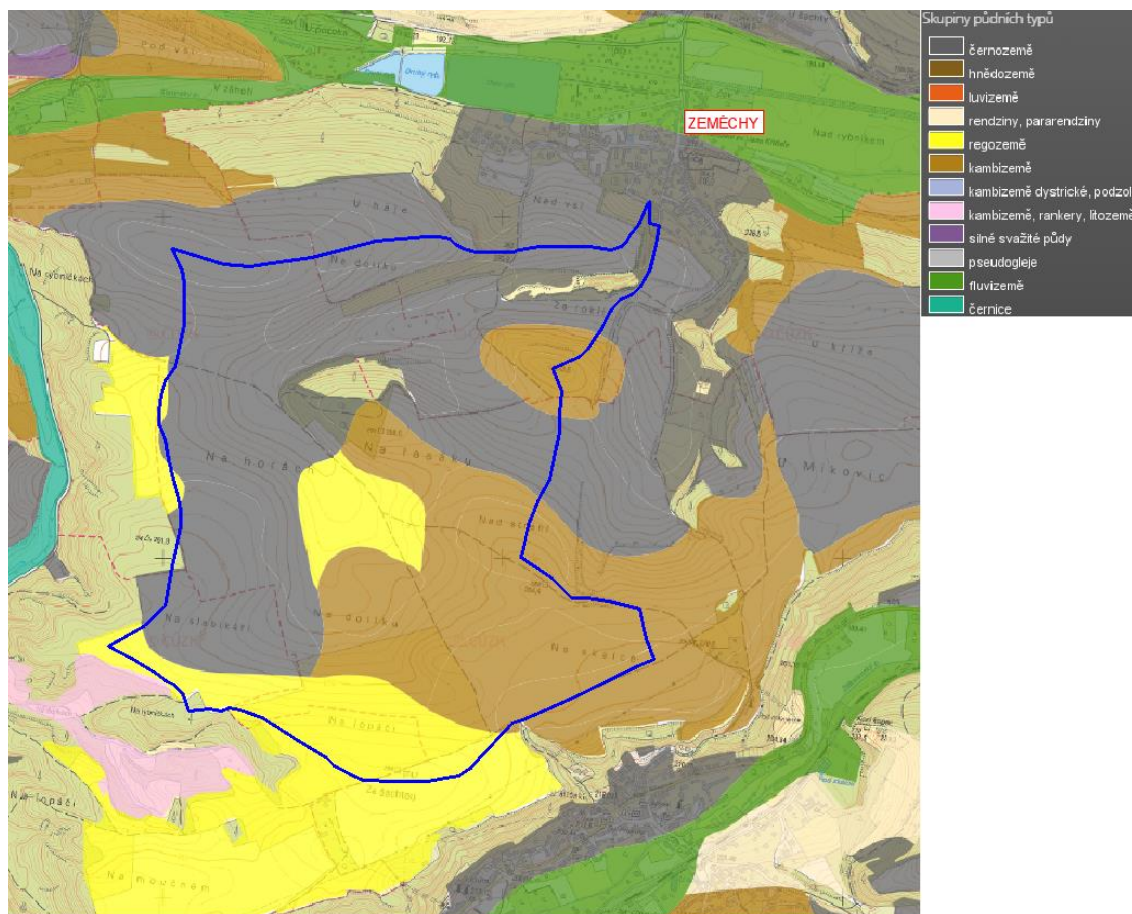


Obr. 4 - Geologická mapa zájmového povodí [2]

Z pedologického hlediska se v zájmovém povodí podle map BPEJ nacházejí půdy značené podle HPJ (hlavní půdní jednotky) kódy: 01, 05, 08, 21, 22, 31, 33, 39 (kód 01 a 31 je zastoupen nejčastěji). Shora uvedené hlavní půdní jednotky charakterizují půdy s následujícími vlastnostmi:

- **HPJ 01** - Černoze modální, černoze karbonátové, na spraších nebo karpatském flyši, půdy středně těžké, bez skeletu, velmi hluboké, převážně s příznivým vodním režimem
- **HPJ 05** - Černoze modální a černoze modální karbonátové, černoze luvické a fluvizemě modální i karbonátové na spraších s mocností 30 až 70 cm na velmi propustném podloží, středně těžké, převážně bezskeletovité, středně výsušné, závislé na srážkách ve vegetačním období
- **HPJ 08** - Černoze modální a černoze pelické, hnědozemě, luvizemě, popřípadě i kambizemě luvické, smyté, kde dochází ke kultivaci přechodného horizontu nebo substrátu na ploše větší než 50 %, na spraších, sprašových a svahových hlínách, středně těžké i těžší, převážně bez skeletu a ve vyšší sklonitosti
- **HPJ 21** - Půdy arenického subtypu, regozemě, pararendziny, kambizemě, popřípadě i fluvizemě na lehkých, nevododržných, silně výsušných substrátech
- **HPJ 22** - Půdy jako předcházející HPJ 21 na mírně těžších substrátech typu hlinitý písek nebo písčité hlína s vodním režimem poněkud příznivějším než předcházející
- **HPJ 31** - Kambizemě modální až arenické, eubazické až mezobazické na sedimentárních, minerálně chudých substrátech – pískovce, křídové opuky, permokarbon, vždy však lehké, bez skeletu až středně skeletovité, málo vododržné, výsušné
- **HPJ 33** - Kambizemě modální eubazické až mezobazické a kambizemě modální rubifikované na těžších zvětralinách permokarbonu, těžké i středně těžké, někdy i středně skeletovité, s příznivými vláhovými poměry
- **HPJ 39** - Litozemě modální na substrátech bez rozlišení, s mělkým drnovým horizontem s výchozy pevných hornin, zpravidla 10 až 15 cm mocným, s nepříznivými vláhovými poměry [3]

Pro stanovení erozní ohroženosti pozemků a návrh protierozních opatření byl v rámci studie proveden vlastní zpřesňující pedologický průzkum (odebráno 6 půdních vzorků). Podrobně jsou jeho výsledky uvedeny v příloze č.3 této studie. Místa odběru půdních vzorků, uvedená v následujícím textu, jsou znázorněna v mapové příloze č. 05 – Schéma odtokových drah. Z hlediska půdních druhů se jedná převážně o půdy hlinité (sondy S1, S2, S3) a písčitohlinité (sonda S4, S5, S6).



Obr. 5 - Pedologická mapa zájmového území [4]

2.5. Půdní bloky a jejich využívání

Zájmové území v minulosti bylo a dosud je intenzivně zemědělsky využíváno. Pozemky povodí jsou využívány převážně jako orná půda, ale některé plochy (zejména svažitéjších pozemků) jsou trvale zatravněny a sečeny jako louky.

Vzhledem k tomu, že doposud není pro k.ú. Zeměchy u Kralup nad Vltavou, k.ú., Otovice ani pro k.ú. Blevice zpracován projekt komplexních pozemkových úprav byly hranice jednotlivých bloků a způsob jejich využití převzaty z mapového serveru eAGRI [5] a následně potvrzeny terénním průzkumem.

Celková plocha povodí činí 177,19 ha, celková rozloha zemědělské půdy v zájmovém území činí 164,69 ha z toho orná půda 154,56 ha (87,2 %), louky a pastviny 10,13 ha (5,7%). Zemědělská půda činí 92,9 % celkové plochy povodí. V zájmovém území se nachází malá rozloha lesních a křovinatých komplexů. Jejich plocha činí pouze 11,29 ha (6,4%) plochy zájmového území.

Přehled půdních bloků včetně jejich využití v době průzkumu je uveden v **Tab. 1** a graficky znázorněny v mapové příloze č. 03 – Zákres dílů půdního bloku.

Tab. 1 - Přehled půdních bloků v zájmovém území [5]

Číslo bloku	Výměra [ha]	Uživatel	Současné využití pozemku	Územní příslušnost
1602	6,28	Agroma Černuc, s.r.o.	R	Kladno
1704	7,61	Václav Kubelka	R	Kladno
1704/1	0,89	Lukáš Plechatý	R	Kladno
1704/2	7,60	Václav Kubelka	R	Kladno
2601/1	26,85	Agrobos spol. s.r.o.	R	Kladno
2601/4	9,91	Václav Kubelka	R	Kladno
2601/5	14,60	Agroma Černuc, s.r.o.	R	Kladno
2602/5	3,45	Agroma Černuc, s.r.o.	R	Kladno
2603/4	24,54	Agroma Černuc, s.r.o.	R	Kladno
2604/1	6,37	Agroma Černuc, s.r.o.	R	Kladno
2604/2	1,96	Václav Kubelka	R	Kladno
2605/1	3,91	Agroma Černuc, s.r.o.	R	Kladno
2606/1	1,35	Václav Kubelka	R	Kladno
2701/4	10,95	Václav Kubelka	R	Kladno
2701/4	10,86	Václav Kubelka	R	Kladno
2702/2	56,93	Agrobos spol. s.r.o.	R	Kladno
2702/3	25,70	Václav Kubelka	R	Kladno
2706/2	21,85	Agroma Černuc, s.r.o.	R	Kladno
2706/3	0,84	Václav Kubelka	R	Kladno
2706/3	0,87	Václav Kubelka	R	Kladno

Vysvětlivky:

R Standardní orná půda

1602 Účinné díly půdního bloku

1704 Rozpracované díly půdního bloku

2.6. Popis krajinných prvků

Popis krajinných prvků vyskytujících se na zájmovém území vychází z výsledků terénního průzkumu, který byl proveden v září 2016. Umístění těchto prvků je také vyznačeno čísly v příložené situaci (viz příloha č. 4 Fotodokumentace – zájmové území).

2.6.1. Přírodní památka Sprašová rokle u Zeměch

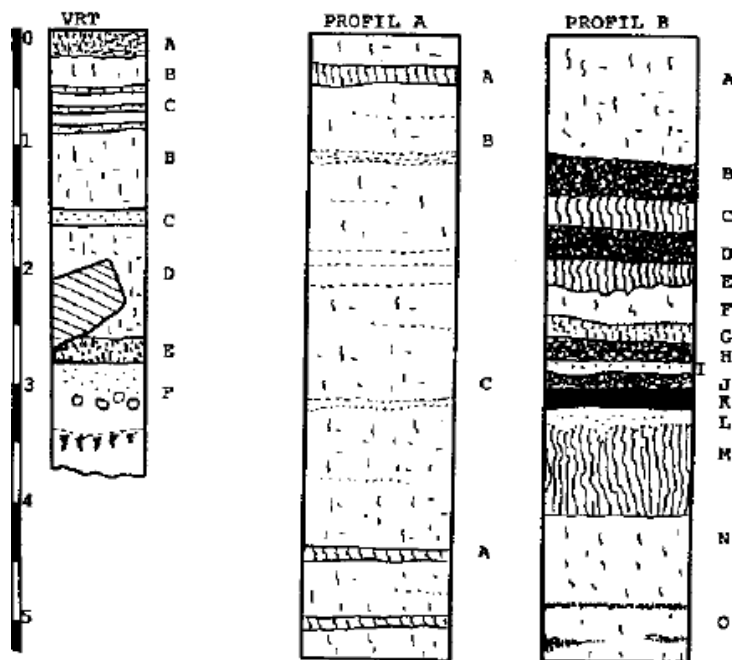
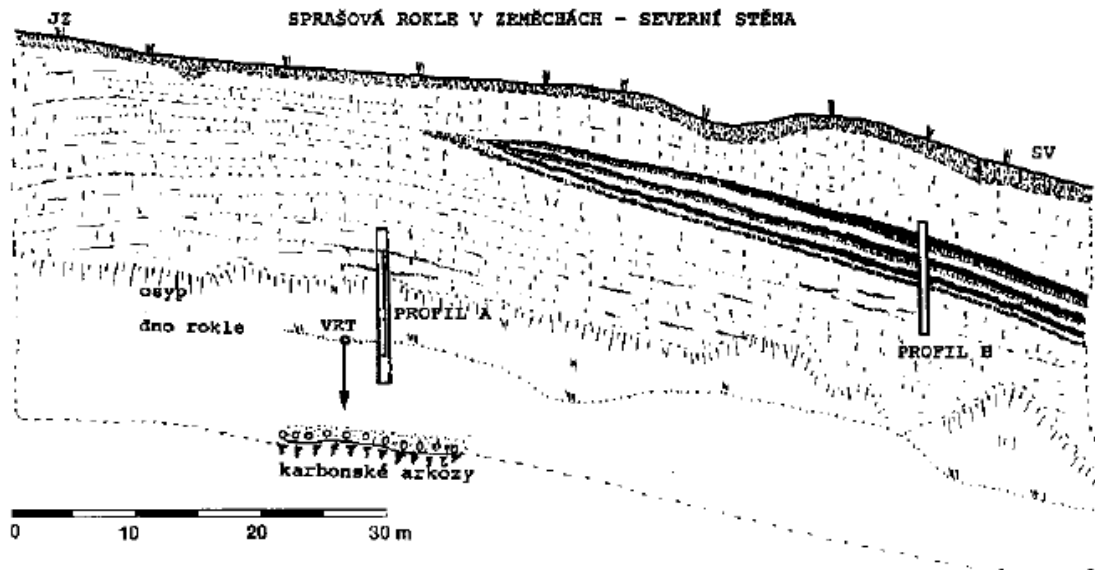
Na jižním konci obce, asi 200 m jjz. od kostela, začíná hned za posledními domy legislativně chráněné území označované jako Sprašová rokle. Představuje jeden ze dvou sprašových profilů umožňujících ve středočeské oblasti studium relativně úplného sledu sedimentů posledního glaciálního cyklu.

Rokle je vyvinutá jako mladý erozní zářez na staré úvozové cestě, který v délce asi 350 m zasahuje v průměru 5-10 m pod úroveň okolního terénu. Nejvyšší sprašová stěna dosahuje výšky 19 m. Na obou stranách rokle, zvláště pak ve střední části severní stěny, vystupují fosilní půdy v podobě více či méně diferencované sekvence půd komplexu PK II a PK III. Nejasný, erozně postižený úsek nejmladšího komplexu PK I vystupuje jen v malé části jižní stěny rokle.

Rokle prořezává plochou sprašovou dunu orientovanou zhruba v.-z. směrem, jejíž střed se nacházel přibližně v místě současné nejvyšší stěny. Od ní se vrstvy sklání na obě strany k V i Z. Podloží duny leží asi 4 m pod dnešním dnem rokle. Je tvořeno rozpadavými karbonskými arkózami, na kterých spočívají žluté písky a drobné šterky terasy Knovízského potoka. Poloha pod dnem údolí je tvořena nahnědlými, kompaktními, částečně dekalciifikovanými a hydromorfně postiženými sprašemi obsahujícími písčité splachy. Pravděpodobně jde o přeplavené váte písky. Nade dnem rokle je odkryta spraš předposledního cyklu. Je tvořena vcelku homogenním souvrstvím žluté vápnité spraše, ve které se objevují difuzní polohy načervenalé spraše a tenké písčité vrstvičky. Na navětralé stěně je patrné téměř ekvidistantní dělení na vrstvičky o mocnosti 3-5 cm, svědčící na jednorázové písečné bouře začínající pískem a pokračující zjemňující se prachovou frakcí. Písčité vrstvičky jsou místy díky větší propustnosti postiženy postdepoziční iluviací a zreznutím, které jim dodává vzhled tundrových glejů. V odkrytém profilu byly rovněž nalezeny dvě až tři polohy tundrových glejů v lokálním vývoji jako sedimenty sezónních mokřadů.

Až 2 m mocné zemské souvrství je vyvinuto jako typický komplex černozemi, neobvykle mocného lesivovaného horizontu a podložní parahnědozemí. Černozem se skládá ze dvou odlišných horizontů – spodní masivní jílovité černozemi a nad ní ležící klasické drobtovité černozemi. Světlá mezivrstva procházející uprostřed spodní černozemi pravděpodobně představuje tzv. marker sensu (Kukla 1975). Nad ní se nachází poněkud světlejší černozem reprezentující půdní sediment (částečně přepracované hlinopísky derivované z černozemi). Nahnědlá, slabá sprašová půda nad černozemí PK III je rovněž splachem hlinopísků odvozeným ze spraše. Komplex PK II je tvořen slabou podložní spraší a obvyklou dvojicí černozemí a hnědozemí. Komplex PK I je vyvinut torzovitě. Dva důležité erozní eventy se odehrály před depozicí černozemi PK III a nehluboko pod PK I. Celé, až 28 m mocné sprašové souvrství kryjí splachy holocenních zemědělských půd v podobě částečně degradovaných černozemí, v nichž byl nalezen střepový materiál pocházející z mladší doby bronzové a z doby stěhování národů.

Na mnoha místech lze ve spraších zaznamenat stopy bioeroze. Jde o tunely bezobratlých vyplněné kompaktní spraší, duté vertikální, subvertikální a subhorizontální tunely interpretované jako kořenové stopy, recentní a subrecentní stopy hmyzu, stopy po činnosti ptáků (důlky o průměru až 10 cm a hloubce kolem 5 cm) a savců (zemní nory a drobnější otvory vytvořené pravděpodobně hlodavci). [6]



Vysvětlivky:

VRT A: A – mladý půdní splach; B – vápnitá spraš; C – mezivrstvy vátých písků; D – spraš s blokem karbonské arkózy; E – splachy jílovitých zvětralin; F – přeplavené váté písky na terase Knovízského potoka. PROFIL A: A – splach načervenalé spraše; B – vápnitá písčité spraš do hloubky tmavnoucí; C – písčité vrstvičky. PROFIL B: A – spraš posledního glaciálu; B – drobtovitá černozem PK II; C – odvápněná parahnědozem PK II; D – spodní černozem PK II; E – spodní parahnědozem PK II; F – světle hnědá spraš; G – slabě vápnitá sprašová půda; H – problematická světlejší černozem; I – světlá vrstva markeru sensu; J – slabě vápnitá černozem PK III; K – podobně jako J, více jílovitá; L – vybělený, slabě písčitý horizont černozemě PK III; M – parahnědozem; N – vápnitá spraš předposledního glaciálu; O – písčité polohy a gleje.

Obr. 6 - Stratigrafické schéma severní stěny sprašové rokle a detail vyznačených profilů podle Cílka (1996) [6]



Obr. 7 - Vstup do sprašové rokle



Obr. 8 - Až 10 m vysoké stěny odkrývající profily v plaistocenních spraších



Obr. 9 – Ve sprašovém profilu zachované polohy fosilních půd, nejčastěji hnědozemě a černozemě komplexu PKII a PKIII

2.6.2. Meze

Severovýchodní část zájmového území je tvořena pozemky s poměrně strmými svahy. Na těchto svazích jsou v současné době umístěny meze, které jsou navrženy jednak jako protierozní opatření (snížení odnosu půdních částic přerušením odtokové dráhy), jednak jako optické rozdělení dlouhých svahů. Meze jsou řešeny jako terénní vlny, které jsou zatravněny a osázeny keři.



Obr. 10 - Protierozní meze v zájmovém území



Obr. 11 - Další příklad protierozních mezí v zájmovém území

2.6.3. Lesní a křovinatý komplex

Ve střední části zájmového území je poměrně malý lesní a křovinatý komplex, který je tvořen ve spodní části listnatým lesem s převahou olší a náletových dřevin jako je např. bříza a v horní části hustými keřovými porosty. Komplex má estetickou funkci a snižuje erozní náchylnost zájmového území.



Obr. 12 - Pohled na spodní část komplexu



Obr. 13 - Pohled na horní část komplexu

2.6.4. Komunikace

Zájmovým územím neprochází žádná státní, okresní ani místní komunikace. Vyskytuje se zde pouze systém polních cest, který umožňuje transport zemědělské techniky. Hustota polních cest je dostatečná. U tohoto typu vozovek odpovídá technický stav stupni jejich využívání. V horní části území prochází komunikace, které obchází a kříží profil sprašové rokle. Tyto komunikace jsou bez zpevnění a tvoří je pouze vyjeté koleje na zatravněném pásu. Ostatní komunikace jsou částečně zpevněné navážkou ze stavební suti se zatravněným středním pruhem. Šířka polních cest je 2,5 až 3,5 m.



Obr. 14 - Polní cesta křížící profil sprašové rokle



Obr. 15 - Částečně zpevněná polní cesta

2.7. Popis odvádění dešťových vod z prostoru obce Zeměchy

Popis prvků, umožňujících odvádění dešťových vod, vyskytujících se na území obce vychází z výsledků terénního průzkumu, který byl proveden v září 2016. Umístění těchto prvků je také vyznačeno čísly v příložené situaci (viz příloha č. 5 Fotodokumentace – obec Zeměchy).

2.7.1. Vyústění ze sprašové rokle

Na jižním konci obce, v místě vyústění ze sprašové rokle, se nachází horská vpust, která má sloužit pro odvádění srážkových vod stékajících sem profilem rokle ze zájmového území umístěného nad obcí. Vpust je ve spodní části tvořena betonovým dnem s odtokovým betonovým potrubím DN 400. Horní část je ze tří stran tvořena cihlami uloženými na sucho a vyskládanými do úrovně terénu. Vstup do vpusti je chráněn ocelovou mříží. Vpust a její okolí je poměrně hodně zarostlé vegetací a zanesené naplaveným materiálem, je proto na místě provádění její periodické údržby (odstranění naplaveného materiálu a náletové vegetace). Udržování dobrého technického stavu této vpusti je důležité především z hlediska bezpečného odvádění přítoků dešťové vody přitékajících roklí.



Obr. 16 - Přítok do horské vpusti na výstupu ze sprašové rokle



Obr. 17 - Horská vpust na výstupu ze sprášové rokle s odtokovým potrubím DN 400

2.7.2. Ulice Pod Špičákem

Po levé straně této ulice vede podél komunikace otevřený příkop pro odvádění dešťových vod. Příkop je nezpevněný a ohraničený z jedné strany zeleným pásem vedoucím podél komunikace a z druhé strany opěrnými zídkami plotů sousedních objektů. Do příkopu jsou zaústěny svody dešťové vody z okolních objektů a komunikací. V příkopu se dále nachází větší počet vystouplých betonových skruží a poklopů šachet splaškové kanalizace a nízkých propustků sloužících jako vjezdy do objektů. Tyto objekty významně snižují průtočnou kapacitu příkopu.

Ve spodní části ulice v místě jejího napojení na ulici V Rokli přechází příkop do betonových žlabovek, které následně ústí do horské vpusti. Tato vpust je betonová, krytá ocelovou mříží s odtokovým potrubím DN 400, které pokračuje dále ulicí a následně se v ulici 9. Května spojuje s potrubím dešťové kanalizace z horské vpusti umístěné na výstupu ze Sprášové rokle. Odvodňovací žlabovky i vpust jsou v současné době v poměrně dobrém stavu, pouze je zapotřebí odstraňovat naplavované nánosy.



Obr. 18 - Otevřený příkop v ulici Pod Špičákem



Obr. 19 - Betonové žlabovky ve spodní části ulice Pod Špičákem



Obr. 20 - Horská vpust s odtokovým potrubím DN 400 v ulici Pod Špičákem

2.7.3. Ulice 9. Května

Odvádění dešťových vod z této ulice je řešeno jednak pomocí betonových odvodňovacích žlabovek, které jsou vybudovány ve dvou krátkých úsecích podél komunikace, jednak pomocí dešťových vpustí zaústěných do dešťové kanalizace procházející touto ulicí.

První úsek betonových žlabovek začíná na konci parkoviště u objektu stojícího na křížení ulice 9. Května s ulicí Školská. Voda je odtud odváděna do otevřeného příkopu vedoucího po pravé straně komunikace ve střední části ulice a pak dále do vodoteče. V místě křížení s komunikací jsou žlabovky nahrazeny krytým žlábkem. Vyústění ze žlábků je opevněno a zajištěno krátkým plastovým potrubím DN 250. Druhý úsek žlabovek je veden po levé straně komunikace podél objektu stojícího na křížení ulice 9. Května a ulice u Kovárny. Oba úseky jsou v dobrém stavu, pouze je zapotřebí zajistit jejich vyčištění a odstranit naplavené nečistoty.



Obr. 21 - Betonové žlabovky v ulici 9.Května



Obr. 22 – Krytý žlábek na křížení ulice 9. Května a ulice Na Rybnících

Voda odtékající pomocí dešťových vpustí do dešťové kanalizace je stejně jako u prvního úseku betonových žlabovek odváděna do otevřeného příkopu vedoucího po pravé straně komunikace a z něj pak dále do vodoteče. V místě vyústění do příkopu má dešťová kanalizace profil DN 600.



Obr. 23 - Vyústění dešťové kanalizace a odtoku z krytého žlábků do otevřeného příkopu

Příkop vedoucí podél komunikace v délce přibližně 125 m odvádí přitékající vodu do koryta Knovízského potoka protékajícího ve spodní části obce. Má lichoběžníkový profil a jsou do něj zaústěny kromě dešťové kanalizace a odtoku vody z komunikace také dešťové svody z okolních objektů. V úseku od vyústění dešťové kanalizace po křížení s ulicí Školní je opevněno pouze dno příkopu, a to betonovými panely ohraničenými betonovými obrubami. V úseku od křížení po vyústění je pak opevněno dno i svahy příkopu pomocí kamenné dlažby.



Obr. 24 - Vyústění příkopu do koryta Knovízského potoka

3. ŘEŠENÍ VODNÍ EROZE

Zájmová oblast řešeného povodí je v současné době intenzivně zemědělsky využívána. Pozemky povodí jsou tvořeny rozsáhlými plochami orné půdy, na který se pěstují převážně obiloviny (např. ozimá pšenice). V současné době je většina těchto pozemků obhospodařována způsobem, který se neshoduje se zásadami dobré zemědělské praxe. Tyto plochy orné půdy jsou orány ve směru kolmo na vrstevnice. Orba kolmo na vrstevnice umožňuje vznik preferenčních cest pro odtok vody z polí, a to v kombinaci s velikostí pozemků, změnou jejich organizace a morfologií terénu umožňuje uvolňování velkého množství erodovaných půdních částic a tvorbu povodňových průtoků, které tyto částice transportují do profilu sprašové rokle a následně do prostoru obce.

V dalším textu je uvedena metodika výpočtu erozní ohroženosti pozemků v povodí a návrh protierozních opatření. Dále je uvedena metodika orientačního výpočtu celkového průměrného ročního množství erozních smyvů ze zemědělského půdního fondu v povodí a určení množství sedimentu, který může být transportován do uzávěrového profilu povodí. Odhad transportovatelného ročního množství půdních částic je proveden jednak pro současný stav využívání zemědělských pozemků, jednak pro stav po realizaci navržených protierozních opatření.

Pro návrh a posouzení protierozních opatření v zájmovém území byl proveden výpočet erozní ohroženosti pro jednotlivé svahy území. Pro tento výpočet byly použity dvě metody, a to empirická metoda univerzální rovnice ztráty půdy Wischmeier-Smith (USLE – Universal Soil Loss Equation) a matematický simulační model povrchového odtoku a erozního procesu SMODERP. Poté byly výsledky obou metod porovnány a byla vybrána vhodná metoda pro návrh protierozních opatření. Posouzení odtoku sedimentu bylo řešeno metodou SRD (Sediment Delivery Ratio). Výpočet byl proveden jednak pro stávající využití pozemků, jednak pro návrhový stav (realizace protierozních opatření).

3.1. Metoda univerzální rovnice ztráty půdy USLE

Hlavní empirickou metodu pro hodnocení erozní ohroženosti pozemků tvoří Univerzální rovnice ztráty půdy Wischmeier-Smith (USLE – Universal Soil Loss Equation). Tato metoda odvozená v USA v letech 1961–1962 byla velice oblíbenou metodou pro svou jednoduchost (násobení 6 faktorů), a také pro relativně snadné určení vstupních parametrů pro výpočet. Uvedená jednoduchost výpočtu byla nespornou předností v minulosti, kdy projektanti neměli k dispozici výkonnou výpočetní techniku a metodu USLE bylo možno řešit na nejjednodušší kalkulačce.

Univerzální rovnice ztráty půdy vychází z principu tzv. přípustné ztráty půdy. Přípustná ztráta půdy byla definována jako "maximální hodnota eroze půdy, která dovoluje udržovat trvale a ekonomicky dostupně vysokou úroveň úrodnosti půdy". Hodnoty přípustné ztráty půdy byly stanoveny v USA při odvozování USLE řadou odborníků z oblasti pedologie, zemědělství, geologie, erodologů, ekonomů a dalších odborníků, a to ve výši 1 až 5 t na akr ročně. Hodnoty přípustné ztráty půdy, používané v České republice byly

stanoveny na základě amerických hodnot a jsou tedy mimo jiné ovlivněny přírodními a zemědělsko-ekonomickými podmínkami, pro něž byly tyto hodnoty v USA odvozeny.

Kromě toho je nutno si uvědomit, že intenzita erozních procesů, stanovená pomocí Universální rovnice ztráty půdy, představuje dlouhodobé průměrné roční hodnoty, které mohou být v jednom vodním roce překročeny nebo mohou být dokonce dosaženy pouze jednou významnou přivalovou srážkou. Tato rovnice neumožňuje volbu návrhové srážky pro návrh protierozních opatření, pro účely ochrany intravilánu nebo z hlediska ochrany kvality vodních zdrojů. Mezi odborníky probíhá již delší dobu diskuse o vhodnosti používaných limitů přípustné ztráty půdy, a to zejména z hlediska vlivu erozních procesů na kvalitu vodních zdrojů.

Další nevýhodou uvedené metody Universální rovnice ztráty půdy je skutečnost, že je možno buď stanovit hodnotu průměrné roční ztráty půdy z vyšetřovaného pozemku, nebo na základě porovnání této hodnoty s hodnotou přípustné ztráty půdy stanovit tzv. přípustnou délku pozemku, tj. maximální nepřerušenu délku svahu z hlediska tvorby a rozvoje erozních procesů. Tato metoda však nedává podklady pro dimenzování technických prvků protierozní ochrany (vsakovací nebo odváděcí příkopy). Tyto hodnoty, potřebné pro návrh a dimenzování příčných profilů záchytných příkopů, je možno získat z jiné metody – např. metoda CN křivek. Tato metoda byla však odvozena na základě zcela jiných předpokladů a principů než metoda USLE a výsledky, získané z obou metod, lze velice nesnadno propojovat.

Popis jednotlivých faktorů univerzální rovnice ztráty půdy:

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad [t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}] \quad [7]$$

Kde: G je průměrná roční ztráta půdy

R – dešťový faktor

K – půdní faktor

L – faktor délky svahu

S – faktor sklonu svahu

C – faktor vegetace a způsobu obdělávání půdy

P – faktor účinnosti protierozních opatření

R – Faktor erozní účinnosti přivalového deště

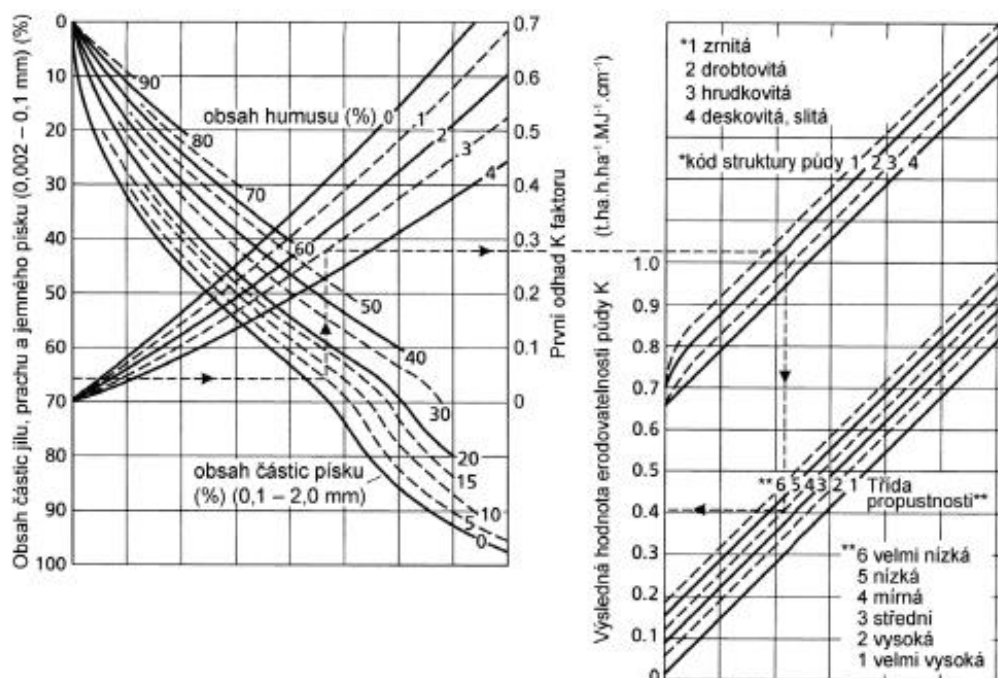
Roční hodnota faktoru R se určuje z dlouhodobých záznamů o srážkách a představuje součet erozní účinnosti jednotlivých přivalových dešťů, které se v daném roce vyskytly, přičemž se neuvažují deště s úhrnem menším než 12,5 mm a pokud v průběhu 15 minut nepadlo alespoň 6,25 mm. Tyto deště musí být oddělené od ostatních dobou delší než 6 hodin [7]. Nejnovější metodika (Janeček M. a kol. 2012) uvádí hodnotu R – faktoru jako $R = 40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$, proto bylo ve všech výpočtech počítáno s touto hodnotou. Starší

metodiky uvádějí hodnotu R – faktoru $R = 20 \text{ MJ.ha}^{-1}.\text{cm.h}^{-1}$. Použití této hodnoty by, při zachování všech ostatních parametrů rovnice, mělo za následek, že by byl vypočten poloviční dlouhodobý průměrný roční smyv půdy G.

K – Faktor erodovatelnosti půdy

Faktor erodovatelnosti půdy K je v USLE definován jako ztráta půdy ze standardního pozemku vyjádřená v t.ha^{-1} na jednotku faktoru erozní účinnosti deště R ($\text{MJ.ha}^{-1}.\text{cm.h}^{-1}$) [7]. Hodnota K faktoru je závislá na struktuře ornice, obsahu organické hmoty a propustnosti půdního profilu. Vlastnosti půdy ovlivňují náchylnost půdy k erozi, tedy schopnost půdy odolávat proti rozrušujícímu účinku deště a transportu povrchově odtékající vodou [7]. Faktor erodovatelnosti půdy byl určen pro jednotlivé pozemky ve dvou variantách:

- na základě hlavních půdních jednotek HPJ z databáze bonitovaných půdně ekologických jednotek BPEJ
- na základě výsledků laboratorního rozboru půdních vzorků (nomogram pro stanovení K – faktoru)



Obr. 25 - Nomogram pro určení faktoru erodovatelnosti půdy K převedený do metrických jednotek používaných v ČR [$\text{t.ha.h.ha}^{-1}.\text{MJ}^{-1}.\text{cm}^{-1}$] [7]

L, S – Faktor délky a sklonu svahu

Vliv sklonu a délky svahu na intenzitu eroze je vyjádřen kombinací faktoru sklonu svahu S a faktoru délky svahu L, tzv. topografickým faktorem LS, který představuje poměr ztráty půdy na jednotku plochy svahu ke ztrátě půdy na standardním pozemku o délce 22,13 m a sklonem 9 %. L – faktor délky svahu vyjadřuje vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí, S – faktor sklonu svahu vyjadřuje vliv sklonu na velikost ztráty půdy erozí [7].

Faktor délky svahu L byl určen z rovnice:

$$L = (l/22,13)^m$$

Kde: 22,13 je délka standartního pozemku [m]

l horizontální projekce délky svahu (uvažuje se nepřerušená délka svahu), není to vzdálenost rovnoběžná s povrchem půdy [m]

m exponent sklonu svahu vyjadřující náchylnost k tvorbě rýžkové eroze

Faktor sklonu svahu S byl určen z rovnice:

$$S = 0,03S_1 + 0,06S_2 + 0,07S_3 + 0,09S_4 + 0,10S_5 + 0,11S_6 + 0,12S_7 + 0,13S_8 + 0,14S_9 + 0,15S_{10}$$

Kde: S_i je hodnota faktoru S pro *i*-tý úsek svahu, rozděleného na deset úseků stejné délky [7].

Tato rovnice umožňuje zpřesnění výpočtu faktoru sklonu S zahrnutím vlivu tvaru svahu.

C – Faktor ochranného vlivu vegetace

Vliv vegetačního pokryvu na smyv půdy se projevuje přímou ochranou půdy před destruktivním působením dopadajících dešťových kapek a zpomalováním rychlosti povrchového odtoku a nepřímo působením vegetace na půdní vlastnosti, zejména na pórovitost a propustnost, včetně omezení možnosti zanášení pórů jemnými půdními částicemi.

Ochranný vliv vegetace je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu v době výskytu přívalových dešťů (měsíce duben – září). Ochranný vliv vegetačního pokryvu je v USLE vyjádřen faktorem C.

Hodnoty faktoru C pro plodiny, představují poměr smyvu na pozemku s pěstovanými plodinami ke ztrátě půdy na standartním pozemku, který je udržován jako úhor, pravidelně po každém dešti kypřený [7].

Faktor ochranného vlivu vegetace C byl určen na základě plodiny, která se nacházela na příslušném půdním bloku v době průzkumu.

P – Faktor účinnosti protierozních opatření

Faktor účinnosti protierozních opatření P má zpravidla hodnotu $P = 1$, tj. v řešené oblasti nejsou realizována technická protierozní opatření.

3.1.1. Aplikace metody univerzální rovnice v zájmovém povodí

Hranice jednotlivých půdních bloků a způsob jejich využití byly převzaty z mapového serveru eAGRI [5] a následně potvrzeny terénním průzkumem. Pro každý profil (reprezentující určitou část nebo celý zemědělský pozemek) byly stanoveny hodnoty základních faktorů, ovlivňujících erozní ohroženost.

Pro každý půdní blok byl stanoven jeden nebo více charakteristických profilů, určujících dráhy povrchového odtoku (viz mapová příloha č. 05 – Schéma odtokových drah). Celkem bylo zvoleno v celém zájmovém území 24 charakteristických profilů a pro každý byla určena průměrná roční ztráta půdy dle univerzální rovnice ztráty půdy USLE.

Dešťový faktor R byl zvolen pro celou řešenou oblast jednotnou hodnotou $R = 40$ [$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$] (průměrná hodnota pro ČR). Faktor délky svahu L byl určen pro každý charakteristický profil na základě délky, odměřené z mapy 1:10 000. Faktor sklonu svahu S byl stanoven pro každý charakteristický profil výpočtem na základě váženého průměru sklonů deseti úseků svahu, určených z mapy 1:10 000. Faktor vegetace C byl volen pro současný stav pro pozemky orné půdy hodnotou $C = 0,12$ (obiloviny). Stávající trvalé travní porosty (louky a pastviny) byly popsány hodnotou $C = 0,005$. Faktor účinnosti protierozních opatření P byl pro všechny výpočtové varianty uvažován pro celou oblast jednotně $P = 1,0$.

Půdní faktor K byl určen pro každý pozemek stanoven ve dvou variantách. První varianta uvažuje hodnotu faktoru na základě váženého průměru hlavních půdních jednotek HPJ z databáze bonitovaných půdně ekologických jednotek BPEJ, druhá varianta na základě výsledků vlastního pedologického průzkumu (nomogram pro stanovení K – faktoru).

Hodnoty faktorů a výsledky výpočtu průměrné roční ztráty půdy pro půdní bloky v zájmovém území jsou uvedeny v **Tab. 2 a 3**. Výpočet byl proveden pro současný stav využívání zemědělské půdy.

3.1.2. Výpočet ztráty půdy na pozemcích povodí metodou USLE (současný stav využívání pozemků)

Tab. 2 - Výpočet ztráty půdy dle USLE var. I. (K faktor určen na základě HPJ z databáze bonitovaných půdně ekologických jednotek BPEJ) – současný stav

Číslo pozemku	A [ha]	Lp [m]	Sklon [%]	S faktor	L faktor	K faktor	C faktor	G [t/ha.r]	G [t/r]	Ohroženost [max 4 t/ha.r]
P1	27,64	495,5	5,6	0,56	3,66	0,26	0,12	2,52	69,57	-
P2	7,72	287,0	4,5	0,42	2,66	0,37	0,12	2,02	15,56	-
P3	9,23	424,3	4,6	0,46	3,12	0,34	0,12	2,38	21,97	-
P4	12,87	527,7	4,9	0,56	3,51	0,39	0,12	3,74	48,14	-
P5	3,93	297,6	5,3	0,57	2,90	0,38	0,12	3,05	11,96	-
P6	15,66	381,6	7,4	0,86	3,77	0,41	0,12	6,34	99,30	Ohroženo
P7	11,86	380,9	8,8	1,40	4,10	0,45	0,09	9,11	108,01	Ohroženo
P8	5,14	126,2	13,5	2,24	2,67	0,42	0,07	6,71	34,51	Ohroženo
P9	5,21	203,0	13,3	1,96	3,48	0,31	0,07	6,26	32,65	Ohroženo
P10	3,59	198,7	5,9	0,53	2,56	0,25	0,08	1,02	3,65	-
P11	7,24	257,0	10,1	1,05	3,59	0,44	0,10	6,73	48,66	Ohroženo
P12	2,86	136,2	7,3	1,08	2,32	0,37	0,12	4,48	12,81	Ohroženo

P13	4,36	192,2	8,3	0,93	2,86	0,20	0,12	2,54	11,07	-
P14	1,22	189,7	2,2	0,19	1,72	0,34	0,12	0,54	0,67	-
P15	1,14	128,6	2,8	0,23	1,68	0,15	0,12	0,28	0,32	-
P16	2,89	231,2	3,5	0,29	2,20	0,16	0,12	0,50	1,44	-
P17	8,76	485,0	5,4	0,54	3,55	0,31	0,12	2,86	25,05	-
P18	1,32	122,1	4,3	0,45	1,89	0,16	0,12	0,65	0,86	-
P19	9,01	443,5	3,9	0,39	2,91	0,17	0,12	0,91	8,18	-
P20	2,94	293,8	3,8	0,32	2,48	0,16	0,12	0,60	1,76	-
P21	4,58	411,7	4,9	0,46	3,18	0,18	0,12	1,28	5,85	-
P22	2,28	105,3	4,4	0,42	1,79	0,17	0,12	0,60	1,35	-
P23	14,82	392,7	2,5	0,27	2,21	0,18	0,12	0,52	7,75	-
P24	1,63	191,7	1,7	0,19	1,59	0,24	0,12	0,34	0,56	-
Celkem								65,97	571,68	

Tab. 3 - Výpočet ztráty půdy dle USLE var. II. (K faktor určen na základě výsledků vlastního pedologického průzkumu) – současný stav

Číslo pozemku	Číslo sondy	A [ha]	Lp [m]	Sklon [%]	S faktor	L faktor	K faktor	C faktor	G [t/ha.r]	G [t/r]	Ohroženost [max 4 t/ha.r]
P1	S4	27,64	495,5	5,6	0,56	3,66	0,42	0,12	4,11	113,66	Ohroženo
P2	S4	7,72	287,0	4,5	0,42	2,66	0,42	0,12	2,28	17,56	-
P3	S3	9,23	424,3	4,6	0,46	3,12	0,30	0,12	2,07	19,14	-
P4	S3	12,87	527,7	4,9	0,56	3,51	0,30	0,12	2,84	36,58	-
P5	S3	3,93	297,6	5,3	0,57	2,90	0,30	0,12	2,37	9,33	-
P6	S2	15,66	381,6	7,4	0,86	3,77	0,39	0,12	6,07	95,12	Ohroženo
P7	S2	11,86	380,9	8,8	1,40	4,10	0,39	0,09	7,88	93,41	Ohroženo
P8	S1	5,14	126,2	13,5	2,24	2,67	0,45	0,07	7,12	36,61	Ohroženo
P9	S1	5,21	203,0	13,3	1,96	3,48	0,45	0,07	9,20	47,97	Ohroženo
P10	S1	3,59	198,7	5,9	0,53	2,56	0,45	0,08	1,87	6,70	-
P11	S6	7,24	257,0	10,1	1,05	3,59	0,34	0,10	5,22	37,77	Ohroženo
P12	S6	2,86	136,2	7,3	1,08	2,32	0,34	0,12	4,08	11,66	Ohroženo
P13	S6	4,36	192,2	8,3	0,93	2,86	0,34	0,12	4,32	18,83	Ohroženo
P14	S3	1,22	189,7	2,2	0,19	1,72	0,30	0,12	0,47	0,58	-
P15	S3	1,14	128,6	2,8	0,23	1,68	0,30	0,12	0,56	0,64	-
P16	S6	2,89	231,2	3,5	0,29	2,20	0,34	0,12	1,03	2,98	-
P17	S6	8,76	485,0	5,4	0,54	3,55	0,34	0,12	3,13	27,38	-
P18	S6	1,32	122,1	4,3	0,45	1,89	0,34	0,12	1,38	1,82	-
P19	S5	9,01	443,5	3,9	0,39	2,91	0,38	0,12	2,07	18,66	-
P20	S3	2,94	293,8	3,8	0,32	2,48	0,30	0,12	1,15	3,38	-
P21	S4	4,58	411,7	4,9	0,46	3,18	0,42	0,12	2,95	13,51	-
P22	S4	2,28	105,3	4,4	0,42	1,79	0,42	0,12	1,51	3,44	-
P23	S5	14,82	392,7	2,5	0,27	2,21	0,38	0,12	1,09	16,12	-
P24	S4	1,63	191,7	1,7	0,19	1,59	0,42	0,12	0,60	0,98	-
Celkem									75,38	633,82	

Vysvětlivky:

A Plocha pozemku příslušející charakteristickému profilu [ha]

Lp Délka charakteristického profilu svahu [m]

Porovnání výpočtu ztráty půdy na pozemcích povodí dle metody USLE:

Faktor erodovatelnosti půdy K lze stanovit pomocí tří postupů - podle vztahu odvozeného pro faktor K , podle nomogramu a přibližně podle hlavních půdních jednotek (HPJ) z databáze bonitovaných půdně ekologických jednotek BPEJ. U prvních dvou postupů stanovení je třeba mít k dispozici základní parametry dané půdy, případně výsledky rozborů v terénu odebraných směsných půdních vzorků z šetřeného pozemku [7].

Ve variantě I byl proveden přibližný výpočet faktoru erodovatelnosti za pomoci kombinace dat o BPEJ evidovaných v Katastru nemovitostí [8] pro jednotlivé parcely zemědělských pozemků a mapového podkladu rozložení jednotlivých půd na řešeném území dostupných na geoportálu SOWAC-GIS [4].

Ve variantě II byl proveden výpočet faktoru erodovatelnosti na základě výsledků vlastního pedologického průzkumu. V zájmovém povodí bylo odebráno celkem 6 směsných půdních vzorků, které byly dále laboratorně zkoumány. Pro zjištění parametry jednotlivých půdních vzorků byly následně za pomoci nomogramu odvozeny výsledné hodnoty K faktoru.

Pro výpočet ztráty půdy na pozemcích povodí řešených dle metody USLE byla dále v rámci diplomové práce vybrána metoda pomocí Varianty II (výpočet faktoru erodovatelnosti na základě výsledků vlastního pedologického průzkumu). Tato metoda je komplexnější, využívá reálné hodnoty parametrů půdy odebrané přímo v terénu a výsledné hodnoty K faktoru je tedy možno považovat za dostatečně přesné. Hodnoty faktoru zjištěné dle Varianty I slouží především pro přibližný výpočet a jsou vhodné pokud nemáme k dispozici základní charakteristiky dané půdy zjištěné např. terénním průzkumem.

3.2. Metoda matematického simulačního modelu SMODERP

Simulační modely erozních a transportních procesů jsou založeny na matematickém vyjádření základních fyzikálních jevů, které při těchto procesech probíhají. Za hlavní přednosti matematických simulačních modelů ve srovnání s empirickými modely se považují:

- Fyzikální zákonitosti vzniku a vytváření povrchového odtoku, vzniku a průběhu procesů uvolňování, transportu a ukládání půdních částic, což umožňuje jejich univerzálnější použití.
- Spolehlivější a přesnější řešení jednotlivých srážkoodtokových situací a možnost volby návrhové srážky podle druhu chráněné lokality.
- Možnost přesnější schematizace území vzhledem k nehomogenitě faktorů, ovlivňujících erozní procesy.
- Zahrnutí procesu uvolnění, transportu a sedimentace půdních částic do erozního procesu.
- Možnost rozšíření modelů o procesy transportu znečišťujících látek, vázaných na půdní částice nebo rozpuštěných v povrchovém odtoku.

Výsledkem vývoje simulačních modelů na fyzikálním principu v České republice je simulační model povrchového odtoku a erozního procesu SMODERP, odvozený na katedře hydromeliorací a krajinného inženýrství Fakulty stavební ČVUT Praha.

Simulační model řeší srážkoodtokové vztahy a erozní procesy na svahu (pozemku) a jeho výstupy dávají podklady pro návrh prvků protierozní ochrany. Model simuluje povrchový odtok a erozní proces ze srážky proměnné intenzity na jednotlivém pozemku o velikosti cca do 100 ha s nehomogenitou morfologických, půdních a vegetačních poměrů.

Model lze využít pro stanovení:

- Charakteristik povrchového odtoku (objem odtoku, vrcholový průtok, hloubka, rychlost a tangenciální napětí povrchového odtoku) ve zvolených profilech vyšetřovaného svahu a ve zvolených časových intervalech od počátku srážky.
- Přípustné délky svahu (pozemku) na základě krajního nevymílacího tečného napětí a krajní nevymílací rychlosti povrchového odtoku [9].

Model je tvořen hydrologickým a erozním submodelem. Submodel povrchového odtoku je odvozen z rovnice kontinuity a rovnice pohybové na základě kinematického principu. Zahrnuje procesy intercepce, retence půdního povrchu a infiltrace vody do půdy. Submodel erozního procesu vychází z dynamického pojetí erozního jevu. Pohyb částic a jejich ukládání na vyšetřovaném pozemku se sleduje na základě porovnání množství půdních částic uvolněných srážkou a povrchovým odtokem a transportní schopností povrchového odtoku.

Pro simulaci je každý vyšetřovaný svah (pozemek) rozdělen na úseky. Každý úsek je homogenní z hlediska morfologických, půdních a vegetačních poměrů. Maximální délka a šířka úseku je 1000 m. Vlastní simulace srážkoodtokových vztahů probíhá od začátku do konce návrhové srážky v simulačních krocích, délka simulačního kroku je 0,2 min.

Základní vstupní údaje pro každý úsek vyšetřovaného svahu tvoří:

- Morfologické údaje (délka a šířka úseku, sklon).
- Pedologické údaje (půdní druh, součinitel hydraulické vodivosti, sorptivita, drsnost půdního povrchu a jeho retenční schopnost).
- Vegetační poměry (druh vegetačního krytu, poměrná listová plocha, potenciální intercepce, Manningův součinitel drsnosti pro povrchový odtok, faktor vlivu vegetace a způsobu obdělávání).

Pokud nejsou známé hodnoty vstupních údajů z terénního průzkumu, jsou uvedeny doporučené hodnoty v uživatelském manuálu. V manuálu jsou rovněž uvedeny hodnoty návrhových srážek pro různou periodicitu.

Tab. 4 - Průměrné hodnoty půdních charakteristik pro půdní druhy a různé typy vegetace [9]

Kód půdy	Druh půdy	Plodina	K [cm.min ⁻¹]	S [cm.min ^{-0,5}]	R [mm]
1	písčité	Ú	0,1000	0,150	3,0
		Š	0,1180	0,178	3,0
		O	0,1260	0,189	3,0
		T	0,1400	0,210	3,0
2	hlinitopísčité	Ú	0,0220	0,060	3,0
		Š	0,0250	0,065	3,0
		O	0,0290	0,066	3,0
		T	0,0300	0,067	3,0
3	hlinité	Ú	0,0100	0,100	3,0
		Š	0,0140	0,115	3,0
		O	0,0150	0,125	3,0
		T	0,0160	0,130	3,0
4	jílovitohlinité	Ú	0,0015	0,090	3,0
		Š	0,0055	0,140	3,0
		O	0,0060	0,145	3,0
		T	0,0070	0,155	3,0
5	jílovité	Ú	0,0010	0,080	3,0
		Š	0,0040	0,120	3,0
		O	0,0050	0,135	3,0
		T	0,0060	0,145	3,0

Kde: Ú – úhor (bez vegetace)
 Š – širokořádkové plodiny (okopaniny, kukuřice)
 O – úzkořádkové plodiny (obilniny, řepka)
 T – víceleté pícniny nebo trvalé travní porosty

Tab. 5 - Charakteristiky intercepce plodin pro různé typy vegetace [9]

Plodina	PLP [-]	PI [mm]	MN
Ú	0,00	0,00	0,030
Š	0,16	0,13	0,035
O	0,30	0,16	0,040
T	1,00	0,40	0,100

Kde: PLP – poměrná plocha listová
 PI – potenciální intercepce
 MN – Manningův součinitel drsnosti pro povrchový odtok

Výstupy modelu SMODERP tvoří:

- Charakteristiky povrchového odtoku (objem odtoku, vrcholový průtok, hloubka, rychlost, tangenciální napětí).
- Přípustná délka nepřerušného svahu.

Výstupy, které jsou presentovány v tabelární a grafické podobě, lze využít jako podklad pro návrh systémů protierozní ochrany a pro dimenzování jednotlivých prvků [9].

3.2.1. Aplikace modelu SMODERP v zájmovém území

Model SMODERP byl aplikován na jednotlivých blocích zemědělské půdy v zájmovém území, a to jak na pozemcích orné půdy, tak i na pozemcích, využívaných v současné době jako louky. Na půdních blocích byly navrženy charakteristické profily povrchového odtoku. Charakteristické profily byly voleny tak, aby dostatečně charakterizovaly odtokové poměry na každém půdním bloku. Celkem bylo v zájmovém povodí navrženo 24 charakteristických profilů. Některé profily jsou vedeny přes dva i více půdních bloků, pokud není na hranici sousedních bloků přerušeni povrchového odtoku, např. silničním nebo cestním příkopem.

Pro stanovení návrhové srážky byla použita data vypočtená programem DES_RAIN [10] pro meteorologickou stanicí Kralupy nad Vltavou. Pro půdní bloky, z nichž odtok vody nesměruje do intravilánu bylo uvažováno s periodicitou 5 let, pro půdní bloky s odtokem vody do intravilánu s periodicitou 10 let. Hodnoty redukovaných výšek srážek obou periodicit (pro jednotlivé doby trvání T) jsou uvedeny v **Tab.6**.

Tab. 6 - Srážkové úhrny periodicity 5 a 10 let v zájmovém území (meteorologická stanice Kralupy nad Vltavou) [10]

T [min]	H ₅ [mm]	H ₁₀ [mm]
10	15,43	18,75
15	17,51	21,56
20	19,16	23,80
30	21,74	27,36
40	24,12	30,17
50	25,20	31,53
60	26,12	32,68
90	28,29	35,40
120	29,94	37,42

Kde: T – doba trvání srážky

H₅ – srážkový úhrn od počátku srážky (periodicita 5 let)

H₁₀ – srážkový úhrn od počátku srážky (periodicita 10 let)

Půdní charakteristiky byly stanoveny na základě odběru a laboratorního vyhodnocení půdních vzorků, odebraných v rámci terénního průzkumu. V zájmovém území bylo odebráno celkem 6 půdních vzorků. Místa odběru půdních vzorků, uvedená v následujícím textu, jsou znázorněna v mapové příloze č. 05 – Schéma odtokových drah. Výsledky pedologického průzkumu tvoří přílohu č. 3 této studie, na tomto místě však jsou uvedeny pouze jeho celkové výsledky.

Tab. 7 - Celkové výsledky pedologického průzkumu

Číslo vzorku	NRSC USDA diagram	Klasifikace půdního druhu dle Nováka	
		Druh půdy	Klasifikace půdy
1	Jílovitá hlína	Hlinitá	Středně těžká
2	Jílovitá hlína	Hlinitá	Středně těžká
3	Hlína	Hlinitá	Středně těžká
4	Písčítá hlína	Písčitohlinitá	Středně těžká
5	Písčítá hlína	Písčitohlinitá	Středně těžká
6	Písčítá hlína	Písčitohlinitá	Středně těžká

Dle tohoto průzkumu byly půdy v zájmovém povodí zařazeny do 2 skupin. Pro všechny tyto půdní typy byly použity hodnoty součinitele hydraulické vodivosti K, sorptivity S (předchozí provlhčenosti půdy), půdní retence R, poměrné listové plochy PLP, potenciální intercepce PI a Manningova součinitele drsnosti pro povrchový odtok MN, uvedené v **Tab.8 a 9**.

Tab. 8 – Půdní charakteristiky pro půdní druhy v zájmovém území

Kód půdy	Sonda	Plodina	K [cm.min ⁻¹]	S [cm.min ^{-0,5}]	R [mm]
2	S4, S5, S6	Ú	0,0220	0,060	3,0
		Š	0,0250	0,065	3,0
		O	0,0290	0,066	3,0
		T	0,0300	0,067	3,0
3	S1, S2, S3	Ú	0,0100	0,100	3,0
		Š	0,0140	0,115	3,0
		O	0,0150	0,125	3,0
		T	0,0160	0,130	3,0

Kde: Ú – úhor (bez vegetace)
 Š – širokořádkové plodiny (okopaniny, kukuřice)
 O – úzkořádkové plodiny (obilniny, řepka)
 T – víceleté pícniny nebo trvalé travní porosty

Tab. 9 - Charakteristiky intercepce plodin [9]

Plodina	PLP [-]	PI [mm]	MN
Ú	0,00	0,00	0,030
Š	0,16	0,13	0,035
O	0,30	0,16	0,040
T	1,00	0,40	0,100

Kde: PLP – poměrná plocha listová
 PI – potenciální intercepce
 MN – Manningův součinitel drsnosti pro povrchový odtok

Každý půdní blok, respektive charakteristický profil, byl posuzován jednak pro stávající využití pozemku, jednak pro návrhový stav (možnost převedení z trvalého zatravnění na ornou půdu), pro dva možné typy vegetačního krytu, tj. pozemek s pěstováním úzkořádkových plodin O a travního krytu T (buď víceleté pícniny nebo trvalý travní kryt).

3.2.2. Výsledky simulace programu SMODERP

Překročení či nepřekročení přípustných délek svahu na jednotlivých pozemcích bylo posuzováno jednak pro současný stav využití půdy, jednak pro hypotetický stav možnosti převedení trvalých travních porostů na ornou půdu. Výsledky výpočtu přípustných délek pro jednotlivé půdní bloky jsou uvedeny přehledně pro současný stav využití půdy v **Tab.10**, pro stav po zornění lučních pozemků v **Tab.11**.

Tab. 10 - Přehled výsledků výpočtu erozní ohroženosti pozemků v zájmovém povodí – přípustné délky svahů pro jednotlivé plodiny (současný způsob využití půdy)

Číslo profilu	Pozemek číslo	Srážka [let]	Sonda číslo	L [m]	Současné využití	Přípustná délka pozemku [m]
1	P1	5	S4	422	R	nepřekročena
2	P2	5	S4	287	R	nepřekročena
3	P3	5	S3	402	R	nepřekročena
4	P4	5	S3	537	R	nepřekročena
5	P5	5	S3	262	R	nepřekročena
6	P6	5	S2	414	R	nepřekročena
7	P7	10	S2	421	R+L	214, 83, 124
8	P8	10	S1	106	R+L	nepřekročena
9	P9	10	S1	171	R+L	nepřekročena
10	P10	10	S1	181	R+L	nepřekročena
11	P11	10	S6	242	R+L	62, 126, 54
12	P12	5	S6	136	R	nepřekročena
13	P13	5	S3	199	R	nepřekročena
14	P14	5	S3	182	R	nepřekročena
15	P15	5	S3	179	R	nepřekročena
16	P16	5	S6	224	R	nepřekročena
17	P17	5	S6	485	R	309, 79, 97
18	P18	5	S6	128	R	nepřekročena
19	P19	5	S5	375	R	nepřekročena
20	P20	5	S3	294	R	nepřekročena
21	P21	5	S4	412	R	nepřekročena
22	P22	5	S4	83	R	nepřekročena
23	P23	5	S5	387	R	nepřekročena
24	P24	5	S4	173	R	nepřekročena

Tab. 11 - Přehled výsledků výpočtu erozní ohroženosti pozemků v zájmovém území – přípustné délky svahů (všechny pozemky využity jako role)

Číslo profilu	Pozemek číslo	Srážka (let)	Sonda číslo	L (m)	L_p [m] pro úzkořádkové plodiny	L_p [m] pro TTP
1	P1	5	S4	422	nepřekročena	nepřekročena
2	P2	5	S4	287	nepřekročena	nepřekročena
3	P3	5	S3	402	nepřekročena	nepřekročena
4	P4	5	S3	537	nepřekročena	nepřekročena
5	P5	5	S3	262	nepřekročena	nepřekročena
6	P6	5	S2	414	nepřekročena	nepřekročena
7	P7	10	S2	421	214, 36, 46, 125	233, 188
8	P8	10	S1	106	72, 34	nepřekročena
9	P9	10	S1	171	54, 54, 63	nepřekročena
10	P10	10	S1	181	nepřekročena	nepřekročena
11	P11	10	S6	242	62, 126, 54	nepřekročena
12	P12	5	S6	136	nepřekročena	nepřekročena
13	P13	5	S3	199	nepřekročena	nepřekročena
14	P14	5	S3	182	nepřekročena	nepřekročena
15	P15	5	S3	179	nepřekročena	nepřekročena
16	P16	5	S6	224	nepřekročena	nepřekročena
17	P17	5	S6	485	309, 79, 97	nepřekročena
18	P18	5	S6	128	nepřekročena	nepřekročena
19	P19	5	S5	375	nepřekročena	nepřekročena
20	P20	5	S3	294	nepřekročena	nepřekročena
21	P21	5	S4	412	nepřekročena	nepřekročena
22	P22	5	S4	83	nepřekročena	nepřekročena
23	P23	5	S5	387	nepřekročena	nepřekročena
24	P24	5	S4	173	nepřekročena	nepřekročena

Z výsledků simulací, uvedených v **Tab.10** vyplývá, že současný stav využití půdy v zájmovém povodí je poměrně vhodně volen pro omezení erozních procesů (s výjimkou pozemků č. 7, 11, a 17). V případě převedení všech pozemků na ornou půdu by byly erozně ohroženy i pozemky č. 8 a 9 (viz **Tab.11**).

3.3. Porovnání metod USLE a SMODERP a volba metody pro návrh opatření

Pro posouzení erozní ohroženosti byly použity dvě základní metody, a to empirická metoda univerzální rovnice ztráty půdy Wischmeier-Smith (USLE – Universal Soil Loss Equation) a matematický simulační model povrchového odtoku a erozního procesu SMODERP.

Z výsledků uvedených v **Tab. 3** vyplývá, že při posouzení erozní ohroženosti zájmového území pomocí empirické metody univerzální rovnice USLE, jsou erozně

ohroženy pozemky č. 1, 6, 7, 8, 9, 11, 12 a 13. V případě použití simulačního modelu erozního procesu SMODERP jsou erozně ohroženy pozemky 7, 8, 9, 11 a 17 (**viz Tab. 11**).

Přestože byla metoda řešení erozních ohroženosti pozemků pomocí simulačního modelu SMODERP odvozena na základě zcela jiných předpokladů a principů než metoda USLE, jsou výsledky získané z obou metod z větší části shodné. Z tohoto důvodu byla pro návrh protierozních opatření na zájmové oblasti řešeného povodí použita kombinace obou výše uvedených metod.

Pro tento případ (a pro pozemky č. 1, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13 a 17) byl proveden návrh opatření proti vodní erozi v zájmovém území. Při návrhu protierozních opatření se vycházelo ze zásady návrhu, pokud možno jednoduchých opatření (záměna plodin, trvalé zatravnění) v nezbytně nutné míře.

Výsledky návrhu opatření proti vodní erozi jsou přehledně vyznačeny v mapové příloze

č. 06 – Situace navrhovaných opatření. Z této mapy vyplývají následující doporučení:

- Na půdních blocích bez označení lze ponechat současný stav využití půdy.
- Půdní bloky nebo jejich části, označené zeleným šrafováním by měly být trvale zatravněny.
- Na půdních blocích nebo jejich částech, označených žlutým šrafováním by mělo být trvalé zatravnění zachováno.

Podrobný popis opatření proti vodní erozi na jednotlivých půdních blocích je uveden v **Kap.4**.

3.3.1. Výpočet ztráty půdy na pozemcích povodí metodou USLE (výhledový stav využívání pozemků – stav po realizaci protierozních opatření)

Tab. 12 - Výpočet ztráty půdy dle USLE var. I. (K faktor určen na základě HPJ z databáze bonitovaných půdně ekologických jednotek BPEJ) – výhledový stav

Číslo pozemku	A [ha]	Lp [m]	Sklon [%]	S faktor	L faktor	K faktor	C faktor	G [t/ha.r]	G [t/r]	Ohroženost [max 4 t/ha.r]
P1	27,64	495,5	5,6	0,56	3,66	0,26	0,11	2,26	62,55	Neohroženo
P2	7,72	287,0	4,5	0,42	2,66	0,37	0,12	2,02	15,56	Neohroženo
P3	9,23	424,3	4,6	0,46	3,12	0,34	0,12	2,38	21,97	Neohroženo
P4	12,87	527,7	4,9	0,56	3,51	0,39	0,12	3,74	48,14	Neohroženo
P5	3,93	297,6	5,3	0,57	2,90	0,38	0,12	3,05	11,96	Neohroženo
P6	15,66	381,6	7,4	0,86	3,77	0,41	0,08	3,97	62,21	Neohroženo
P7	11,86	380,9	8,8	1,40	4,10	0,45	0,03	3,47	41,11	Neohroženo
P8	5,14	126,2	13,5	2,24	2,67	0,42	0,01	0,51	2,62	Neohroženo
P9	5,21	203,0	13,3	1,96	3,48	0,31	0,06	0,42	2,18	Neohroženo
P10	3,59	198,7	5,9	0,53	2,56	0,25	0,06	0,79	2,82	Neohroženo
P11	7,24	257,0	10,1	1,05	3,59	0,44	0,07	3,48	27,76	Neohroženo
P12	2,86	136,2	7,3	1,08	2,32	0,37	0,11	2,71	7,76	Neohroženo
P13	4,36	192,2	8,3	0,93	2,86	0,20	0,12	2,25	9,79	Neohroženo
P14	1,22	189,7	2,2	0,19	1,72	0,34	0,12	0,54	0,67	Neohroženo
P15	1,14	128,6	2,8	0,23	1,68	0,15	0,12	0,28	0,32	Neohroženo

P16	2,89	231,2	3,5	0,29	2,20	0,16	0,06	0,50	1,44	Neohroženo
P17	8,76	485,0	5,4	0,54	3,55	0,31	0,12	1,39	12,16	Neohroženo
P18	1,32	122,1	4,3	0,45	1,89	0,16	0,12	0,65	0,86	Neohroženo
P19	9,01	443,5	3,9	0,39	2,91	0,17	0,12	0,91	8,18	Neohroženo
P20	2,94	293,8	3,8	0,32	2,48	0,16	0,12	0,60	1,76	Neohroženo
P21	4,58	411,7	4,9	0,46	3,18	0,18	0,12	1,28	5,85	Neohroženo
P22	2,28	105,3	4,4	0,42	1,79	0,17	0,12	0,60	1,35	Neohroženo
P23	14,82	392,7	2,5	0,27	2,21	0,18	0,12	0,52	7,75	Neohroženo
P24	1,63	191,7	1,7	0,19	1,59	0,24	0,12	0,34	0,56	Neohroženo
Celkem								39,01	357,34	

Tab. 13 - Výpočet ztráty půdy dle USLE var. II. (K faktor určen na základě výsledků vlastního pedologického průzkumu) – výhledový stav

Číslo pozemku	Číslo sondy	A [ha]	Lp [m]	Sklon [%]	S faktor	L faktor	K faktor	C faktor	G [t/ha.r]	G [t/r]	Ohroženost [max 4 t/ha.r]
P1	S4	27,64	495,5	5,6	0,56	3,66	0,42	0,11	3,70	102,18	Neohroženo
P2	S4	7,72	287,0	4,5	0,42	2,66	0,42	0,12	2,28	17,56	Neohroženo
P3	S3	9,23	424,3	4,6	0,46	3,12	0,30	0,12	2,07	19,14	Neohroženo
P4	S3	12,87	527,7	4,9	0,56	3,51	0,30	0,12	2,84	36,58	Neohroženo
P5	S3	3,93	297,6	5,3	0,57	2,90	0,30	0,12	2,37	9,33	Neohroženo
P6	S2	15,66	381,6	7,4	0,86	3,77	0,39	0,08	3,80	59,59	Neohroženo
P7	S2	11,86	380,9	8,8	1,40	4,10	0,39	0,03	3,00	35,55	Neohroženo
P8	S1	5,14	126,2	13,5	2,24	2,67	0,45	0,01	0,54	2,77	Neohroženo
P9	S1	5,21	203,0	13,3	1,96	3,48	0,45	0,06	0,62	3,21	Neohroženo
P10	S1	3,59	198,7	5,9	0,53	2,56	0,45	0,06	1,45	5,18	Neohroženo
P11	S6	7,24	257,0	10,1	1,05	3,59	0,34	0,07	2,98	21,55	Neohroženo
P12	S6	2,86	136,2	7,3	1,08	2,32	0,34	0,11	2,47	7,06	Neohroženo
P13	S6	4,36	192,2	8,3	0,93	2,86	0,34	0,12	3,82	16,65	Neohroženo
P14	S3	1,22	189,7	2,2	0,19	1,72	0,30	0,12	0,47	0,58	Neohroženo
P15	S3	1,14	128,6	2,8	0,23	1,68	0,30	0,12	0,56	0,64	Neohroženo
P16	S6	2,89	231,2	3,5	0,29	2,20	0,34	0,06	1,03	2,98	Neohroženo
P17	S6	8,76	485,0	5,4	0,54	3,55	0,34	0,12	1,52	13,30	Neohroženo
P18	S6	1,32	122,1	4,3	0,45	1,89	0,34	0,12	1,38	1,82	Neohroženo
P19	S5	9,01	443,5	3,9	0,39	2,91	0,38	0,12	2,07	18,66	Neohroženo
P20	S3	2,94	293,8	3,8	0,32	2,48	0,30	0,12	1,15	3,38	Neohroženo
P21	S4	4,58	411,7	4,9	0,46	3,18	0,42	0,12	2,95	13,51	Neohroženo
P22	S4	2,28	105,3	4,4	0,42	1,79	0,42	0,12	1,51	3,44	Neohroženo
P23	S5	14,82	392,7	2,5	0,27	2,21	0,38	0,12	1,09	16,12	Neohroženo
P24	S4	1,63	191,7	1,7	0,19	1,59	0,42	0,12	0,60	0,98	Neohroženo
Celkem									46,27	411,76	

Vysvětlivky:

A Plocha pozemku příslušející charakteristickému profilu [ha]

Lp Délka charakteristického profilu svahu [m]

3.4. Metoda řešení transportních procesů SDR

Metodika pro řešení transportních procesů v povodí slouží ke stanovení celkového průměrného ročního množství erozních smyvů ze zemědělského půdního fondu v zájmovém povodí a určení množství půdních částic, které mohou být transportovány povodňovými průtoky do prostoru obce. Je nutno upozornit na skutečnost, že výsledkem řešení je odborný odhad hodnoty ročního transportu sedimentů.

Vzhledem k tomu, že ne všechny půdní částice, uvolněné ze zemědělských pozemků povodí jsou transportovány hydrografickou sítí dále (sedimentace půdních částic ve vlastním povodí), stanoví se množství transportovatelných půdních částic z povodí redukcí množství uvolněných půdních částic poměrem odnosu SDR, který byl určen dle vztahu J.R. Williamse ve tvaru:

$$SDR = 1,366 \cdot 10^{-11} \cdot F^{-0,0998} \cdot RP^{0,3629} \cdot CN^{5,444}$$

Kde: SDR je poměr odnosu půdních částic [-]

F plocha povodí [km²]

RP reliéfový poměr [m/km]

CN průměrné číslo odtokové křivky z povodí [-] [7]

3.4.1. Aplikace metody SDR v zájmovém území

Řešení problematiky transportních procesů je možno rozdělit do dvou kroků:

- Určení potenciální průměrné roční ztráty půdy pro každý půdní blok zkoumaného dílčího povodí.
- Stanovení transportovatelného množství půdních částic uzávěrovým profilem celého povodí.

Podklady pro použití metodiky transportních procesů v povodí tvoří:

- vodohospodářská mapa 1:50 000
- základní mapy 1:10 000 s výškovou odlehlostí vrstevnic 2 nebo 5 m
- mapy půdních charakteristik, doplněné vlastním pedologickým průzkumem
- základní informace o osevních postupech, výměrách pozemků, zatřídění pozemků dle kultur, zpracované na základě výsledků terénního průzkumu
- výsledky terénního průzkumu (odtokové dráhy, přerušení drah povrchového odtoku, stav polních cest).

Postup práce lze charakterizovat těmito body:

- V mapě 1:50 000 byla definována hranice povodí k uzávěrovému profilu (viz mapová příloha č.01 – Zákes do vodohospodářské mapy).
- Rozvodí zájmového území bylo vyznačeno v mapách 1:10 000 (viz mapová příloha č. 05 – Schéma odtokových drah).

- Byly zjištěny a vyznačeny jednotlivé bloky zemědělské půdy vyskytující se v zájmové území (viz mapová příloha č. 03 – Zákres dílů půdního bloku). Výměry jsou uvedeny v **Tab.1** - Přehled půdních bloků v zájmovém území. Z důvodu bilance kultur v povodí byly zakresleny všechny bloky zemědělské půdy, a nikoliv pouze bloky orné půdy.
- Byl proveden tabelární výpis bloků zemědělské půdy v daném povodí.
- Pro povodí byl určen podíl orné půdy, luk, pastvin, lesa, intravilánu a vodních ploch. Všechny plochy byly určeny planimetrováním z map 1:10 000.
- V mapě 1:10 000 byly navrženy na všech pozemcích charakteristické profily povrchového odtoku (viz mapová příloha č. 05 – Schéma odtokových drah).
- Pro každý charakteristický profil byla určena průměrná roční ztráta půdy podle rovnice USLE (Wischmeier-Smith).
- Pro každý půdní blok byla určena dle USLE průměrná roční ztráta půdy G [$t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$].
- Pro každý půdní blok byla určena průměrná roční ztráta půdy G_c ($t \cdot rok^{-1}$) dle vztahu $G_c = G_i \cdot F_i$

Kde: G_i je vypočtená průměrná roční ztráta půdy pro daný půdní blok [$t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$]

F_i – výměra půdního bloku [ha]

Průměrná roční ztráta půdy G_o ze všech pozemků dílčího povodí byla určena jako součet ztráty půdy na všech půdních blocích v povodí.

- Pro celé povodí byla určena celková roční ztráta půdy [$t \cdot rok^{-1}$] ze všech zemědělských pozemků, vztažená na plochu zemědělské půdy a plochu celého povodí.
- Bylo provedeno stanovení transportovatelného množství půdních částic z povodí redukcí množství uvolněných půdních částic poměrem odnosu SDR, který byl určen dle vztahu J.R.Williamse.

Reliéfový poměr RP je dán poměrem převýšení průměrného nejvyššího a nejnižšího místa dílčího povodí a největší délky odtokové dráhy povodí. Oba údaje byly odměřeny z map 1:10 000.

Průměrná hodnota odtokové křivky CN z povodí byla stanovena váženým průměrem CN křivek pro jednotlivé plochy povodí (orná půda, louky, lesy, pastviny, vodní plochy, intravilán, cesty) a velikosti těchto ploch (z celkové bilance ploch v povodí).

- Pro celé povodí bylo určeno množství transportovatelných půdních částic G_p vynásobením průměrné roční ztráty ze všech zemědělských pozemků poměrem odnosu pro dané povodí.
- Výše uvedeným způsobem bylo postupováno až k uzávěrovému profilu celého povodí. Výstupem výpočtu je průměrné roční množství splavenin, pocházejících z erozních procesů na zemědělské půdě, procházející uzávěrovým profilem povodí.

3.4.2. Aplikace metody odhadu transportu půdních částic v zájmovém území (současný stav využití pozemků)

Celková plocha zájmového povodí je 1,772 km² (planimetrováním z map 1 : 10 000). Uzávěrový profil povodí se nachází v místě nátoky vody do stávající vpusti dešťové kanalizace v obci Zeměchy u Kralup. Bilance ploch je uvedena v **Tab.14**.

Tab. 14 - Bilance ploch v povodí (současný stav) [ha]

Orná půda	Louky, pastviny (půdní bloky)	Lad	Louky (mimo půdní bloky) a mimolesní zeleň	Celkem ZPF
154,560	0,000	0,000	10,126	164,687
Intravilán	Cesty, silnice	Lesy	Vodní plochy	Celkem
0,052	1,154	11,293	0,000	12,499

Pro celé povodí v zájmovém území byly z map 1 : 10 000 určeny tyto hodnoty:

- celková plocha povodí [ha]
- čísla půdních bloků a jejich výměra
- plocha orné půdy [ha]
- plocha luk a pastvin [ha]
- plocha lesa [ha]
- plocha intravilánu [ha]
- plocha cest a silnic [ha]
- vodní plochy [ha]
- délka odtokové dráhy [km], určená jako délka nejdelší údolnice povodí
- převýšení [m] jako rozdíl průměrné nadmořské výšky rozvodnice a nadmořské výšky uzávěrového bodu povodí

Dále byl proveden výpočet průměrného ročního transportovatelného množství půdních částic uzávěrovým profilem povodí zájmového území. Pro každý typ plochy byly určeny hodnoty CN-křivky. Hodnoty průměrných CN-křivek jsou pro současný stav uvedeny v **Tab.15**.

Tab. 15 – Stanovení průměrných hodnot CN – křivek (současný stav)

Typ plochy	Plocha [ha]	Plocha celkem [ha]	Číslo CN	Hodnoty CN	Průměrná hodnota CN
Orná půda	154,560	177,186	76	11746,60	74,38
Louky, pastviny	10,126		58	587,33	
Lesy	11,293		66	745,31	
Cesty, silnice	1,154		82	94,61	
Intravilán	0,052		98	5,14	

Pro zájmové území byla určena hodnota průměrné CN-křivky jako vážený průměr hodnot CN-křivek pro jednotlivé typy ploch a jejich výměry.

Pro výpočet celkového transportovaného množství splavenin z povodí byla hodnota celkové ztráty ze zemědělské půdy redukována poměrem odnosu SDR (**Tab.16**). Hodnota redukčního součinitele SDR udává podíl částic z celkového uvolněného množství, které je z pozemku transportováno až do uzávěrového profilu zájmového povodí.

Tab. 16 - Určení poměru odnosu pro povodí (současný stav)

F [km ²]	RP [m/km]	CN	SDR
1,772	25,71	74,38	0,646

Součinem poměru odnosu a celkové ztráty půdních částic ze zemědělské půdy byla pro zájmové povodí určena hodnota celkového transportovaného množství půdních částic [t.rok⁻¹]. Tato hodnota je uvedena v **Tab.17**.

Tab. 17 - Celkový transport sedimentu z povodí k uzávěrovému profilu povodí (současný stav)

G [t/rok]	SDR	Gred [t/rok]	Odtok sedimentu [m ³ /rok] *)
633,82	0,646	409,75	315,19

*) Měrná hmotnost sedimentu uvažována průměrnou hodnotou 1,3 t/m³.

Uvedené hodnoty reprezentují průměrné roční množství sedimentu, které prochází uzávěrovým profilem zájmového povodí. V další části je proveden výpočet transportovatelného množství půdních částic při realizaci protierozních opatření

3.4.3. Aplikace metody odhadu transportu půdních částic v zájmovém území (stav využití pozemků po realizaci navržených protierozních opatření – výhledový stav)

Celková plocha zájmového povodí je 1,772 km² (planimetrováním z map 1 : 10 000). Uzávěrový profil povodí se nachází v místě nátoky vody do stávající vpusti dešťové kanalizace v obci Zeměchy u Kralup. Bilance ploch pro výhledový stav je uvedena v **Tab.18**.

Tab. 18 - Bilance ploch v povodí (výhledový stav) [ha]

Orná půda	Louky, pastviny (půdní bloky)	Lad	Louky (mimo půdní bloky) a mimolesní zeleň	Celkem ZPF
124,004	0,000	0,000	40,683	164,687
Intravilán	Cesty, silnice	Lesy	Vodní plochy	Celkem
0,052	1,154	11,293	0,000	12,499

Podle zásad, uvedených v kapitole 3.4 byl proveden výpočet průměrné roční ztráty půdy pro všechny pozemky s tím, že do výpočtu byly promítnuty změněné vstupní hodnoty na pozemcích, na nichž byla navržena protierozní opatření systémem záměny plodin. Výsledky výpočtu průměrné roční ztráty půdy podle rovnice USLE pro stav po realizaci protierozních opatření (výhledový stav) jsou uvedeny v **Tab.13**.

Dále byl proveden výpočet průměrného ročního transportovatelného množství půdních částic uzávěrovým profilem povodí zájmového území. Pro každý typ plochy byly určeny hodnoty CN-křivky. Hodnoty průměrných CN-křivek jsou pro výhledový stav uvedeny v **Tab.19**.

Tab. 19 - Stanovení průměrných hodnot CN – křivek (výhledový stav)

Typ plochy	Plocha [ha]	Plocha celkem [ha]	Číslo CN	Hodnoty CN	Průměrná hodnota CN
Orná půda	124,004	177,186	76	9424,29	71,28
Louky, pastviny	40,683		58	2359,61	
Lesy	11,293		66	745,31	
Cesty, silnice	1,154		82	94,61	
Intravilán	0,052		98	5,14	

Pro zájmové území byla určena hodnota průměrné CN-křivky jako vážený průměr hodnot CN-křivek pro jednotlivé typy ploch a jejich výměry.

Pro výpočet celkového transportovaného množství splavenin z povodí byla hodnota celkové ztráty ze zemědělské půdy redukována poměrem odnosu SDR (**Tab.20**). Hodnota redukčního součinitele SDR udává podíl částic z celkového uvolněného množství, které je z pozemku transportováno až do uzávěrového profilu zájmového povodí.

Tab. 20 - Určení poměru odnosu pro povodí (výhledový stav)

F [km ²]	RP [m/km]	CN	SDR
1,772	25,71	71,28	0,513

Součinem poměru odnosu a celkové ztráty půdních částic ze zemědělské půdy byla pro zájmové povodí určena hodnota celkového transportovaného množství půdních částic [t.rok⁻¹]. Tato hodnota je uvedena v **Tab.21**.

Tab. 21 - Celkový transport sedimentu z povodí k uzávěrovému profilu povodí (výhledový stav)

G [t/rok]	SDR	Gred [t/rok]	Odtok sedimentu [m ³ /rok] *)
411,76	0,513	211,06	162,35

*) Měrná hmotnost sedimentu uvažována průměrnou hodnotou 1,3 t/m³.

Uvedené hodnoty reprezentují průměrné roční množství sedimentu, které prochází uzávěrovým profilem zájmového povodí. Porovnáním **Tab.17** s **Tab.21** vyplývá, že rozdíl transportovaného množství půdních částic pro současný stav a pro stav po realizaci protierozních opatření se výrazně mění. Dochází k cca 52 % poklesu transportovaného množství půdních částic ze současného stavu na návrhový (převod současně využívaných pozemků jako orná půda na luční).

Zachycení sedimentu v navrhované suché nádrži v povodí nebylo uvažováno vzhledem k tomu, že nádrž je relativně malá.

4. NÁVRH OPATŘENÍ PROTI VODNÍ EROZI

Cílem navržených opatření je zvýšení ekologické stability zájmového území, zlepšení stavu půdy z hlediska odolnosti proti vodní erozi, zajištění trvalé úrodnosti půdy, vytvoření podmínek pro oživení a celkové zlepšení vzhledu krajiny návrhem vhodného stupně ozelenění krajiny. Komplexní návrh opatření spočívá ve vzájemném spolupůsobení jednotlivých navržených opatření, a proto je nutno navržená opatření realizovat v takovém rozsahu, v jakém byla navržena.

V dalším textu jsou pak podrobně popsány jednotlivé typy navrhovaných opatření.

4.1. Využívání půdního fondu

Číslo profilu	Číslo pozemku	Plocha [ha]	Současné využití	Návrh opatření
1	P1	27,64	R	Trvalé zatravnění spodní části pozemku nad vrstevnicí 242,00 m n.m., zbylá část pozemku orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
2	P2	7,72	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
3	P3	9,23	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
4	P4	12,87	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
5	P5	3,93	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
6	P6	15,66	R	Trvalé zatravnění spodní části pozemku po vrstevnici 244,00 m n.m., zbylá část pozemku orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
7	P7	11,86	R+L	Střední část pozemku louka – zachovat, jižní část trvalé zatravnění, odstranění části keřových porostů po vrstevnici 224,00 m n.m. - prostor zátopů, severní část trvalé zatravnění po vrstevnici 244 m n.m., zbylá část pozemku orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
8	P8	5,14	R+L	Jižní část pozemku louka – zachovat, severní část trvalé zatravnění na celé části pozemku
9	P9	5,21	R+L	Jižní část pozemku louka – zachovat, severní část trvalé zatravnění na celé části pozemku
10	P10	3,59	R+L	Východní část pozemku louka – zachovat, jižní část trvalé zatravnění až po vrstevnici 226,00
11	P11	7,24	R+L	Části pozemku využity jako louka (meze) – ponechat, jižní část pozemku trvalé zatravnění, zbylá část pozemku orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
12	P12	2,86	R	Jižní část pozemku trvalé zatravnění, zbylá část pozemku orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat

13	P13	4,36	R	Západní část pozemku trvalé zatravnění, zbylá část pozemku orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
14	P14	1,22	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
15	P15	1,14	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
16	P16	2,89	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
17	P17	8,76	R	Východní část pozemku trvalé zatravnění po vrstevnici 250,00 m n.m, zbylá část pozemku orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
18	P18	1,32	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
19	P19	9,01	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
20	P20	2,94	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
21	P21	4,58	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
22	P22	2,28	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
23	P23	14,82	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat
24	P24	1,63	R	Orná půda – úzkořádkové plodiny – zachovat

Vysvětlivky:

R Standardní orná půda

L Louky, pastviny

Na základě výsledků výpočtu erozní ohroženosti pozemků v zájmovém území provedených simulačním modelem erozního procesu SMODERP pro jednotlivé plodiny, uvedených v **Tab. 11**, byl jako optimální prvek pro snížení erozní ohroženosti jednotlivých ohrožených pozemků vybrán způsob převedení těchto pozemků na trvalý travní porost. Tento způsob zajišťuje, že nebude docházet k překračování přípustných délek svahů erozně ohrožených pozemků. Umožňuje zabránit tomu, aby docházelo k přechodu z plošného odtoku na odtok soustředěný a následnému vytvoření povodňové vlny s odnosem velkého množství půdních částic z polí do prostoru obce. Z výše uvedených výsledků je patrné, že změnou druhu využití pozemků lze dosáhnout výrazného snížení erozní (a tedy i povodňové) ohroženosti území (viz **Tab. 3 a 13**).

Dalším opatřením pro zlepšení stavu pozemků orné půdy proti vodní erozi je, aby se na pozemcích zájmového území hospodařilo dle zásad dobré zemědělské praxe. V současné době je na velké části polí hospodařeno způsobem, který se s těmito zásadami neshoduje (např. orba kolmo na vrstevnice). Orba kolmo na vrstevnice vytváří preferenční rýžky, které umožňují spolu s velikostí jednotlivých pozemků a morfologií terénu prodloužení odtokových drah a vznik soustředěného odtoku.

5. ŘEŠENÍ POVRCHOVÉHO ODTOKU

Dle posledních zaznamenaných povodňových situací je možno říci, že je obec Zeměchy ohrožována především letními bleskovými povodněmi, které se vyskytují zejména na přelomu srpna a září (k poslední bleskové povodni došlo ve večerních hodinách dne 9. 9. 2012). Tyto povodně jsou charakteristické přívalovými dešti o vysoké intenzitě a krátké době trvání, kdy se voda dopadající na povrch pozemků poměrně rychle přeměňuje z plošného na soustředěný odtok a odnáší s sebou velké množství erodovaných částic půdy, které jsou transportovány do prostoru obce.

V obci je částečně vybudována dešťová kanalizace, která umožňuje odtok vody dále do recipientu. (Podrobný popis odvádění dešťových vod z intravilánu obce je uveden v **Kap. 2.7.**)

Pro návrh a posouzení protipovodňových opatření byl proveden výpočet odtoku vody z jednotlivých dílčích povodí a následně odvozen celkový odtok vody v uzávěrném profilu pro celé povodí zájmového území. K určení návrhových charakteristik povodňových vln vyvolaných přívalovými dešti byl použit hydrologický srážkoodtokový model DesQ-MaxQ.

5.1. Charakteristika programu DesQ-MaxQ

Program provádí výpočet na základě hydrologického modelu DesQ-MaxQ, který vyvinul Prof. F. Hrádek. Tento model je určen pro stanovení návrhových charakteristik povodňových vln v nepozorovaných profilech malých povodí vyvolaných přívalovými dešti a výpočet ovlivnění maximálních průtoků a objemů povodňových vln změnou charakteristik povodí. [11]

5.2. Svahový odtok

Svahový odtok je nejvýznamnějším procesem, ovlivňujícím odtok v údolnici na povodích drobných vodních toků s málo rozvinutou hydrografickou sítí. Pro řešení svahového odtoku se využívají hydrologicko-hydraulické závislosti, které lze nejjednodušeji odvodit pro „idealizovanou elementární odtokovou plochu (IEOP)“. Tuto plochu lze definovat jako nakloněnou desku s homogenním nepropustným povrchem. S využitím hydrologicko-hydraulických závislostí, odvozených pro IEOP, lze odvodit závislosti platné pro přírodní „elementární odtokovou plochu“ (svah povodí), která je definována jako nakloněná deska s homogenním propustným povrchem a přírodním pokryvem.

EOP představují svahy „modelového povodí“, kterým schematizujeme přírodní povodí (prototyp) za účelem matematického modelování odtoku v uzávěrové profilu povodí.

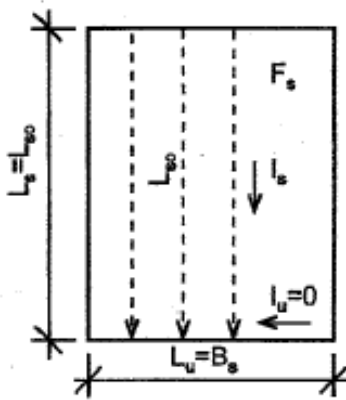
Hydraulické řešení vychází z modelu kinematické vlny, který využívá zjednodušených St. Venantových rovnic.

Předpoklady řešení:

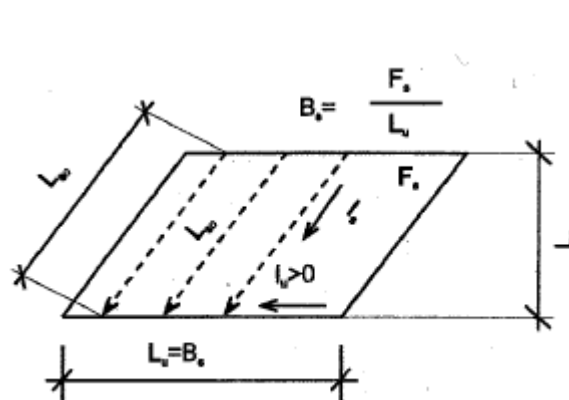
- Půdorysný průmět idealizované elementární plochy je schematizován nejjednodušeji obdélníkem. Dráhy svahového odtoku (spádnice) jsou kolmé k patě svahu a navzájem rovnoběžné. Délka dráhy svahového odtoku L_{SO} je rovna délce svahu L_s . Pro další řešení

odtoku se uvažuje schematizace svahu kosodélníkem (aby byla zachována definice povodí). Dráhy svahového odtoku nejsou kolmé k údolnici, jsou navzájem rovnoběžné.

- Svah je uvažován propustný, pokryv svahu, geologické a půdní poměry odpovídají přírodnímu povodí. Průměrné charakteristiky těchto poměrů se odvozují váženým průměrem dle plošného zastoupení půdních druhů, způsobu využívání pozemků v povodí apod.
- Elementární odtoková plocha je zasažena „efektivním deštěm“ konstantní intenzity a rovnoměrného plošného rozložení. Efektivní dešť představuje přítok na svah, jehož objem je rovný objemu odtoku.



Obr. 26 - Schematizace povodí obdélníkem



Obr. 27 - Schematizace povodí kosodélníkem

Základní rovnice pro řešení svahového odtoku na IEOP:

- Průtok: $Q = S \cdot v$

Kde: S průtočná plocha, $S = y \cdot B_s$
 v střední profilová rychlost
 B_s šířka svahu
 y výška odtokové vrstvy

- Chézyho rovnice: $v = C \cdot R^{1/2} \cdot I^{1/2}$

Kde: C ztrátový rychlostní součinitel, $C = C_1 \cdot y^d$
 C_1 drsnostní charakteristika (Manning $C_1 = 1/n$, $d = 1/6$)
 d parametr vyjadřující vliv výšky odtokové vrstvy y
 R hydraulický poloměr, $R = S/O \approx y$
 O omočený obvod

- Střední profilová rychlost – obecný tvar Chézyho rovnice: $v = a \cdot y^{b-1}$

Kde: $a = f(C_1, I)$
 b exponent závislý na volbě drsnostní charakteristiky
(Manning $a = 1/n \cdot I^{1/2}$, $b = 5/3$)

- Rovnice ustálené hladiny vody na svahu: $y = f(x)$
Při zasažení celého svahu deštěm konstantní intenzity dochází od začátku svahu postupně k ustálení hladiny vody v jednotlivých profilech (x).
- Střední profilová rychlost v profilu (x) při ustálené hladině vody na svahu: $v_x = f(x)$
- Časový průběh rychlosti v profilu (x) : $v_x = f(t)$
- Průtok q v profilu (x) při ustálené hladině: $q = f(x)$
- Časový průběh průtoku v profilu (x) : $q_x = f(t)$
- Maximální průtok q_L v uzávěrovém profilu (patě svahu), při ustálené hladině: $q_L = i \cdot L$
- Maximální průtok z celé šířky svahu: $Q_L = q_L \cdot B_S$
- Doba koncentrace na svahu
Je definována jako doba, za kterou se v uzávěrném profilu soustředí voda z celé plochy svahu, za uvedených předpokladů dojde k ustálení hladiny vody po celé délce svahu. V uzávěrném profilu svahu se vytvoří maximální výška vrstvy vody y_L , při níž protéká maximální průtok q_L .

Poznámka:

Doba koncentrace je často definována jako nejdelší doba doběhu částice vody z povodí do posuzovaného (uzávěrného) profilu. Odvozuje se z průměrných profilových rychlostí, kdy se předpokládá, že rychlost v_x se v profilu (x) s narůstáním vrstvy vody y nemění.

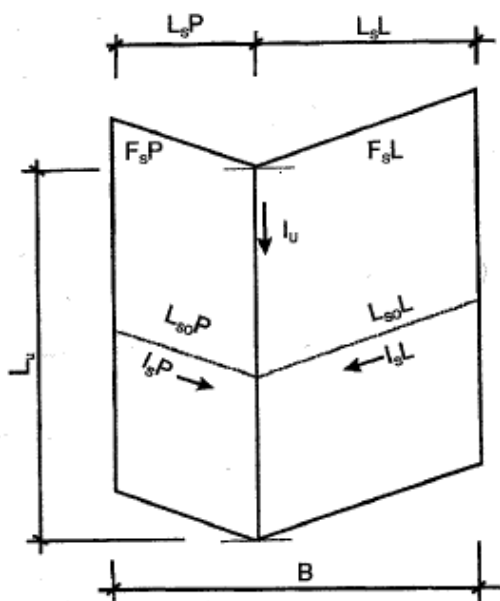
Varianty řešení maximální intenzity odtoku ze svahu:

- Varianta S1 – Výpočet maximální, největší možné intenzity odtoku ze svahu, zvolené doby opakování. Předpokládá se, že maximální odtok je vyvolán přívalovým deštěm kritické doby trvání. Kritická doba trvání přítoku na svah je doba trvání efektivního deště. Podmínkou vzniku maximální intenzity odtoku ze svahu je rovnost doby trvání přítoku a doby koncentrace na svahu. Maximální intenzita přítoku nastává v době ukončení přítoku. Maximální intenzita odtoku vypočtená dle této varianty je největší možnou intenzitou odtoku z daného svahu, která je vyvolaná přívalovým deštěm zvolené doby opakování. Varianta S1 umožňuje výpočet maximálního návrhového průtoku Q_N , zvolené doby opakování, vyvolané přívalovými dešti.
- Varianta S2 – Výpočet maximální intenzity odtoku ze svahu při zadané době trvání deště. Maximální intenzita odtoku nastává v době koncentrace a trvá až do ukončení přítoku. Maximální intenzita odtoku vypočtená dle této varianty je vždy menší než maximální intenzita odtoku vypočtená dle Varianty S1. S rostoucí dobou trvání výpočtového deště (přítoku na svah) maximální intenzita přítoku klesá. Varianta se používá pro výpočet maximálních návrhových průtoku Q_N v případech, kdy odvozená kritická doba trvání deště je větší než reálná maximální doba trvání přívalového deště.

- Varianta S3 – Výpočet maximální intenzity odtoku ze svahu při zadané době trvání deště. Maximální intenzita odtoku nastává v době ukončení přítoku t_{sp} . Maximální intenzita odtoku vypočtená dle této varianty je vždy menší než maximální intenzita odtoku vypočtená dle Varianty S1. Kulminace hydrogramu nastává v době koncentrace na svahu, ale dříve než v době ukončení přítoku.

5.3. Maximální odtok z modelového prostředí

Přírodní povodí (prototyp) je schematizováno modelovým prostředím ve tvaru otevřené knihy s rovinnými svahy se společnou patou v údolnici.



Obr. 28 - Modelové povodí

5.3.1. Řešení maximálního odtoku z modelového povodí

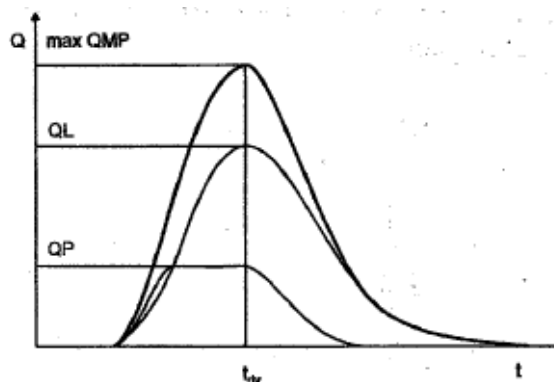
Předpoklady řešení:

- Maximální odtok je vyvolán přívalovým deštěm rovnoměrného plošného rozložení.
- Oba svahy modelového povodí jsou zasaženy stejným výpočtovým deštěm doby trvání t_{dv} a příslušné náhradní (konstantní) intenzity, případně zvolené intenzity.
- Geometrické, půdní a sklonové poměry, způsob využívání pozemků, aj. jsou odvozovány z charakteristik přírodního povodí.

5.3.2. Řešení odtoku v údolnici

Předpokladem pro řešení odtoku v údolnici je zasažení obou svahů modelového povodí stejným výpočtovým deštěm. Hydrogram odtoku v údolnici je pak odvozen součtem pořadnic hydrogramu odtoku z levého a pravého svahu.

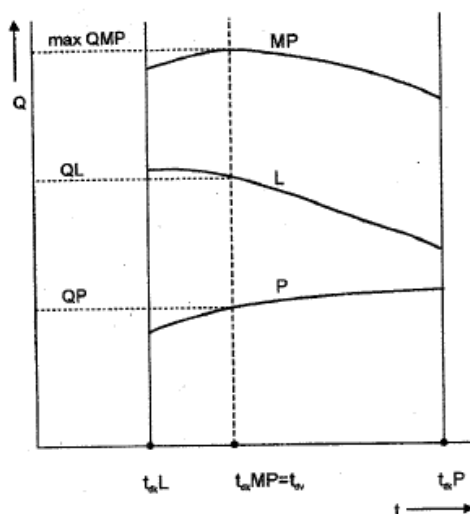
Hydrogramy odtoku ze svahů se odvodí dle příslušných variant řešení svahového odtoku S1, S2, S3, pro dobu trvání výpočtového deště a příslušnou náhradní intenzitu.



Obr. 29 - Výsledný hydrogram odtoku z modelového povodí, superpozice hydrogramů odtoku ze svahů

Odvození kritické doby trvání výpočtového deště a maximálního průtoku z modelového povodí:

Výpočtový déšť kritické doby trvání vyvolává v uzavěrném profilu maximální průtok příslušné doby opakování. Kritická doba trvání výpočtového deště pro celé modelové povodí leží v intervalu daným kritickými dobami dešťů pro levý a pravý svah povodí. Princip řešení spočívá ve výpočtu maximálních průtoků pro levý a pravý svah při postupné volbě doby trvání deště z uvedeného intervalu (časový krok např. 1 minuta). Kritická doba trvání výpočtového deště je doba, pro kterou je součet průtoků z levého a pravého svahu největší.



Obr. 30 - Odvození doby trvání výpočtového deště pro modelové povodí [12]

5.4. Objem přímého odtoku

Pro výpočet objemu přímého odtoku ze svahu je v programu používána metoda CN – křivek.

Metoda CN – křivek určuje objem přímého odtoku na základě předpokladu, že poměr objemu odtoku k úhrnu přívalové srážky se rovná poměru objemu vody zadržené při odtoku k potenciálnímu objemu, který může být zadrženo. Odtok začíná po počáteční ztrátě, která je součtem intercepce, infiltrace a povrchové retence [7].

Základní vztah pro určení výšky přímého odtoku:

$$H_o = (H_s - 0,2 A)^2 / (H_s + 0,8 A) \quad \text{pro } H_s \geq 0,2 A$$

Kde: H_o je přímý odtok [mm]

H_s úhrn návrhového deště [mm]

A potenciální retence [mm], vyjádřená pomocí čísel odtokových křivek (CN)

$$A = 25,4 (1000/CN - 10)$$

Objem přímého odtoku O_{pH} je dán vztahem:

$$O_{pH} = 1000 \cdot P_p \cdot H_o \quad [m^3]$$

Kde: P_p je plocha povodí [km²]

H_o přímý odtok [mm]

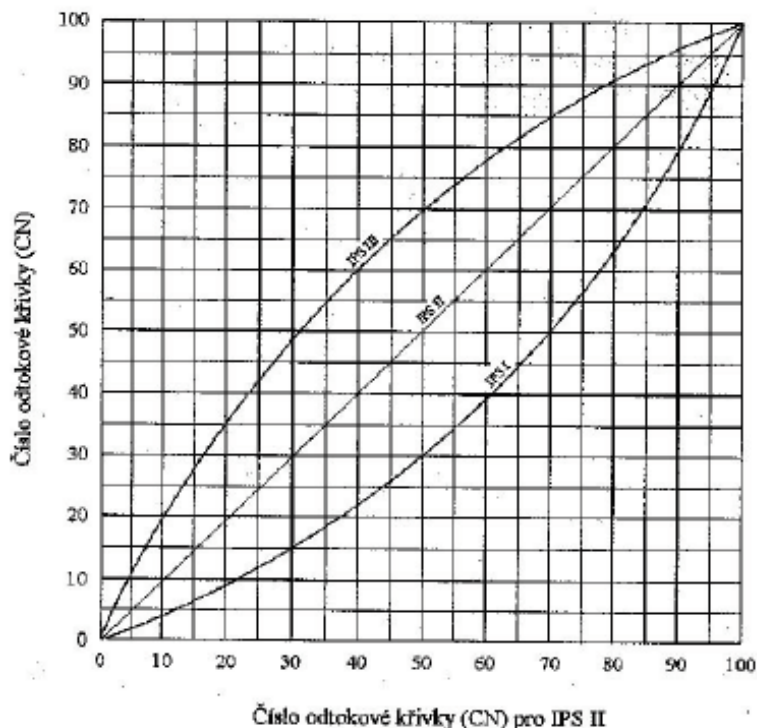
Čísla odtokových křivek (CN) jsou určena podle:

- a) Hydrologických vlastností půd rozdělených do 4 skupin A, B, C, D, na základě minimálních rychlostí infiltrace vody do půdy bez pokryvu po dlouhodobém nasycení - **Tab.22.**

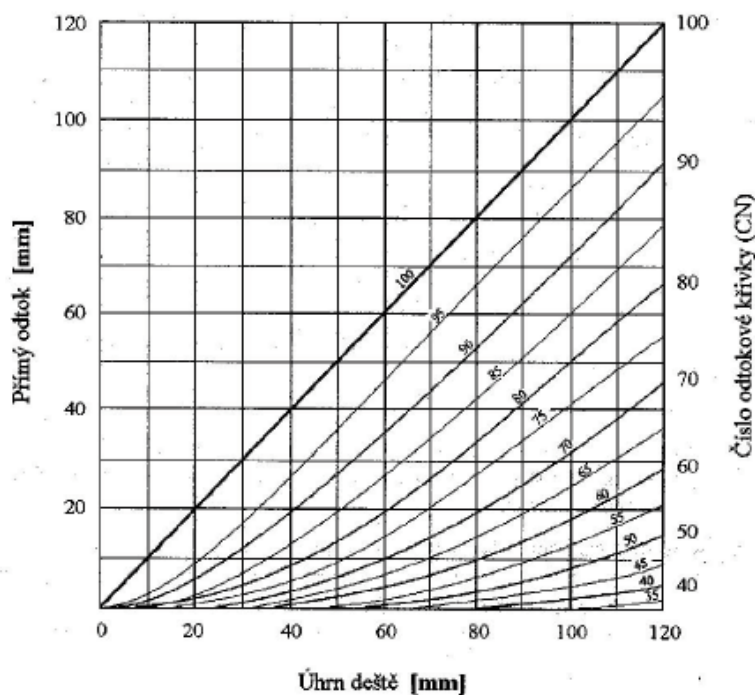
Tab. 22 - Hydrologické skupiny půd

Hydrologická skupina	Charakteristiky hydrologických vlastností půd
A	Půdy s vysokou rychlostí infiltrace ($> 0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky nebo štěrky.
B	Půdy se střední rychlostí infiltrace ($0,06 - 0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité.
C	Půdy s nízkou rychlostí infiltrace ($0,02 - 0,06 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnují převážně půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovité.
D	Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace ($< 0,02 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnují převážně jíly s vysokou bobtnavostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím

- b) Vlhkosti půdy určované na základě 5-ti denního úhrnu předcházejících srážek, resp. Indexu předchozích srážek (IPS) ve 3 stupních, kdy IPS I odpovídá takovému minimálnímu obsahu vody v půdě, který ještě umožňuje uspokojivou orbu a obdělávání, při IPS III je půda přesycena vodou z předcházejících dešťů. Pro návrhové účely se uvažuje IPS II pro střední nasycení půdy vodou [7].



Obr. 31 - Vliv obsahu vody v půdě na změnu čísla odtokové křivky (CN)



Obr. 32 - Závislost výšky přímého odtoku na úhrnu deště a číslech odtokových křivek (CN)

c) *Využití půdy, vegetačního pokryvu, způsobu obdělávání a uplatnění protierozních opatření [7].*

Tab. 23 - Průměrná čísla odtokových křivek – CN pro IPS II

Využití půdy	Způsob obdělávání	Hydrologické podmínky	Čísla odtokových křivek – CN podle hydrologických skupin půd			
			A	B	C	D
Úhor, čerstvě kypřený	Pz	Sp	77	86	91	94
		Dp	76	85	90	93
			74	83	88	90
Širokořádkové plodiny (okopaniny)	Př	Šp	72	81	88	91
	Př	Db	67	78	85	89
	Př + Pz	Šp	71	80	87	90
	Př + Pz	Db	64	75	82	85
	Vř	Šp	70	79	84	88
	Vř	Db	65	75	82	86
	Vř + Pz	Šp	69	78	83	87
	Vř + Pz	Db	64	74	81	85
	Vř + Pr	Šp	66	74	80	82
	Vř + Pr	Db	62	71	78	81
	Vř + Pr + Pz	Šp	65	73	79	81
Vř + Pr + Pz	Db	61	70	77	80	
Úzkořádkové plodiny (obiloviny)	Př	Šp	65	76	84	88
	Př	Db	63	75	83	87
	Př + Pz	Šp	64	75	83	86
	Př + Pz	Db	60	72	80	84
	Vř	Šp	63	74	82	85
	Vř	Db	61	73	81	84
	Vř + Pz	Šp	62	73	81	84
	Vř + Pz	Db	60	72	80	83
	Vř + Pr	Šp	61	72	79	82
	Vř + Pr	Db	59	70	78	81
	Vř + Pr + Pz	Šp	60	71	78	81
Vř + Pr + Pz	Db	58	69	77	80	
Víceleté pícniny, luštěniny	Př	Šp	66	77	85	89
	Př	Db	58	72	81	85
	Vř	Šp	64	75	83	85
	Vř	Db	55	69	78	83
	Vř + Pz	Šp	63	73	80	83
	Vř + Pz	Db	51	67	76	80
Pastviny s pokryvem	< 50%	-	68	79	86	89
	50 – 75%	-	49	69	79	84
	> 75%	-	39	61	74	80
Louky	sklizené	-	30	58	71	78
Křoviny s pokryvem	< 50%	-	48	67	77	83
	50 – 75%	-	35	56	70	77
	> 75%	-	30	48	65	73
Sady se zatravněným meziřadím	Šp	57	73	82	86	
	Stř.	43	65	76	82	
	Db	32	58	72	79	
Lesy	Šp	45	66	77	83	
	Stř.	36	60	73	79	
	Db	30	55	70	77	
Zemědělské dvory		-	59	74	82	86
Komunikace s příkopy	Dlážděné, živičné, makadamové, šterkové		83	89	93	93
	Nezpevněné, hliněné		76	85	89	91
			72	82	87	89
Nepropustné plochy			98	98	98	98

Vysvětlivky:

- Pz* Posklizňové zbytky nejméně na 5 % povrchu po celý rok.
- Př* Přímé řádky vedené bez ohledu na sklon pozemku, tedy i po spádnici.
- Vř* Vrstevnicové řádky vedené přesně ve směru vrstevnic – konturově, při sklonu pozemku menším než 2 % je obdělávání napříč svahu v přímých řádcích rovnocenné vrstevnicovému.
- Pr* Pásově pěstované plodiny a příčně situované průlehy na pozemku
- Db* Dobré hydrologické podmínky zvyšující infiltraci a snižující odtok, kdy je více než 20% povrchu pokryto zbytky rostlin, tj. více než 850 kg.ha⁻¹ u širokořádkových plodin nebo 350 kg.ha⁻¹ u úzkořádkových plodin.
- Stř* Střední hydrologické podmínky.
- Šp* Špatné hydrologické podmínky omezující infiltraci vody do půdy a zvyšující odtok, s menším množstvím posklizňových zbytků než při Db.

Dobré nebo špatné hydrologické podmínky zemědělských půd závisí především na hustotě zapojení porostu během roku, procentuálním zastoupení jetelotrav v osevním postupu, množství posklizňových zbytků na povrchu půdy a na drsnosti povrchu. V lesích špatné hydrologické podmínky znamenají, že lesní hrabanka nebo bylinné patro dobře kryje půdu.

Průměrná čísla křivek odtoku – CN odpovídají průměrným hospodářským podmínkám během vegetačního období. Sezónní změny CN lze vyjadřovat tak, že pro období orání a setí (sázení) CN odpovídá úhoru. Mezi výsevem (výsadbou) a před vrcholovým růstem odpovídá CN průměru. Po sklizni závisí CN na zakrytí povrchu půdy rostlinnými zbytky.

Hydrologické podmínky lesních porostů jsou závislé především na hustotě pokryvu, vegetace, hrabanky apod. Nerozložené listí, jehličí větévky, kůra a jiné zbytky vegetace na lesní půdě tvoří hrabanku, ze které vzniká vrstva nadložního humusu. Při dobrém obhospodařování je nadložní humus pórovitý a má velkou vsakovací a akumulaci schopnost.

Při kombinovaném využití území (plochy propustné, nepropustné) se hodnota odtokové křivky stanoví jako vážený průměr z čísel odtokových křivek jednotlivých ploch [7].

Pomocí stanovení objemu přímého odtoku metodou CN – křivek je následně programem DesQ-MaxQ stanoven příslušný kulminační průtok na základě výše uvedené metody a závislosti.

5.5. Využití modelu DesQ-MaxQ

Model je využitelný pro výpočet maximálního průtoku z povodí, které lze schematizovat buď jednou odtokovou plochou (svah) nebo modelovým povodím ve tvaru otevřené knihy, bez zohlednění rozvinuté hydrografické sítě v povodí.

Při rozvinutější hydrografické síti v povodí lze schematizovat povodí více modelovými povodími, maximální průtok se odvozuje modelem DesQ-MaxQ v kombinaci s hydraulickými modely neustáleného proudění v říční síti – např. HEC-RAS.

Model DesQ-MaxQ umožňuje:

- Výpočet maximálních N-letých (návrhových) průtoků a objemů povodňových vln, vyvolaných přívalovými dešti kritické doby trvání.
- Výpočet maximálních průtoků a objemů povodňových vln, vyvolaných dešti zadané doby trvání, příslušné náhradní intenzity.
- Výpočet maximálních průtoků a objemů povodňových vln, vyvolaných dešti zadané doby trvání a intenzity.
- Odvození tvaru povodňových vln (časové řady).
- Výpočet charakteristik hydrogramů, ovlivněných antropogenní činností v povodí (změna ve způsobu využívání pozemků v povodí, rozšíření zpevněných ploch v povodí urbanizací aj.) [12].

5.6. Aplikace programu DesQ-MaxQ v zájmovém území

5.6.1. Výsledky simulace v programu DeQ-MaxQ

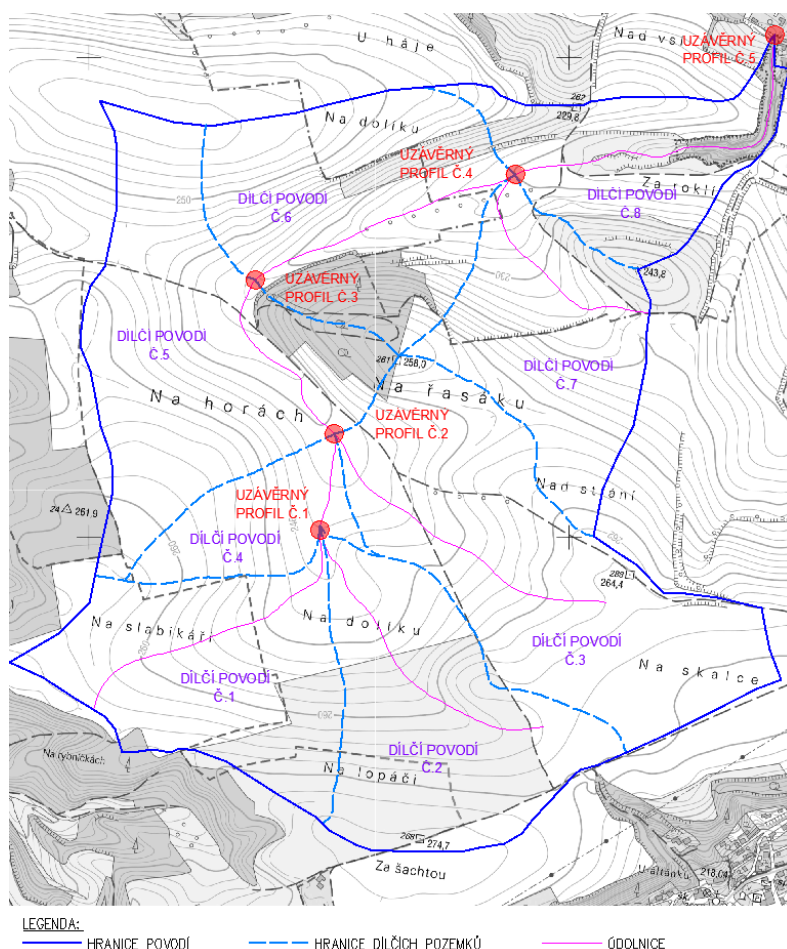
Výpočet maximální, největší možné intenzity odtoku ze svahu byl proveden za pomoci simulace srážkoodtokového modelu v programu DesQ-MaxQ. Modelem byly vypočteny hodnoty povrchových odtoků z jednotlivých dílčích povodí a následně spočten odtok v uzávěrném profilu pro celé povodí. Jednotlivé uzávěrné profily a jim náležící povodí jsou vyznačeny na **Obr. 30**. Jako srážkoměrná data byly použity hodnoty maximálních 1-denních srážkových úhrnů s dobou opakování 5, 10, 20, 50 a 100 let pro stanici Kralupy nad Vltavou, která jsou součástí programu. Další vstupní parametry (plocha a sklon svahu, drsnostní součinitel, číslo CN křivky atd.) byly odvozeny z map 1:10 000 na základě provedeného terénního průzkumu. Výsledky výpočtu srážkoodtokového modelu pro celé povodí a jeho dílčí části jsou uvedeny v **Tab.24** (podrobné výsledky simulace srážkoodtokového modelu jsou uvedeny v příloze č. 2 této studie).

Tab. 24 - N-leté maximální odtoky v zájmovém povodí vypočtené pomocí programu DesQ-MaxQ

Dílčí povodí	Q ₅ [m ³ .s ⁻¹]	Q ₁₀ [m ³ .s ⁻¹]	Q ₂₀ [m ³ .s ⁻¹]	Q ₅₀ [m ³ .s ⁻¹]	Q ₁₀₀ [m ³ .s ⁻¹]
Dílčí povodí 1	0,197	0,327	0,501	0,731	0,935
Dílčí povodí 2	0,156	0,250	0,362	0,498	0,621
Dílčí povodí 3	0,212	0,347	0,527	0,800	1,030
Dílčí povodí 4	0,038	0,060	0,085	0,114	0,138
Dílčí povodí 5	0,134	0,226	0,333	0,479	0,611
Dílčí povodí 6	0,187	0,306	0,464	0,664	0,837
Dílčí povodí 7	0,140	0,229	0,347	0,526	0,676
Dílčí povodí 8	0,140	0,221	0,308	0,404	0,488
Celé povodí *)	1,120	1,810	2,720	4,030	5,210

*) Hodnoty N – letých maximálních odtoků pro „Celé povodí“ jsou spočteny samostatně pro plochu náležící k uzavěrnému profilu č. 5 (celá plocha povodí). Porovnáním těchto hodnot s hodnotami spočtenými ČHMÚ, uvedenými v příloze č. 1 této studie, byla zjištěna jejich poměrně dobrá shoda (rozdíl cca 20 %).

Hodnoty srážkoodtokového modelu (průběh povodňové vlny) vypočtené programem DesQ-MaxQ, byly následně použity jako jeden z podkladů metody pro návrh a posouzení efektivity (účinnosti) suché nádrže v zájmovém území (**Kap. 6**).



Obr. 33 - Schéma rozdělení dílčích povodí pro výpočet povrchového odtoku v programu DesQ-MaxQ

6. NÁVRH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ

Pro potřeby ochrany území obce Zeměchy u Kralup před povodňovými průtoky bylo v zájmovém území navrženo protipovodňové opatření v podobě suché nádrže. Účelem této nádrže je ochrana území před účinky povodňových průtoků, snížení kulminačních průtoků povodně a transformace povodňové vlny protékající povodím do delšího časového intervalu. Před výstavbou nádrže je nutno posoudit vybranou lokalitu pomocí hydrogeologického průzkumu.

Pro návrh umístění suché nádrže bylo vytipováno umístění ve spodní části zájmového povodí nad vtokem do sprašové rokle. Umístění vyhovuje z morfologického hlediska a umožňuje, aby byl zachycen co možná největší možný objem povodňové vlny. Celková plocha povodí, ze kterého bude voda zachycována v nádrži je 1,65 km².

K posouzení dispozičního řešení nádrže a jejího technického řešení (výška hráze, průměr a výškové umístění odpadního potrubí, rozměry a výškové umístění bezpečnostního přelivu apod.) byla použita metoda pro posouzení efektivity (účinnosti) suché nádrže v zájmovém území [13]. Jako podklad pro výpočet byly vyhotoveny charakteristické čáry nádrže (čára zatopených ploch a čára zatopených objemů), které byly získány planimetrováním z map 1:10 000 a hodnoty časového průběhu povodňové vlny spočtené srážkoodtokovým modelem v programu DesQ-MaxQ.

6.1. Aplikace metody pro posouzení efektivity (účinnosti) suché nádrže v zájmovém území

6.1.1. Charakteristika metody

Metoda pro posouzení efektivity (účinnosti) suché nádrže vychází z posouzení poměru záchytného prostoru nádrže a objemu návrhové povodňové vlny se zahrnutím hydraulického řešení odtoku vody výpustným potrubím, případně bezpečnostním přelivem. Metoda vychází z, pokud možno minimálního počtu potřebných vstupních údajů a dále z toho, aby získání těchto vstupních údajů nebylo finančně náročné. Důvodem je, že k výběru vhodného profilu je často zapotřebí posouzení většího počtu variantních řešení a následná volba nejvhodnější varianty [13].

Cílem variantního návrhu suché nádrže je nalézt optimální poměr mezi kulminací přítoku a odtoku vody z nádrže, respektive zajistit, aby kulminační odtok z nádrže nepřevýšil hodnotu neškodného průtoku z hlediska chráněné lokality pod nádrží. Toho je možno dosáhnout buď volbou velikosti záchytného prostoru nebo průměru odpadního potrubí, respektive jejich vzájemnou kombinací.

Výsledkem řešení je možnost výběru nejvhodnější varianty umístění suché nádrže a jejich technických parametrů (výška hráze, průměr a výškové umístění odpadního potrubí, rozměry a výškové umístění bezpečnostního přelivu) a dále získání informací o maximálním odtoku vody pod hrází pro návrhovou povodňovou vlnu příslušné doby opakování.

6.1.2. Výpočetní schéma

Řešení transformačního účinku nádrže vychází ze vztahu:

$$Q_P \cdot dt - Q_O \cdot dt = \pm dV$$

Kde: Q_P je časový průběh přítoku vody do nádrže [$m^3 \cdot s^{-1}$]

Q_O časový průběh odtoku vody z nádrže [$m^3 \cdot s^{-1}$]

t čas [s]

V objem vody (změna – přírůstek nebo úbytek) v záchytném prostoru nádrže [m^3]

Protože časový průběh přítoku do nádrže obecně nelze analyticky vyjádřit, není možno uvedenou diferenciální rovnici řešit přímo. Z toho důvodu je třeba přejít na řešení po časových krocích a rovnici ve tvaru:

$$Q_P \cdot \Delta t - Q_O \cdot \Delta t = \pm \Delta V$$

Kde: Q_P je časový průběh přítoku vody do nádrže [$m^3 \cdot s^{-1}$]

Q_O časový průběh odtoku vody z nádrže [$m^3 \cdot s^{-1}$]

Δt časový krok [s]

V objem vody (změna – přírůstek nebo úbytek) v záchytném prostoru nádrže [m^3]

Transformace povodňové vlny v retenčním prostoru nádrže je pak řešena s dostatečnou přesností metodou diferencí, kdy kontinuální časový průběh transformace je nahrazen řešením po časových krocích.

Vlastní výpočet transformace probíhá tak, že pro každý časový interval se určí z čáry časového průběhu povodně množství vody, které do nádrže přiteče za dobu časového intervalu. Toto množství vody zvýší hladinu vody v nádrži na úroveň, jejíž hodnotu je možno určit z charakteristických čar nádrže. Tato úroveň hladiny způsobí odtok vody výpustným potrubím, průtok je možno stanovit z konzumční křivky potrubí (pro zvolený profil potrubí). Rozdíl přítoku vody do nádrže a odtoku vody odpadním potrubím od výpusti za zvolený časový interval určuje objem vody v nádrži na počátku dalšího časového intervalu. Tímto způsobem pokračuje výpočet až do odeznění povodně. Do řešení je možno od určité výškové úrovně, odpovídající koruně bezpečnostního přelivu, zahrnout též neřízený odtok vody přes bezpečnostní přeliv. Tento průtok se stanoví z konzumční křivky bezpečnostního přelivu.

Pro výpočet transformace povodňové vlny v retenčním prostoru suché nádrže je třeba mít k dispozici následující podklady:

- charakteristické čáry suché nádrže (čára zatopených objemů)
- časový průběh povodňové vlny
- konzumční křivku odpadního potrubí a bezpečnostního přelivu (resp. parametry zařízení charakterizující tyto křivky)

Výsledky zahrnují:

- Graficky i tabelárně zpracovaný přítok/odtok
- Čáru přítoku (časový průběh povodně) [$m^3 \cdot s^{-1}$] jako funkci času [hod] – silná červená čára
- Čáru odtoku [$m^3 \cdot s^{-1}$] jako funkci času [hod] – silná modrá čára
- Tabulku s uvedenými extrémními hodnotami:
 - hodnota kulminace přítoku [$m^3 \cdot s^{-1}$]
 - hodnota kulminace odtoku [$m^3 \cdot s^{-1}$]
 - efekt transformace [%] jako doplněk podílu kulminace odtoku a přítoku do jedné (čím vyšší je efekt nádrže, tím více se sníží odtok z nádrže oproti přítoku)
 - čas dosažení kulminace přítoku a odtoku [hod]
 - úroveň maximální dosažené hladiny [m n.m.]

Využití výsledků výpočtů:

Výsledky výpočtu je možno využít pro rozhodovací procesy při úvahách o využití suchých nádrží jako prvku protipovodňové ochrany nebo při rozhodování o technickém řešení suché nádrže. Konkrétně se jedná o tyto možnosti (řazeno od jednodušších úloh ke složitějším):

- dispoziční řešení konkrétní suché nádrže – posouzení efektivity nádrže pro povodňové vlny jednotlivých dob opakování, stanovení optimálního průměru odpadního potrubí pro zajištění nepřekročitelnosti zadaného maximálního odtoku vody pod hrází, posouzení kombinace profilů a výškového umístění dvou odpadních potrubí, návrh výškového umístění koruny bezpečnostního přelivu, spolupráce vypustného zařízení a bezpečnostního přelivu apod.
- posouzení variant umístění jedné suché nádrže na konkrétním toku z hlediska velikosti retenčního prostoru, z hlediska efektivity transformačního účinku,
- variantní řešení umístění více suchých nádrží na jednom toku či více (zpravidla dvou) přítocích – možné kombinace řešení, posouzení efektivity.

Vlastní použití metody vychází nejprve spíše z posouzení variantního umístění nádrží a po výběru vhodné varianty jedné nádrže či kombinace dvou nádrží je možno přistoupit k využití metody [13].

6.2. Suchá nádrž SN

Plánovaná hráz nádrže je navržena v prostoru polní cesty, která prochází kolmo přes profil vtoku do sprašové rokle. Je navržena lichoběžníková zemní sypaná hráz délky 180 m, šířkou v koruně 4,0 m a výšce, která v nejhlubším místě dosahuje 3,50 m. Kóta koruny hráze je v úrovni 222,50 m n. m. Návodní líc bude proveden ve sklonu 1:3 a opevněn kamenným pohozem, který bude umístěn na hutněné filtrační vrstvě ze šterkopísku. Proti sesuvu bude pata návodního líce opatřena opěrnou patkou z lomového kamene. Vzdušní líc bude proveden ve sklonu 1:2. V patě vzdušního líce bude umístěn patní drén tvořený drenáží z hladkých perforovaných PVC trubek a obsypem z makadamu. Horní vrstva vzdušního a návodního líce bude upravena pomocí ohumusování a zatravnění, rovněž tak koruna hráze a dno nádrže.

Nádrž je vybavena betonovou spodní výpustí profilu DN 400 vedenou tělesem hráze ve sklonu 2,0 %, která umožňuje převádění povodňových průtoků, celkové vyprázdnění nádrže nebo snížení hladiny na stanovenou úroveň v požadovaném čase. Potrubí výpusti je umístěno v nejnižším místě nádrže na kótě 219,00 m n.m. Před vtokem do spodní výpusti jsou umístěny rámové česle, které brání vniku nežádoucích objektů do potrubí.

Pro převádění velkých vod se uvažuje s průtokem vody přes bezpečnostní přeliv. Ten bude proveden jako průleh v hrázi o šířce 10 m opevněný lomovým kamenem se skluzem na vzdušném svahu hráze. Příčný profil je lichoběžníkový se sklonem svahů 1:2. V podélném směru je po 5 m stabilizován prahy z lomového kamene. Úroveň hrany bezpečnostního přelivu je umístěna na kótě 222,00 m n.m. Voda přepadající přes bezpečnostní přeliv bude odváděna prostorem sprašové rokle do vpusti umístěné v uzávěrném profilu zájmového povodí.

Suchá nádrž je navržena tak, aby bezpečně převedla a transformovala procházející povodňové vlny až do velikosti Q_{100} . Při průchodu této povodňové vlny dosahuje maximální přítok do suché nádrže hodnotu $5,21 \text{ m}^3$ a maximální odtok hodnotu $0,57 \text{ m}^3$. Při dosažení maximální hladiny vody v nádrži dosahuje zatopená plocha hodnoty 5640 m^2 a zatopený objem 5766 m^3 . Celkový transformační efekt nádrže je 89,12 %. (podrobné výsledky výpočtu parametrů suché nádrže jsou uvedeny příloze č. 2 – Hydrotechnické výpočty).

Transformační účinek nádrže (snížení vyšší kulminace přítoku do nádrže na nižší kulminaci odtoku z nádrže) je ovlivňován především velikostí volného prostoru nádrže (retenční prostor) a konstrukčními rozměry jednotlivých navrhovaných hydrotechnických objektů (bezpečnostní přeliv, spodní výpust apod.).

Navrhované parametry nádrže SN:

Výška hráze (koruny)	3,5 m (222,5 m n. m.)
Délka hráze:	cca 180 m
Šířka hráze v koruně:	4,0 m
Sklon návodní strany:	1:3
Sklon vzdušného líce:	1:2
Úroveň bezpečnostního přelivu:	222,00 m n. m.
Úroveň dna spodní výpusti:	219,00 m n. m.
Převýšení nad max. hladinu:	0,50 m
Objem vody (max. hladina):	$27\,098 \text{ m}^3$
Plocha hladiny (max. hladina):	$20\,030 \text{ m}^2$
Objem vody po korunu hráze:	$41\,018 \text{ m}^3$

Transformační efekt suché nádrže je 89,12 %. Profil spodní výpusti nádrže (DN 400) byl volen s ohledem na velikost profilu odtokového potrubí dešťové kanalizace, jehož vtok je umístěn ve vpusti v uzávěrovém profilu povodí. Volba menšího profilu potrubí by zvýšila riziko jeho ucpání a zvýšila dobu odtoku transformované povodňové vlny z nádrže nad 24 h. Varianta řešení suché nádrže se spodní výpustí o DN 400 byla proto vybrána jako nejoptimálnější z hlediska transformace povodňové vlny, velikosti odtoku z nádrže a bezpečnosti profilu.

Tab. 25 - Charakteristika nádrže pro N-leté maximální odtoky v zájmovém povodí

Doba opakování N [roky]	P_{max} [$m^3 \cdot s^{-1}$]	O_{max} [$m^3 \cdot s^{-1}$]	Max. hlad. [m n.m.]	Max. hl. [m]	T [%]
5	1,12	0,44	220,62	1,62	60,23
10	1,81	0,49	221,03	2,03	73,14
20	2,72	0,52	221,36	2,36	80,95
50	4,03	0,55	221,69	2,69	86,41
100	5,21	0,57	221,91	2,91	89,12

Vysvětlivky:

P_{max}	Maximální přítok vody do nádrže
O_{max}	Maximální odtok vody z nádrže
Max. hlad.	Úroveň maximální hladiny vody v nádrži
Max. hl.	Odpovídající hloubka vody v nádrži
T	Transformační efekt nádrže

Z výše uvedených výsledků (**Tab. 25**) je patrné, že výstavba suché nádrže má příznivý vliv na odtokové poměry v zájmovém povodí. Nádrž umožňuje ochranu obce před negativními účinky bleskových povodní vyskytujících se v zájmovém území. Výstavbou suché nádrže dojde k zachycení vody odtékající ze zájmového území a dojde k transformaci povodňové vlny (až do velikosti Q_{100}) na neškodný odtok. Tento odtok je následně odváděn pomocí spodní výpusti do prostoru profilu sprašové rokle a dále do potrubí dešťové kanalizace, která je vybudována v části obce, a která umožňuje odtok vody dále do koryta Knovízského potoka.

7. Seznam pozemků dotčených navrhovanými opatřeními

Dotčené pozemky byly zjišťovány v internetové aplikaci ČÚZK „Nahlížení do katastru nemovitostí“ [8]. Uvedený seznam dotčených pozemků je pouze orientační a před samotnou realizací jednotlivých navrhovaných opatření je nutné dotčené pozemky podrobněji ověřit a dohledat jejich vlastníky podle přesného zákresu záboru pozemků v aktuální verzi katastrální mapy.

Tab. 26 - Seznam pozemků dotčených navrhovanými opatřeními

k.ú. Zeměchy u Kralup nad Vltavou [792799]						
Parcelní číslo	Číslo LV	Výměra parcely [m ²]	Druh pozemku	Způsob ochrany	Trvalý zábor [m ²]	Druh opatření
107/4	124	5190	Trvalý travní porost	ZPF	812	PEO
107/7	124	201	Orná půda	ZPF	201	PEO
107/8	124	11387	Orná půda	ZPF	5506	PEO
107/11	124	33257	Orná půda	ZPF	19007	PEO
107/16	124	8968	Orná půda	ZPF	4852	PEO
107/19	124	6258	Orná půda	ZPF	5858	PEO
					2979	PPO*)
					405	PPO
107/20	124	263	Orná půda	ZPF	263	PEO
					81	PPO*)
109	124	517	Ostatní plocha		58	PEO
107/6	165	48243	Orná půda	ZPF	725	PEO
62/1	246	1537	Orná půda	ZPF	1429	PEO
62/10	246	9261	Orná půda	ZPF	5020	PEO
62/14	246	18623	Orná půda	ZPF	17803	PEO
107/12	246	5906	Orná půda	ZPF	2721	PEO
107/15	246	9058	Orná půda	ZPF	5826	PEO
					95	PPO*)
107/18	246	1147	Orná půda	ZPF	644	PEO
					103	PPO*)
128/5	246	172	Trvalý travní porost	ZPF	53	PEO
					23	PPO*)
					119	PPO
128/6	246	2035	Trvalý travní porost	ZPF	118	PEO
					500	PPO*)
					1208	PPO
136	246	94	Ostatní plocha		94	PEO
143/4	246	9715	Orná půda	ZPF	9313	PEO
					4039	PPO*)
148	246	625	Ostatní plocha		161	PEO

k.ú. Zeměchy u Kralup nad Vltavou [792799]						
Parcelní číslo	Číslo LV	Výměra parcely [m ²]	Druh pozemku	Způsob ochrany	Trvalý zábor [m ²]	Druh opatření
164/2	246	19362	Trvalý travní porost	ZPF	1200	PEO
164/3	246	76	Ostatní plocha		34	PEO
					76	PPO*)
					42	PPO
164/6	246	37	Ostatní plocha		28	PEO
					37	PPO*)
					9	PPO
164/7	246	812	Ostatní plocha		417	PEO
					511	PPO*)
					256	PPO
164/20	246	11224	Orná půda	ZPF	8013	PEO
					493	PPO
62/5	267	9030	Orná půda	ZPF	240	PEO
62/6	267	20872	Orná půda	ZPF	687	PEO
107/21	267	579	Orná půda	ZPF	541	PEO
					581	PPO*)
					40	PPO
142/1	267	226	Ostatní plocha		226	PEO
					226	PPO*)
142/2	267	260	Orná půda	ZPF	260	PEO
					260	PPO*)
143/1	267	288	Orná půda	ZPF	288	PEO
					288	PPO*)
143/2	267	355	Orná půda	ZPF	355	PEO
					355	PPO*)
143/3	267	12660	Orná půda	ZPF	12049	PEO
					10835	PPO*)
172/1	287	36601	Orná půda	ZPF	22	PEO
125/2	393	471	Lesní pozemek		204	PEO
107/13	484	355	Orná půda	ZPF	186	PEO
107/14	484	10531	Orná půda	ZPF	3861	PEO
107/17	484	1631	Orná půda	ZPF	1608	PEO
107/22	484	41	Trvalý travní porost	ZPF	32	PEO
128/4	484	2706	Trvalý travní porost	ZPF	16	PEO
					269	PPO
135	484	155	Ostatní plocha		149	PEO
164/8	484	342	Orná půda	ZPF	342	PEO
164/9	484	9765	Orná půda	ZPF	5742	PEO

k.ú. Zeměchy u Kralup nad Vltavou [792799]						
Parcelní číslo	Číslo LV	Výměra parcely [m ²]	Druh pozemku	Způsob ochrany	Trvalý zábor [m ²]	Druh opatření
164/19	484	14966	Orná půda	ZPF	1557	PEO
62/8	538	9643	Orná půda	ZPF	588	PEO
62/7	543	9704	Orná půda	ZPF	457	PEO
62/15	10001	1322	Orná půda	ZPF	754	PEO
505/2	10001	385	Ostatní plocha		25	PEO
506	10001	1007	Ostatní plocha		20	PEO

k.ú. Otovovice [716987]						
Parcelní číslo	Číslo LV	Výměra parcely [m ²]	Druh pozemku	Způsob ochrany	Trvalý zábor [m ²]	Druh opatření
621/7	10	432	Orná půda	ZPF	432	PEO
621/8	10	7733	Orná půda	ZPF	7719	PEO
711/4	40	802	Orná půda	ZPF	183	PEO
711/5	40	2489	Orná půda	ZPF	1969	PEO
711/7	40	10952	Orná půda	ZPF	872	PEO
711/8	40	26687	Orná půda	ZPF	118	PEO
711/13	40	24871	Orná půda	ZPF	3772	PEO
646	84	288	Ostatní plocha		288	PEO
					128	PPO*)
645	109	1349	Vodní plocha		752	PEO
					376	PPO*)
621/34	215	9998	Orná půda	ZPF	2396	PEO
711/15	215	18343	Orná půda	ZPF	15103	PEO
711/18	215	10574	Orná půda	ZPF	233	PEO
711/6	247	15016	Orná půda	ZPF	14652	PEO
711/16	247	33395	Orná půda	ZPF	10680	PEO
711/42	247	14566	Orná půda	ZPF	9060	PEO
621/11	267	33683	Orná půda	ZPF	10592	PEO
621/9	302	557	Orná půda	ZPF	557	PEO
621/10	302	8470	Orná půda	ZPF	8470	PEO
621/4	348	881	Orná půda	ZPF	810	PEO
621/5	348	3902	Orná půda	ZPF	3902	PEO
621/6	348	2374	Orná půda	ZPF	2374	PEO
621/36	348	1978	Orná půda	ZPF	1978	PEO
593/67	449	10495	Orná půda	ZPF	1425	PEO
593/28	453	21868	Orná půda	ZPF	232	PEO
621/13	453	28845	Orná půda	ZPF	18142	PEO
711/28	453	17124	Orná půda	ZPF	3818	PEO
621/16	462	44096	Orná půda	ZPF	1063	PEO
711/29	509	5521	Orná půda	ZPF	552	PEO
621/37	615	1919	Orná půda	ZPF	621	PEO

k.ú. Otovice [716987]						
Parcelní číslo	Číslo LV	Výměra parcely [m ²]	Druh pozemku	Způsob ochrany	Trvalý zábor [m ²]	Druh opatření
711/17	615	5701	Orná půda	ZPF	2153	PEO
953/2	615	154	Orná půda	ZPF	154	PEO
648	719	13002	Orná půda	ZPF	11449	PEO
					3304	PPO*)
644	748	24988	Orná půda	ZPF	16018	PEO
					2319	PPO*)
621/1	10001	575	Orná půda	ZPF	575	PEO
658	10001	1529	Ostatní plocha		470	PEO
659/3	10001	257	Ostatní plocha		257	PEO
938	10001	90	Ostatní plocha		90	PEO
939/8	10001	500	Orná půda	ZPF	54	PEO
941/1	10001	11247	Ostatní plocha		518	PEO

k.ú. Blevice [605590]						
Parcelní číslo	Číslo LV	Výměra parcely [m ²]	Druh pozemku	Způsob ochrany	Trvalý zábor [m ²]	Druh opatření
227/5	170	28719	Orná půda	ZPF	15724	PEO
227/1	223	41549	Orná půda	ZPF	9574	PEO
227/4	247	21972	Orná půda	ZPF	1415	PEO
537/3	10001	3201	Ostatní plocha		709	PEO

Vysvětlivky:

PEO Protierozní opatření

PPO Protipovodňové opatření

*PPO *) Zatopená plocha nad navrženými PEO nebo PPO*

8. ZÁVĚR

Zadáním této diplomové práce bylo posouzení erozní náchylnosti pozemků a odtokových poměrů z pozemků směřujících do obce Zeměchy. Cílem byl pak návrh protierozních a protipovodňových opatření k ochraně obce před povodňovými průtoky a transportem půdních částic z erozních procesů.

Pro posouzení erozní ohroženosti byly použity dvě základní metody, a to empirická metoda univerzální rovnice ztráty půdy Wischmeier-Smith (USLE – Universal Soil Loss Equation) a matematický simulační model povrchového odtoku a erozního procesu SMODERP. Poté byly výsledky obou metod porovnány a pro návrh protierozních opatření na zájmové oblasti byla jako nejvhodnější varianta vybrána kombinace obou výše uvedených metod.

Jako optimální prvek pro snížení erozní ohroženosti jednotlivých ohrožených pozemků byl vybrán způsob převedení těchto pozemků na trvalý travní porost. Tento způsob zajišťuje, že nebude docházet k překračování přípustných délek svahů erozně ohrožených pozemků. Umožňuje zabránit tomu, aby docházelo k přechodu z plošného odtoku na odtok soustředěný a následnému vytvoření povodňové vlny s odnosem velkého množství půdních částic z polí do prostoru obce.

Dalším opatřením pro zlepšení stavu pozemků orné půdy proti vodní erozi bylo navrženo doporučení, aby se na pozemcích zájmového území hospodařilo dle zásad dobré zemědělské praxe. V současné době je na velké části polí hospodařeno způsobem, který se s těmito zásadami neshoduje (např. orba kolmo na vrstevnice).

Další část textu se zabývala posouzením odtokových poměrů v zájmovém povodí a stanovením návrhových charakteristik povodňových vln vyvolaných přívalovými dešti pomocí hydrologického srážkoodtokového modelu DesQ-MaxQ. Modelem byly vypočteny hodnoty povrchových odtoků z jednotlivých dílčích povodí a následně odvozen odtok v uzávěrném profilu pro celé povodí. Hodnoty srážkoodtokového modelu (průběh povodňové vlny) vypočtené programem DesQ-MaxQ, byly následně použity jako jeden z podkladů metody pro návrh a posouzení efektivitu (účinnosti) suché nádrže v zájmovém území.

Pro potřeby ochrany území obce Zeměchy u Kralup před povodňovými průtoky bylo v zájmovém území navrženo protipovodňové opatření v podobě suché nádrže. Pro návrh umístění suché nádrže bylo vytipováno umístění ve spodní části zájmového povodí nad vtokem do sprašové rokle. Umístění vyhovuje z morfologického hlediska a umožňuje, aby byl zachycen co možná největší možný objem povodňové vlny aniž by došlo k poškození přírodní památky Sprašová rokle. Suchá nádrž byla navržena tak, aby bez problémů převedla a transformovala procházející povodňové vlny až do velikosti Q_{100} .

Opatření pro zlepšení ekologické stability krajiny v zájmovém území byly navrženy tak, aby pomohly snížit erozní náchylnost pozemků, zajistit ochranu půdního fondu a zlepšit hydrologické funkce povodí. Realizace těchto opatření pomůže výrazně řešit problémy obce s odtokem a následným transportem půdních částic z erozních procesů.

9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VHS Projekt s.r.o. Fotodokumentace povodňové události v obci Zeměchy u Kralup nad Vltavou ze dne 9.9.2012. 09/2012
- [2] Geologická mapa Zeměchy u Kralup nad Vltavou. *Geovědní a geologické mapy* [online]. Praha: Pavel Bokr, 2016 [cit. 2016-07-17]. Dostupné z: <http://www.geologicke-mapy.cz/regiony/ku-792799/#mapy-online>
- [3] Charakteristika hlavních půdních jednotek. *EAGRI* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, ©2009-2016 [cit. 2016-07-22]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/100163547.html>
- [4] Pedologická mapa skupin půdních typů. *Geoportál SOWAC-GIS* [online]. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, ©2016 [cit. 2016-07-22]. Dostupné z: <http://mapy.vumop.cz/>
- [5] *Veřejný registr půdy - LPIS* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, ©2009-2016 [cit. 2016-07-25]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>
- [6] Sprašová rokle u Zeměch. *Multimediální mineralogicko – petrografický exkurzní průvodce po území Čech* [online]. Praha: RNDr. Václav Vávra, Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita. Brno., 2011 [cit. 2016-08-3]. Dostupné z: <http://pruvodce.geol.cechy.sci.muni.cz/zemehy/zemehy.htm>
- [7] JANEČEK, Miloslav. *Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika* [online]. Praha: Powerprint, 2012 [cit. 2016-08-17]. ISBN 978-80-87415-42-9. Dostupné z: http://fzp.czu.cz/vyzkum/metodiky/Methodika_Ochrana_zemedelske_pudy_pred_erozi.pdf
- [8] *Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální, ©2004-2016 [cit. 2016-08-20]. Dostupné z: <http://nahlizeni.dokn.cuzk.cz/>
- [9] Manuál programu SMODERP. *Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství Fakulty stavební ČVUT v Praze* [online]. Praha: ČVUT v PRAZE – FAKULTA STAVEBNÍ Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, ©2016 [cit. 2016-09-5]. Dostupné z: http://storm.fsv.cvut.cz/data/files/Volne_stazitelne_vysledky/Smoderp/manual2013.pdf
- [10] Software DES_RAIN. ČZU – Fakulta životního prostředí [online]. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, ©2016 [cit. 2016-09-10]. Dostupné z: <https://www.fzp.czu.cz/cs/r-6899-projekty-a-spoluprace-s-praxi/r-6924-aplikovane-vysledky/r-7329-software/des-rain-variable.html>

- [11] *Program DesQ – MaxQ* [online]. [cit. 2016-09-25]. Dostupné z: <http://www.desq-maxq.cz/>
- [12] HRÁDEK, František a Karel KUŘÍK. *Maximální odtok z povodí: teorie svahového odtoku a hydrologický model DesQ-MAX Q* [online]. Praha: Credit, 2001 [cit. 2016-10-21]. ISBN 80-213-0782-X.
- [13] Numerická metoda pro posouzení efektivity suché nádrže. *Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství Fakulty stavební ČVUT v Praze* [online]. Praha: ČVUT v PRAZE – FAKULTA STAVEBNÍ Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, ©2016 [cit. 2016-11-11]. Dostupné z: <http://storm.fsv.cvut.cz/cinnost-katedry/volne-stazitelne-vysledky/sucha-nadrz/?lang=cz>

PŘÍLOHA Č.1 – HYDROLOGICKÉ ÚDAJE ČHMÚ



ČESKÝ
HYDROMETEOROLOGICKÝ
ÚSTAV

POBOČKA PRAHA



VÁŠ DOPIS ZN:
DORUČEN DNE: 14.02.2014

NAŠE ZNAČKA: 121/14/J

VYŘÍZUJE: Mgr. Jana Jovanovičová
DATUM: 20.02.2014
TELEFON: 244 032 535
EMAIL: jovanovicova@chmi.cz

VHS PROJEKT
Ing. Martin Jakoubek
Zlončice 144
278 01 Kralupy nad Vltavou

HYDROLOGICKÉ ÚDAJE POVRCHOVÝCH VOD

Na Vaši žádost Vám zasíláme požadované základní hydrologické údaje podle ČSN 75 1400 pro:

Vodní tok	bezejmenný pravostranný přítok Knovízského potoka		
Číslo hydrologického pořadí	1-12-02-0450		
Profil	konec sprašové rokle v Zeměchách		
Plocha povodí $A^a)$	1.79		km ²

N -leté průtoky $Q_N^{b)}$						$m^3 \cdot s^{-1}$		
1	2	5	10	20	50	100	Třída	
0.600	1.00	1.60	2.20	3.10	4.90	6.70	IV	

Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany
tel.: 244 032 545, fax: 244 032 500

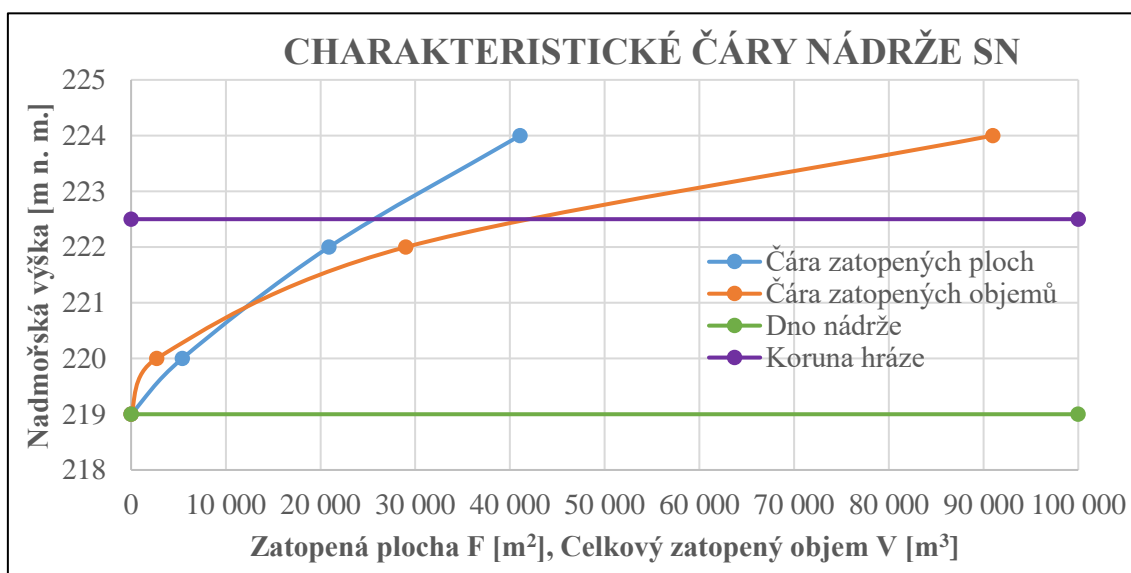
IČ: 00020699, DIČ: CZ00020699
č. ú.: 54132041/0100, www.chmi.cz

PŘÍLOHA Č.2 – HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

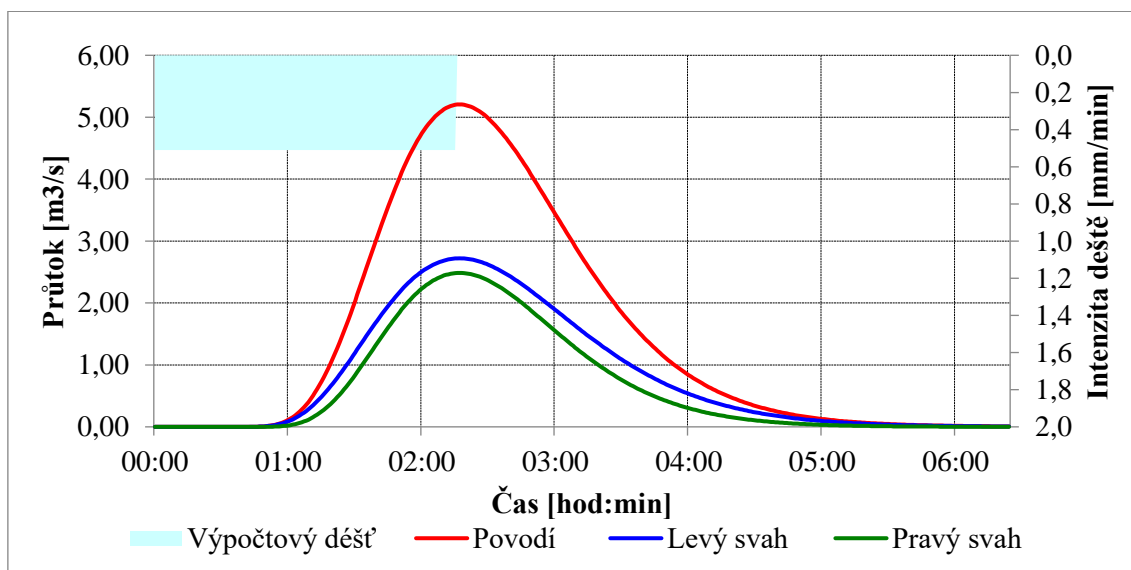
Výpočet suché nádrže SN

Charakteristické čáry nádrže:

Nadmořská výška [m n. m.]	Hloubka vody H [m]	Zatopená plocha F [m ²]	Zatopený objem ΔV [m ³]	Celkový zatopený objem V [m ³]
219,0	0,0	0,0	0,0	0,0
220,0	1,0	5408,6	2704,3	2704,3
222,0	3,0	20903,7	26312,2	29016,5
224,0	5,0	41062,0	61965,6	90988,2



Průběh povodňové vlny (vypočteno programem DesQ-MaxQ):



Tab. 27 - Časové řady průběhu povodňové vlny

Časové řady		Průtok	Časové řady		Průtok	Časové řady		Průtok
[hod]	[min]	[m ³ .s ⁻¹]	[hod]	[min]	[m ³ .s ⁻¹]	[hod]	[min]	[m ³ .s ⁻¹]
0,00	0	0,000	2,17	130	5,129	4,33	260	0,462
0,08	5	0,000	2,25	135	5,200	4,42	265	0,396
0,17	10	0,000	2,33	140	5,193	4,50	270	0,339
0,25	15	0,000	2,42	145	5,116	4,58	275	0,289
0,33	20	0,000	2,50	150	4,978	4,67	280	0,246
0,42	25	0,000	2,58	155	4,789	4,75	285	0,209
0,50	30	0,000	2,67	160	4,560	4,83	290	0,177
0,58	35	0,000	2,75	165	4,302	4,92	295	0,150
0,67	40	0,000	2,83	170	4,022	5,00	300	0,127
0,75	45	0,002	2,92	175	3,731	5,08	305	0,107
0,83	50	0,011	3,00	180	3,435	5,17	310	0,090
0,92	55	0,042	3,08	185	3,141	5,25	315	0,076
1,00	60	0,114	3,17	190	2,854	5,33	320	0,064
1,08	65	0,244	3,25	195	2,577	5,42	325	0,053
1,17	70	0,449	3,33	200	2,315	5,50	330	0,045
1,25	75	0,737	3,42	205	2,069	5,58	335	0,037
1,33	80	1,105	3,50	210	1,839	5,67	340	0,031
1,42	85	1,544	3,58	215	1,628	5,75	345	0,026
1,50	90	2,034	3,67	220	1,435	5,83	350	0,022
1,58	95	2,552	3,75	225	1,260	5,92	355	0,018
1,67	100	3,073	3,83	230	1,102	6,00	360	0,015
1,75	105	3,572	3,92	235	0,961	6,08	365	0,013
1,83	110	4,026	4,00	240	0,835	6,17	370	0,010
1,92	115	4,420	4,08	245	0,723	6,25	375	0,009
2,00	120	4,739	4,17	250	0,625	6,33	380	0,007
2,08	125	4,976	4,25	255	0,538	6,40	384	0,006

Charakteristika spodní výpusti:

Hv [m n.m.]	Hdv [m n.m.]	Hk [m n.m.]	ζ [-]	D [m]	Sp [m ²]	lp [m]	n [-]	i [-]
219,00	218,44	222,50	2,83	0,40	0,126	20,50	0,014	0,020

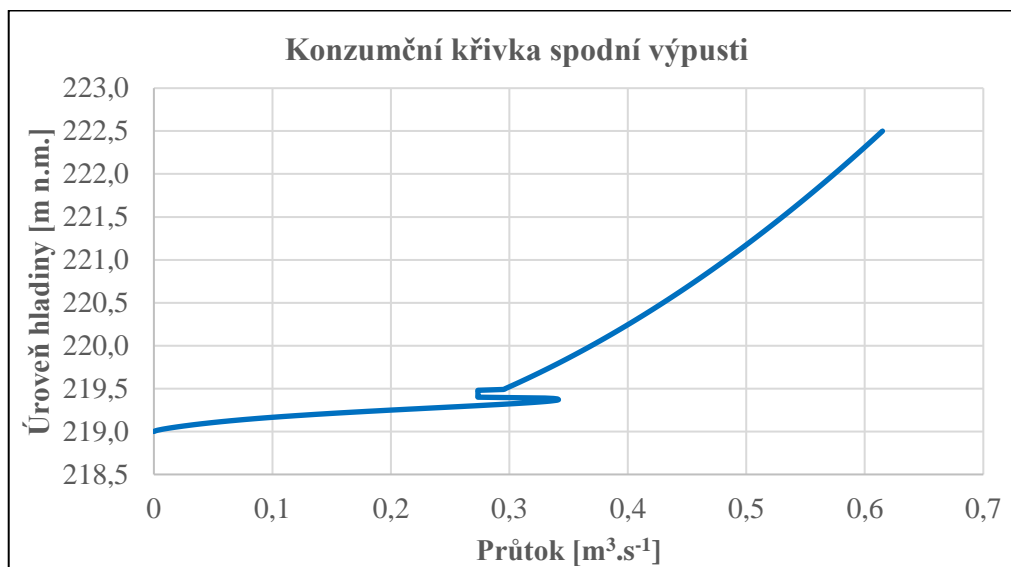
Kde: Hv je úroveň dna spodní výpusti ≈ poldru [m n.m.]

Hdv úroveň dolní vody [m n.m.]

Hk úroveň koruny hráze nádrže [m n.m.]

ζ součinitel tření v potrubí ζ + vtok [-]

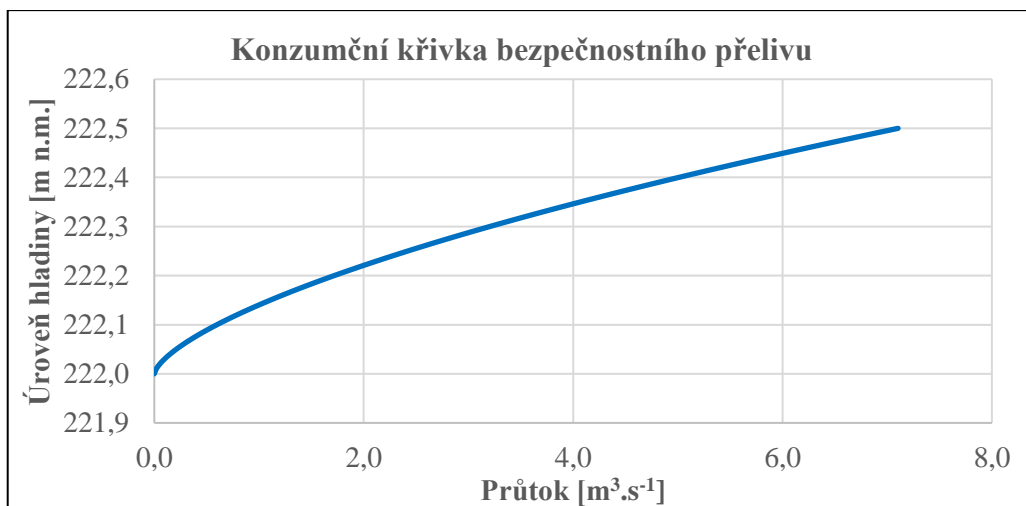
- D průměr potrubí spodní výpusti [m]
 Sp průtočný profil spodní výpusti [m²]
 lp délka potrubí spodní výpusti [m]
 n Manningův drsnostní součinitel (betonové potrubí) [-]
 i sklon potrubí spodní výpusti [-]



Charakteristika bezpečnostního přelivu:

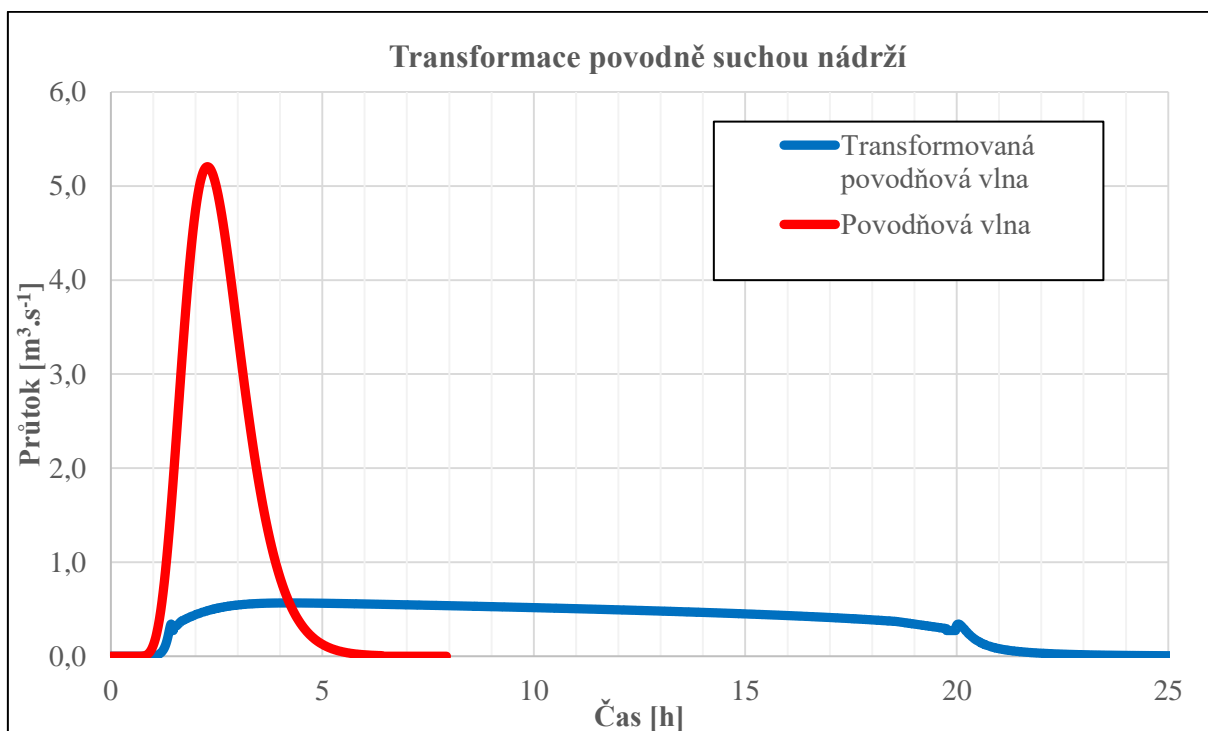
Hp [m n.m.]	b [m]	m [-]	μ [-]	tg α [-]
222,00	10,00	0,42	0,63	2

- Kde: Hp je úroveň bezpečnostního přelivu [m n.m.]
 b šířka bezpečnostního přelivu [m]
 m součinitel přepadu ($m = 2/3 \mu$) [-]
 μ součinitel přepadu [-]
 tg α sklon břehů bezpečnostního přelivu [m]



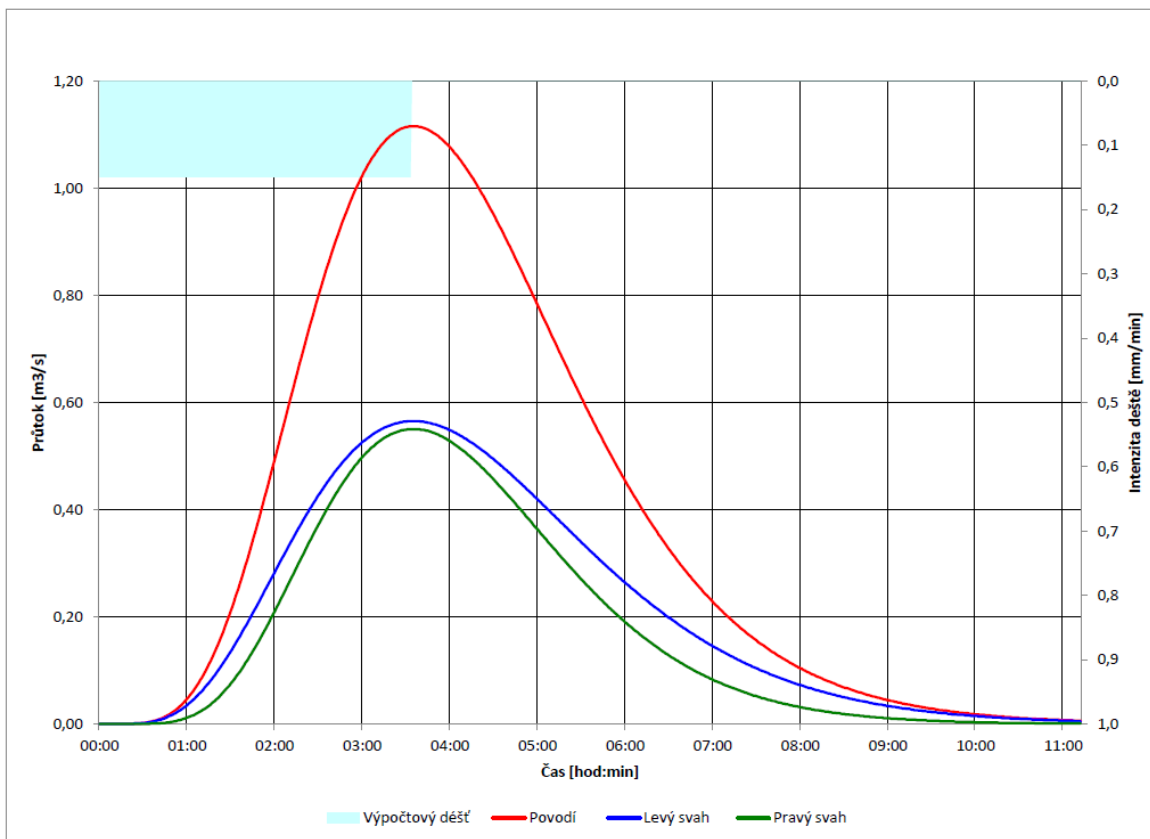
Výsledné charakteristiky nádrže:

Max. hladina vody v nádrži [m n.m.]	221,91
Odpovídající hloubka vody [m]	2,91
Úroveň bezpečnostního přelivu [m n.m.]	222,00
Maximální přítok P_{max} [m^3]	5,21
Doba max. přítoku T_{pmax} [h]	2,28
Maximální odtok O_{max} [m^3]	0,57
Doba max. odtoku T_{omax} [h]	4,21
Transformační efekt nádrže [%]	89,12

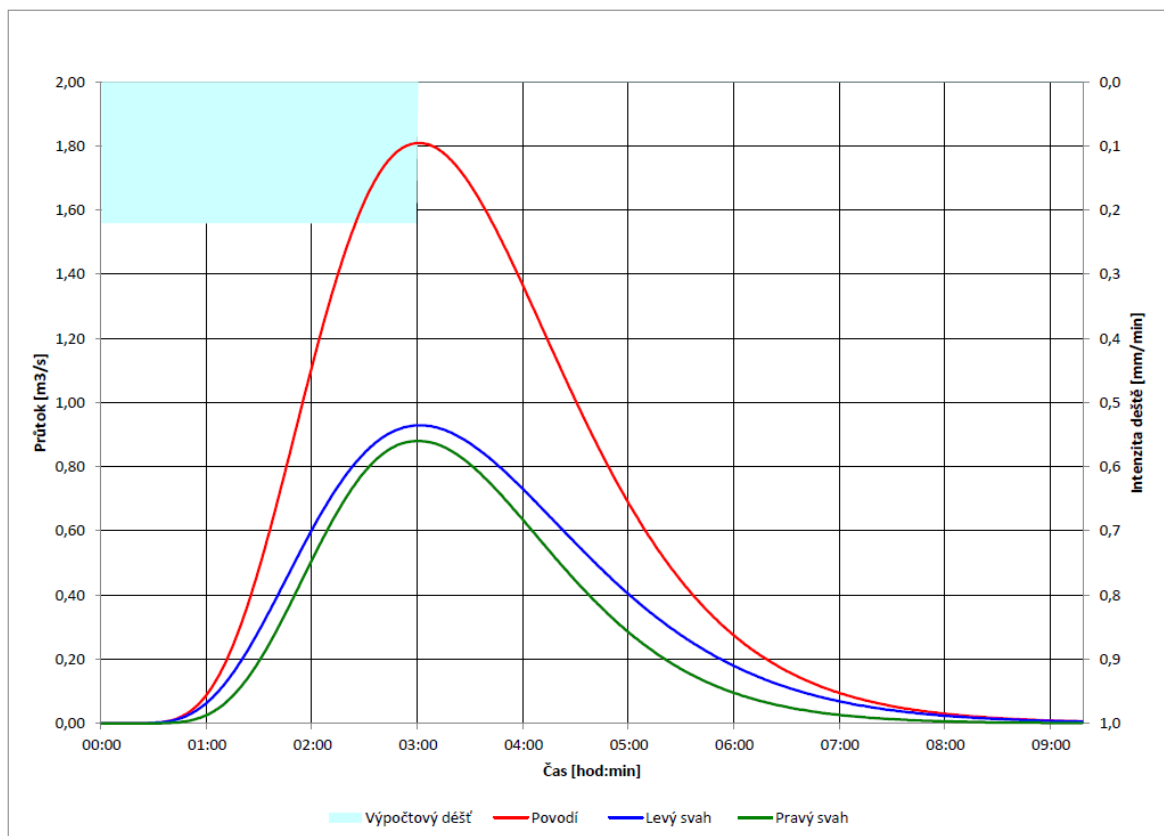


Výstupy z programu DesQ-MaxQ

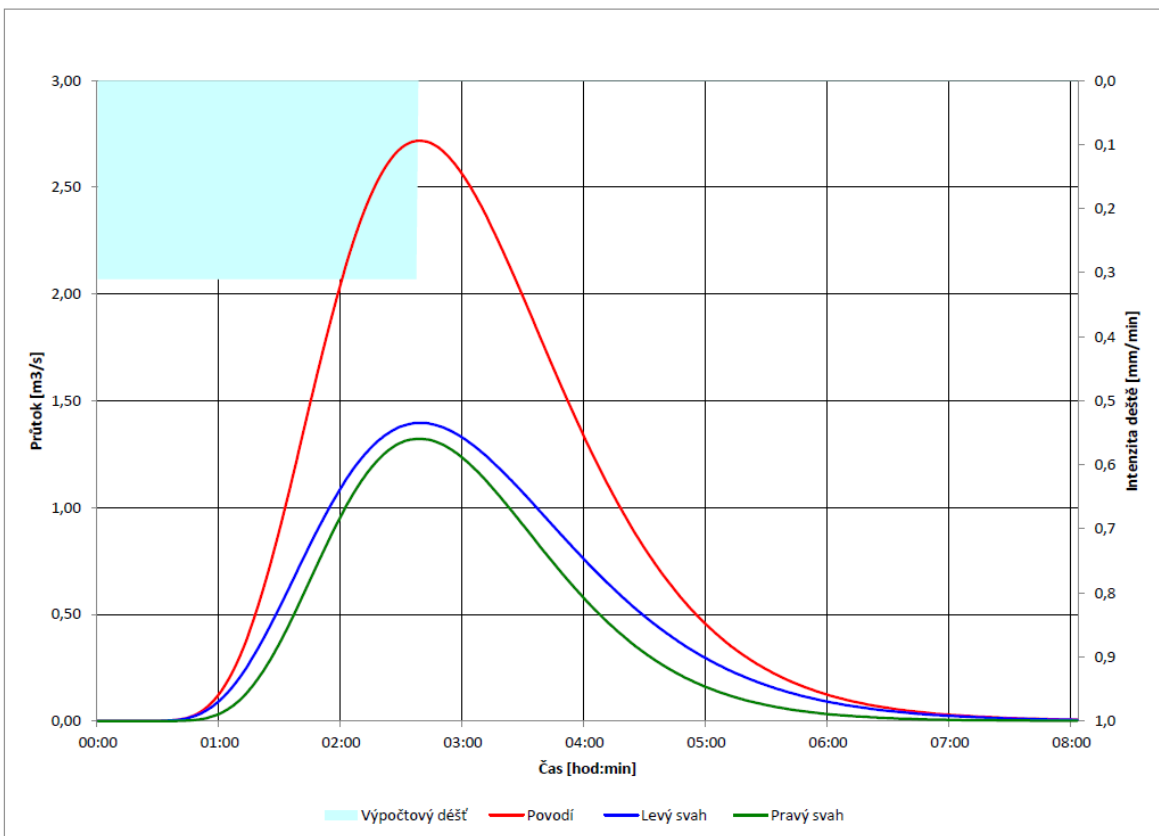
CELÉ POVODÍ - VÝSTUPNÍ VELICINY N = 5 let					
CN _{pr}	Předpočtené číslo CN - typ	Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
P _p	potenciální retenční povodí		75	73,7	[...]
L _s	průměrná délka svahu		84,7	90,8	[mm]
L ₅₀	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,36	0,31	[km]
			0,39	0,33	[km]
Kritický dešť					
t _{ik}	doba trvání deště		244	213	[min]
i _{ik}	intenzita deště		0,137	0,154	[mm.min ⁻¹]
H _{ik}	výška deště		33,4	32,7	[mm]
t _{1,ik}	doba bezodtokové fáze		4	3	[min]
t _{spk}	doba trvání přítoku		240	210	[min]
i _{spk}	intenzita přítoku		0,038	0,04	[mm.min ⁻¹]
H _{spk}	výška přítoku		9,2	8,4	[mm]
Výpočtový dešť					
t _d	doba trvání deště	213			[min]
i _d	intenzita deště	0,154			[mm.min ⁻¹]
H _d	výška deště	32,7			[mm]
t ₁	doba trvání bezodtokové fáze	3	3	3	[min]
t _{sp}	doba trvání přítoku		210	210	[min]
i _{sp}	intenzita přítoku		0,042	0,04	[mm.min ⁻¹]
H _{sp}	výška přítoku		8,9	8,4	[mm]
t _{sk}	doba koncentrace		229	210	[min]
i _{sk}	intenzita odtoku v době t _{sk}		0,042	0,04	[mm.min ⁻¹]
H _{sp}	výška odtoku		8,9	8,4	[mm]
max i ₅₀	max. intenzita odtoku ze svahu		0,036	0,04	[mm.min ⁻¹]
Q_{max}	maximální průtok	1,12	0,565	0,55	[m³.s⁻¹]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm					
W _{pvt}	objem povodňové vlny	15,4	8,45	6,93	[10 ³ .m ³]
t _{vh}	doba vzestupu hydrogramu	210	210	210	[min]
t _{ph}	doba poklesu hydrogramu	459	459	366	[min]
t _{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	0	[min]
t _{ch}	celková doba trvání odtoku	669	669	576	[min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané H _{10s}					
W _{pvt}	objem povodňové vlny	25,6	14	11,6	[10 ³ .m ³]
t _{vh}	doba vzestupu hydrogramu	210	210	210	[min]
t _{ph}	doba poklesu hydrogramu	916	916	725	[min]
t _{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	0	[min]
t _{ch}	celková doba trvání odtoku	1126	1126	935	[min]



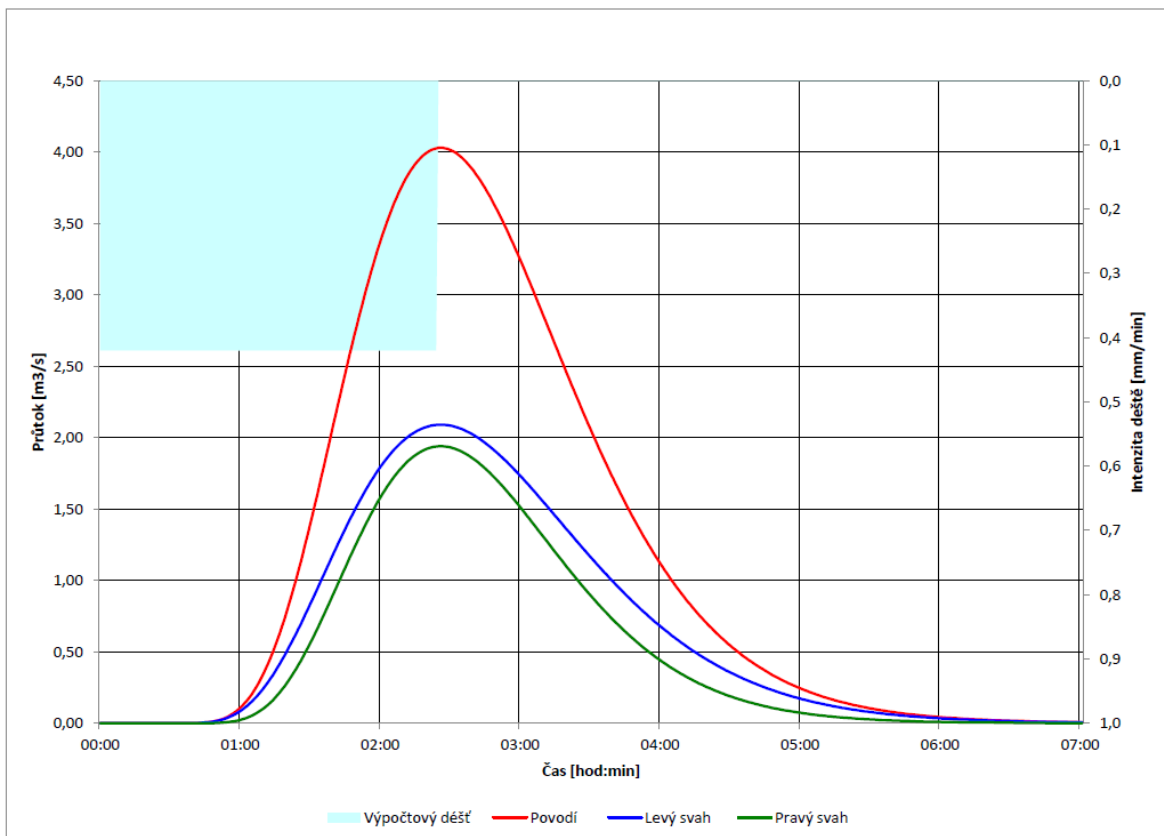
CELE PODOVÍ - VÝSTUPNÍ VELICINY N = 10 let				Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN _{pr}	přepočtené číslo CN - typ			75	73,7	[...]	
R _p	potenciální retence povodí			84,7	90,8	[mm]	
L _s	průměrná délka svahu			0,36	0,31	[km]	
L ₅₀	průměrná délka dráhy svahového odtoku			0,39	0,33	[km]	
Kritický déšť							
t _{dk}	doba trvání deště			201	176	[min]	
i _{dk}	intenzita deště			0,199	0,224	[mm.min ⁻¹]	
H _{dk}	výška deště			40,1	39,4	[mm]	
t _{zdk}	doba bezodtokové fáze			11	10	[min]	
t _{zpk}	doba trvání přítoku			190	166	[min]	
i _{zpk}	intenzita přítoku			0,062	0,065	[mm.min ⁻¹]	
H _{zpk}	výška přítoku			11,7	10,7	[mm]	
Výpočtový déšť							
t _d	doba trvání deště		179			[min]	
i _d	intenzita deště		0,22			[mm.min ⁻¹]	
H _d	výška deště		39,5			[mm]	
t _z	doba trvání bezodtokové fáze		10			[min]	
t _{zp}	doba trvání přítoku		169			[min]	
i _{zp}	intenzita přítoku		0,067			[mm.min ⁻¹]	
H _{zp}	výška přítoku		11,4			[mm]	
t _{zk}	doba koncentrace		181			[min]	
i _{zk}	intenzita odtoku v době t _{zk}		0,068			[mm.min ⁻¹]	
H ₅₀	výška odtoku		11,4			[mm]	
max i ₅₀	max. intenzita odtoku ze svahu		0,059			[mm.min ⁻¹]	
Q _{max}	maximální průtok		1,81	0,929	0,88	[m ³ .s ⁻¹]	
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm							
W _{PVT}	objem povodňové vlny		19,7	10,8	8,86	[10 ⁶ .m ³]	
t _{vh}	doba vzestupu hydrogramu		169	169	166	[min]	
t _{ph}	doba poklesu hydrogramu		379	379	308	[min]	
t _{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu		0	0	2	[min]	
t _{ch}	celková doba trvání odtoku		548	548	476	[min]	
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané H_{1,140}							
W _{PVT}	objem povodňové vlny		32,1	17,6	14,5	[10 ⁶ .m ³]	
t _{vh}	doba vzestupu hydrogramu		169	169	166	[min]	
t _{ph}	doba poklesu hydrogramu		736	736	600	[min]	
t _{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu		0	0	2	[min]	
t _{ch}	celková doba trvání odtoku		905	905	768	[min]	



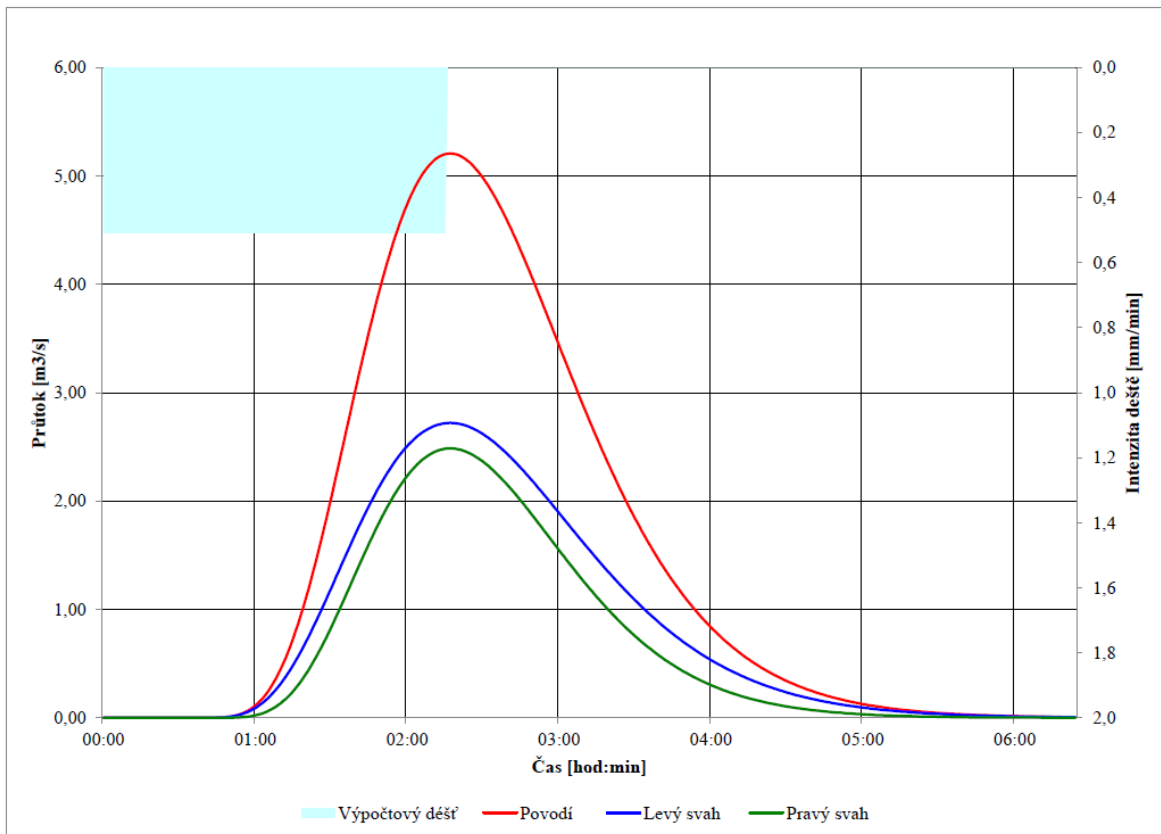
CELÉ POVODÍ - VÝSTUPNÍ VELICINY N = 20 let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN_{pr}	přepočtené číslo CN - typ		75	73,7	[...]
R_p	potenciální retence povodí		84,7	90,8	[mm]
L_s	průměrná délka svahu		0,36	0,31	[km]
L_{50}	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,39	0,33	[km]
Kritický dešť					
t_{dk}	doba trvání deště		177	156	[min]
i_{dk}	intenzita deště		0,274	0,307	[mm.min ⁻¹]
H_{dk}	výška deště		48,6	47,9	[mm]
t_{zdk}	doba bezodtokové fáze		21	20	[min]
t_{zpk}	doba trvání přítoku		156	136	[min]
i_{zpk}	intenzita přítoku		0,092	0,096	[mm.min ⁻¹]
H_{zpk}	výška přítoku		14,3	13,1	[mm]
Výpočtový dešť					
t_d	doba trvání deště	157			[min]
i_d	intenzita deště	0,305			[mm.min ⁻¹]
H_d	výška deště	48			[mm]
t_i	doba trvání bezodtokové fáze	19	19	21	[min]
t_{zp}	doba trvání přítoku		138	136	[min]
i_{zp}	intenzita přítoku		0,101	0,096	[mm.min ⁻¹]
H_{zp}	výška přítoku		14	13,1	[mm]
t_k	doba koncentrace		148	135	[min]
i_k	intenzita odtoku v době t_k		0,101	0,097	[mm.min ⁻¹]
H_{50}	výška odtoku		14	13,1	[mm]
$\max i_{50}$	max. intenzita odtoku ze svahu		0,088	0,096	[mm.min ⁻¹]
Q_{max}	maximální průtok	2,72	1,4	1,32	[m³.s⁻¹]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	24,1	13,3	10,8	[10 ³ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	138	138	135	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	326	326	263	[min]
t_{vh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	1	[min]
t_{vh}	celková doba trvání odtoku	464	464	399	[min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané $H_{1,200}$					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	37,1	20,4	16,7	[10 ³ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	138	138	135	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	588	588	478	[min]
t_{vh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	1	[min]
t_{vh}	celková doba trvání odtoku	726	726	614	[min]



CELÉ POVODÍ - VÝSTUPNÍ VELICINY N = 50 let				
CN _{pr}	Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
přepočtené číslo CN - typ		75	73,7	[...]
R _p	potenciální retenční povodí	84,7	90,8	[mm]
L _s	průměrná délka svahu	0,36	0,31	[km]
L ₅₀	průměrná délka dráhy svahového odtoku	0,39	0,33	[km]
Kritický dešť				
t _{dk}	doba trvání deště	160	143	[min]
i _{dk}	intenzita deště	0,377	0,418	[mm.min ⁻¹]
H _{dk}	výška deště	60,3	59,7	[mm]
t _{1,dk}	doba bezodtokové fáze	32	31	[min]
t _{sp,dk}	doba trvání přítoku	128	112	[min]
i _{sp,dk}	intenzita přítoku	0,136	0,141	[mm.min ⁻¹]
H _{sp,dk}	výška přítoku	17,4	15,8	[mm]
Výpočtový dešť				
t _d	doba trvání deště	144		[min]
i _d	intenzita deště	0,415		[mm.min ⁻¹]
H _d	výška deště	59,8		[mm]
t ₁	doba trvání bezodtokové fáze	29	29	[min]
t _{sp}	doba trvání přítoku		115	112
i _{sp}	intenzita přítoku		0,149	0,142
H _{sp}	výška přítoku		17,1	15,9
t _{sk}	doba koncentrace		122	112
i _{sk}	intenzita odtoku v době t _{sk}		0,149	0,141
H _{sp}	výška odtoku		17,1	15,9
max i ₅₀	max. intenzita odtoku ze svahu		0,132	0,142
Q _{max}	maximální průtok	4,03	2,09	1,94
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm				
W _{PVT}	objem povodňové vlny	29,3	16,3	13 [10 ³ .m ³]
t _{vh}	doba vzestupu hydrogramu	115	115	112 [min]
t _{ph}	doba poklesu hydrogramu	277	277	228 [min]
t _{hn}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	0 [min]
t _{ch}	celková doba trvání odtoku	392	392	340 [min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané H_{1,50}				
W _{PVT}	objem povodňové vlny	41,4	22,9	18,5 [10 ³ .m ³]
t _{vh}	doba vzestupu hydrogramu	115	115	112 [min]
t _{ph}	doba poklesu hydrogramu	444	444	368 [min]
t _{hn}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	0 [min]
t _{ch}	celková doba trvání odtoku	559	559	480 [min]



CELE PODOVI - VYSTUPNI VELICINY N = 100 let				Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN_{pr}	přepočtené číslo CN - typ			75		73,7	[...]
R_p	potenciální retenční povodí			84,7		90,8	[mm]
L_p	průměrná délka svahu			0,36		0,31	[km]
L_{50}	průměrná délka dráhy svahového odtoku			0,39		0,33	[km]
Kritický déšť							
t_{dk}	doba trvání deště		135			135	[min]
i_{dk}	intenzita deště		0,462			0,507	[mm.min ⁻¹]
H_{dk}	výška deště		68,9			68,5	[mm]
t_{zdk}	doba bezodtokové fáze		37			36	[min]
t_{pdk}	doba trvání přítoku		112			99	[min]
i_{pdk}	intenzita přítoku		0,177			0,181	[mm.min ⁻¹]
H_{pdk}	výška přítoku		19,8			18	[mm]
Výpočtový déšť							
t_d	doba trvání deště		135				[min]
i_d	intenzita deště		0,507				[mm.min ⁻¹]
H_d	výška deště		68,5				[mm]
t_z	doba trvání bezodtokové fáze		33			36	[min]
t_{zp}	doba trvání přítoku		102			99	[min]
i_{zp}	intenzita přítoku		0,191			0,181	[mm.min ⁻¹]
H_{zp}	výška přítoku		19,5			18	[mm]
t_k	doba koncentrace		108			99	[min]
i_k	intenzita odtoku v době t_k		0,19			0,18	[mm.min ⁻¹]
H_{50}	výška odtoku		19,5			18	[mm]
$\max i_{50}$	max. intenzita odtoku ze svahu		0,172			0,181	[mm.min ⁻¹]
Q_{max}	maximální přítok		5,21			2,49	[m³.s⁻¹]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm							
W_{PVT}	objem povodňové vlny		33,3			14,8	[10 ⁶ .m ³]
t_{vH}	doba vzestupu hydrogramu		102			99	[min]
t_{pH}	doba poklesu hydrogramu		249			208	[min]
t_{vH}	doba trvání kulminace hydrogramu		0			0	[min]
t_{vH}	celková doba trvání odtoku		351			307	[min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané $H_{50,100}$							
W_{PVT}	objem povodňové vlny		45,1			20,1	[10 ⁶ .m ³]
t_{vH}	doba vzestupu hydrogramu		102			99	[min]
t_{pH}	doba poklesu hydrogramu		376			316	[min]
t_{vH}	doba trvání kulminace hydrogramu		0			0	[min]
t_{vH}	celková doba trvání odtoku		478			415	[min]



PŘÍLOHA Č.3 – LABORATORNÍ VYHODNOCENÍ PŮDNÍCH VZORKŮ

Na základě terénního průzkumu provedeného na zájmovém území v září 2016 bylo v laboratořích Fakulty stavební ČVUT v Praze provedeno vyhodnocení odebraných směsných půdních vzorků. Celkem bylo odebráno 6 půdních vzorků. Místa odběru půdních vzorků jsou znázorněna v mapové příloze č. 05 – Schéma odtokových drah. Z hlediska půdních druhů se jedná převážně o půdy hlinité (sondy S1, S2, S3) a písčitohlinité (sonda S4, S5, S6).

Tab. 1 – Půdní charakteristiky

Sonda číslo	Jíl [%]	Prach [%]	Písek [%]
S1	27	51	22
S2	29	50	21
S3	25	37	38
S4	13	30	57
S5	18	30	52
S6	15	32	53

Jíl $d < 0,002$ mm

Prach $d = 0,002 - 0,05$ mm

Písek $d = 0,05 - 2,0$ mm

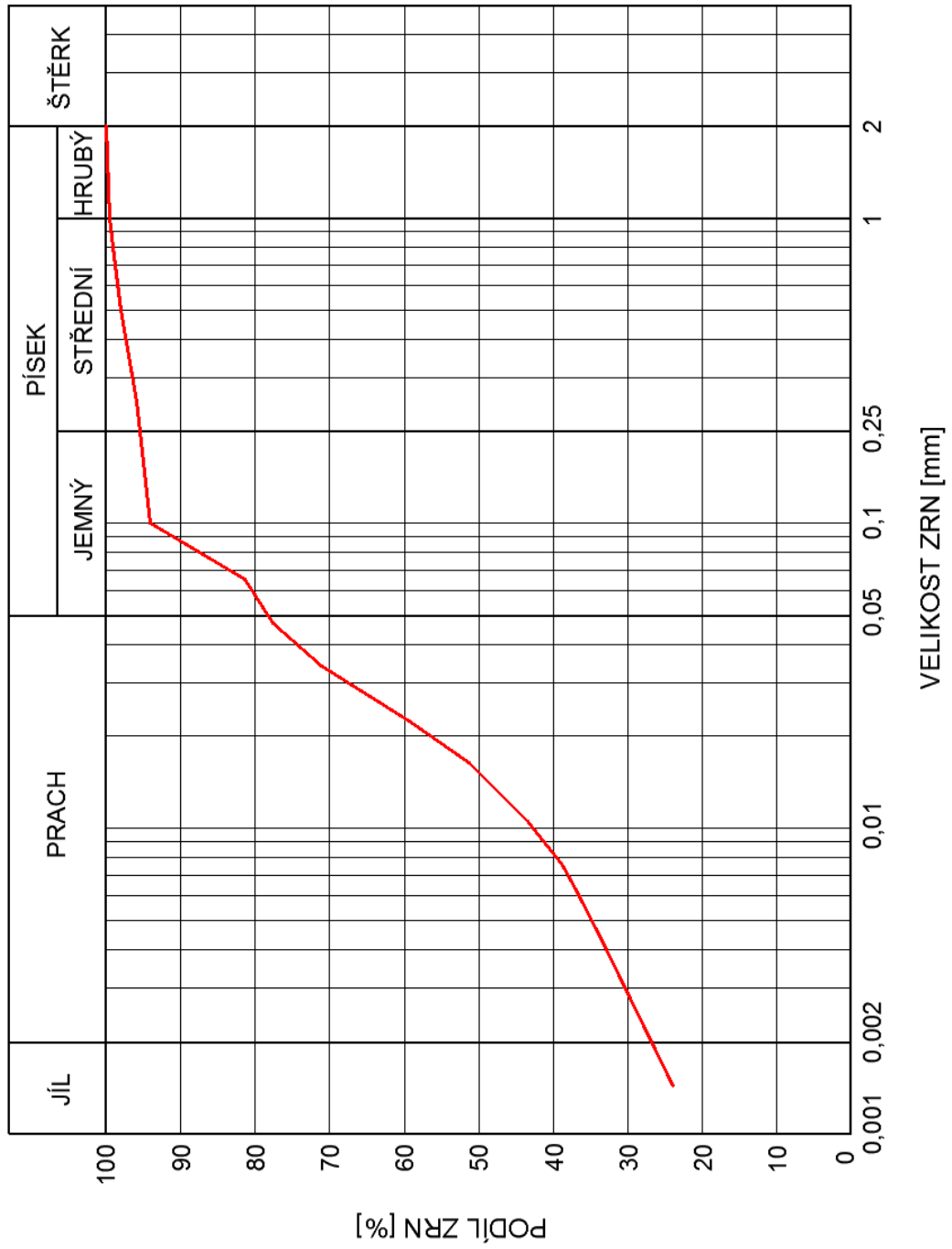
Tab. 2 - Celkové výsledky pedologického průzkumu

Číslo vzorku	NRSC USDA diagram	Klasifikace půdního druhu dle Nováka	
		Druh půdy	Klasifikace půdy
1	Jílovitá hlína	Hlinitá	Středně těžká
2	Jílovitá hlína	Hlinitá	Středně těžká
3	Hlína	Hlinitá	Středně těžká
4	Písčitá hlína	Písčitohlinitá	Středně těžká
5	Písčitá hlína	Písčitohlinitá	Středně těžká
6	Písčitá hlína	Písčitohlinitá	Středně těžká

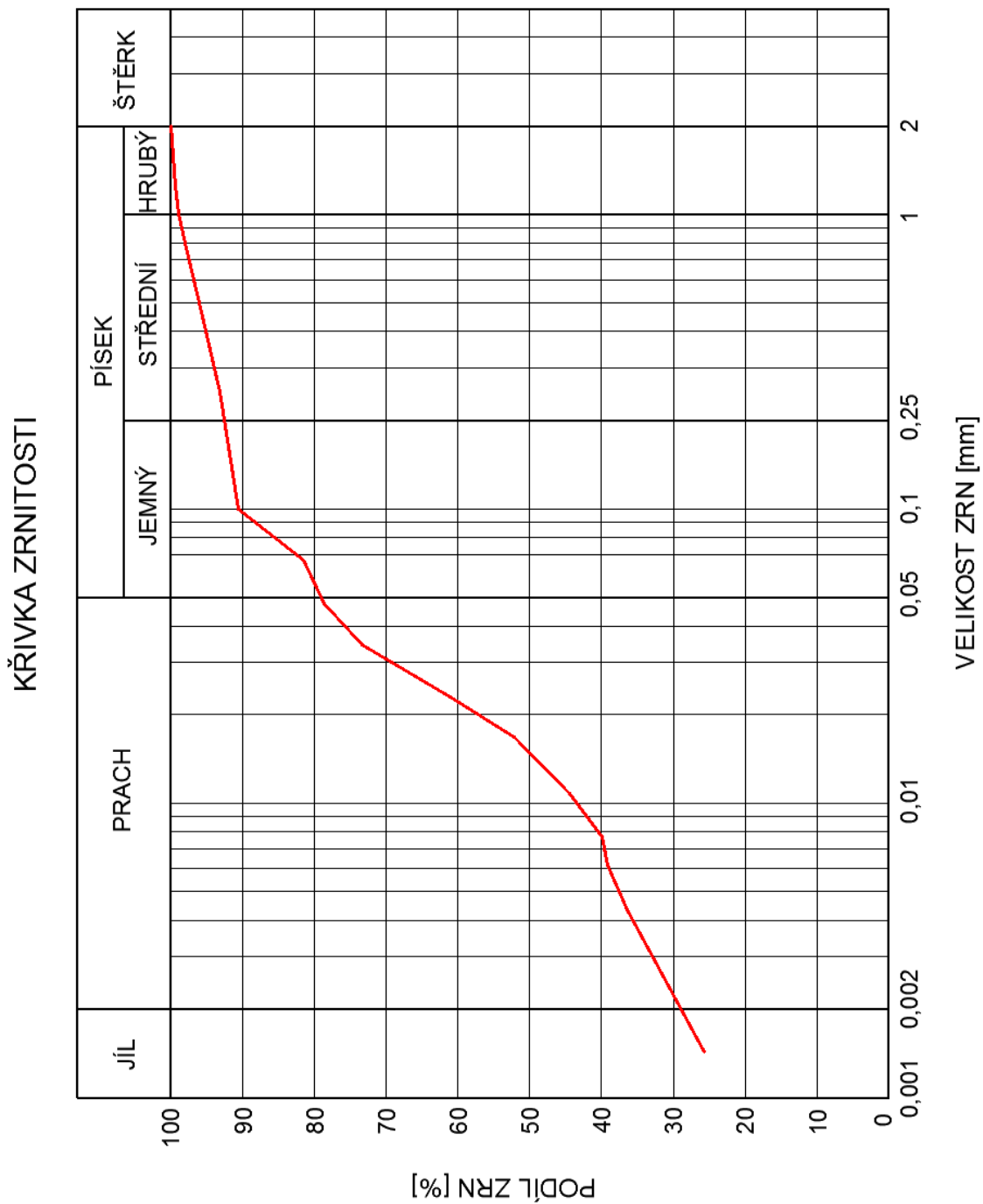
Půdní druh byl určen podle Novákovy klasifikace (zatřídění podle podílu částic $d < 0,01$ mm) a orientačně podle trojúhelníkového diagramu zrnitosti půd (NRSC USDA). Stanovení zrnitosti (křivky zrnitosti) bylo vyhotoveno na základě zrnitostního rozboru odebraných vzorků kombinací metod prosévání na sítích a Casagrandeho hustoměrné metody.

Vzorek č.1

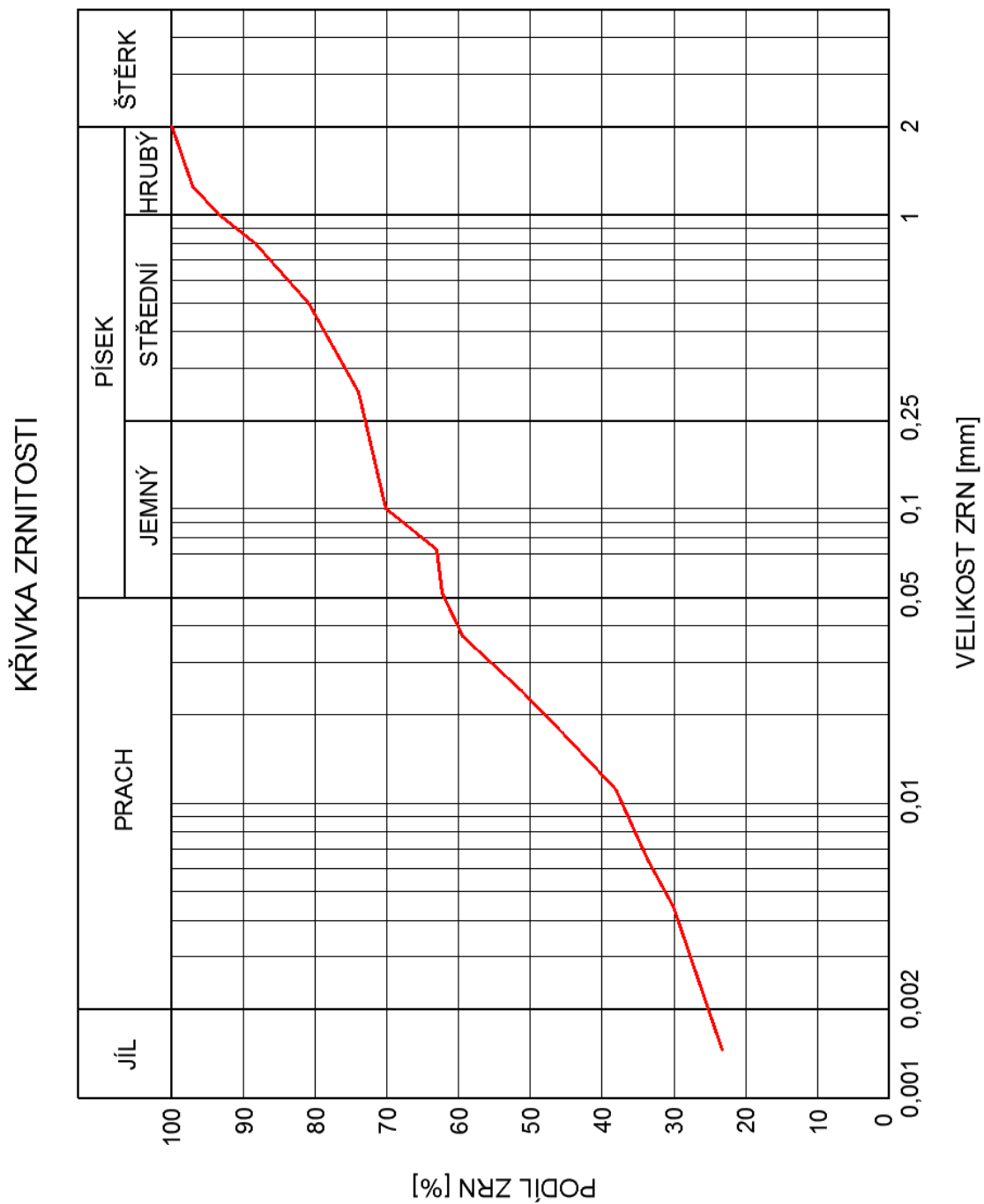
KŘIVKA ZRNITOSTI



Vzorek č.2

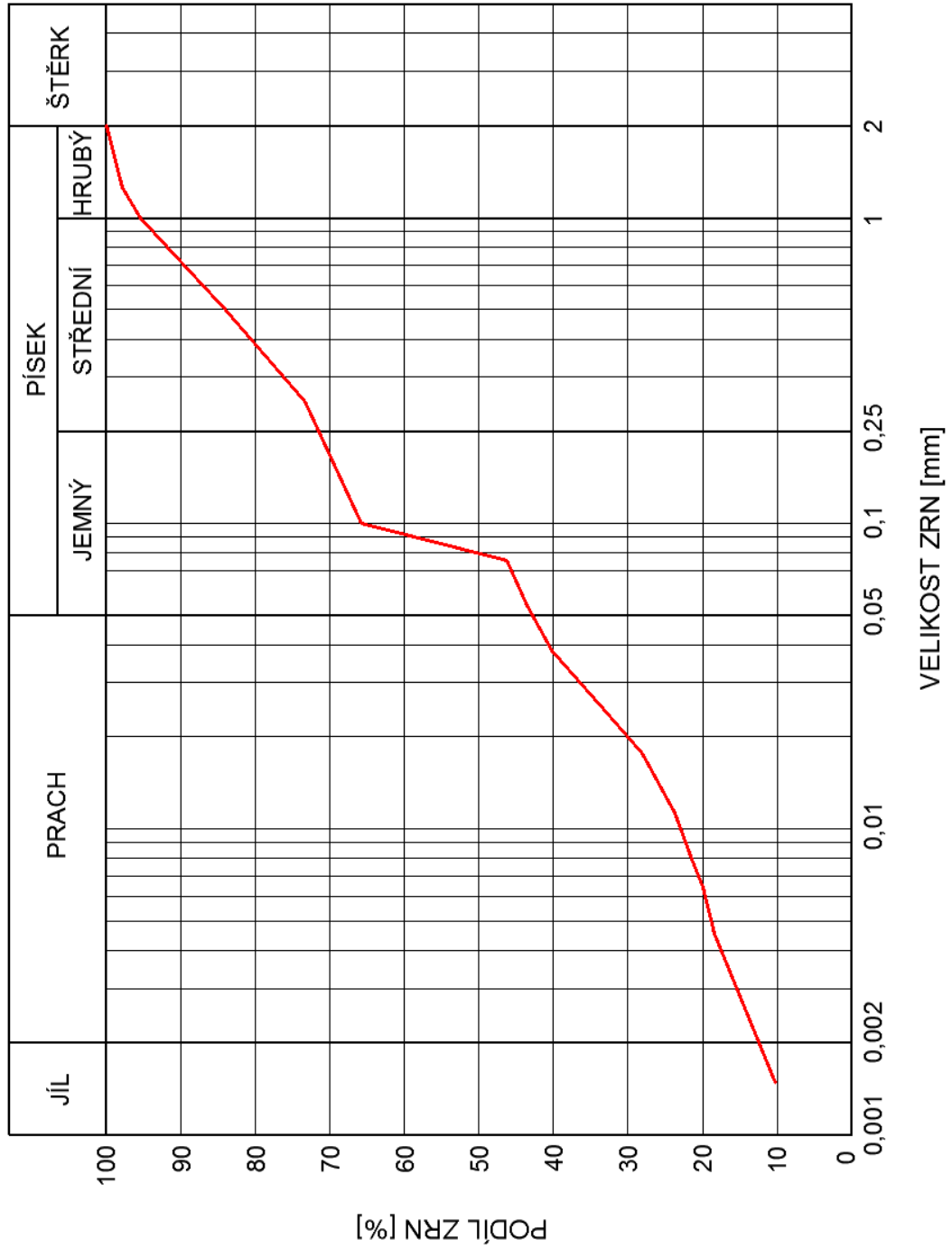


Vzorek č.3



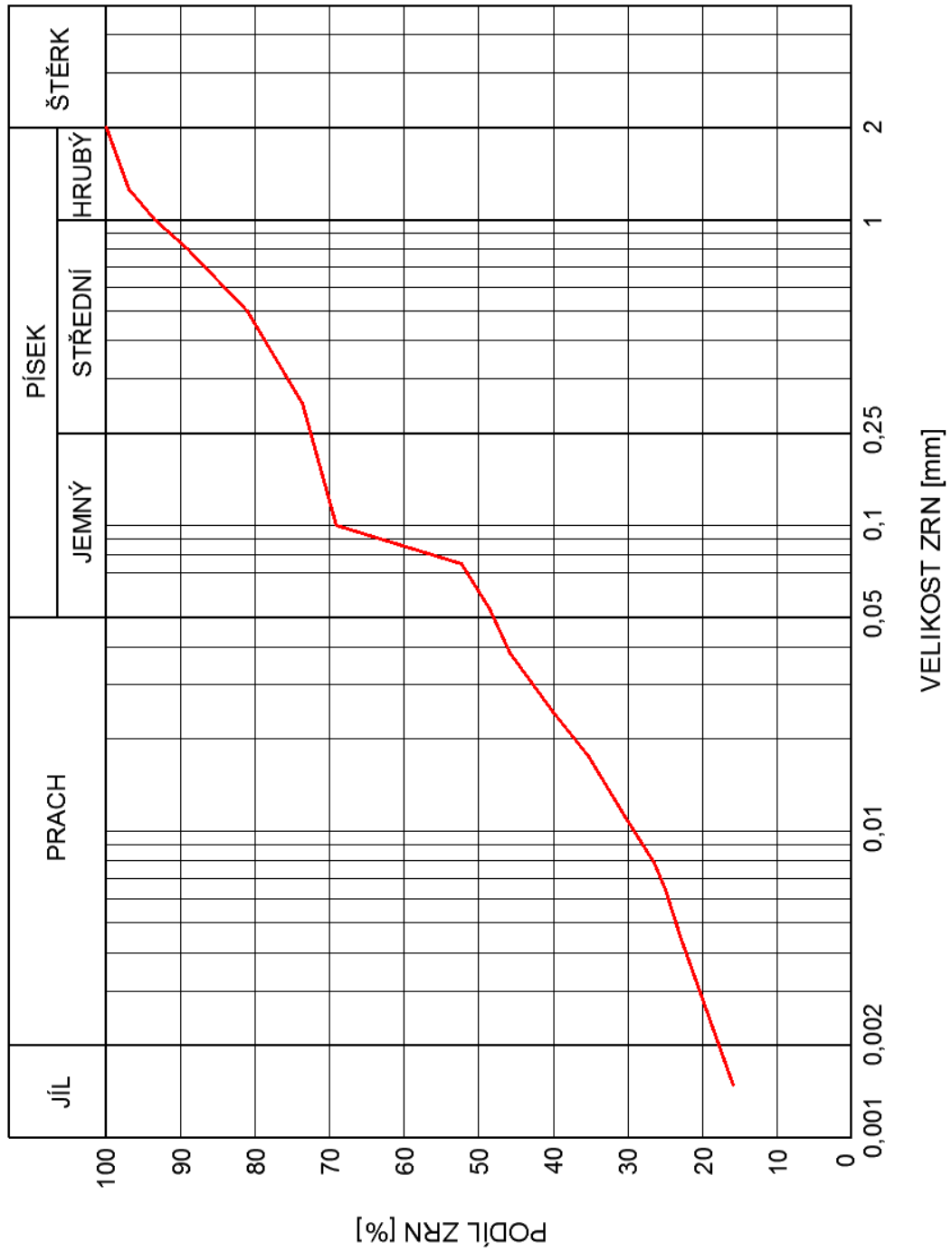
Vzorek č.4

KŘIVKA ZRNITOSTI

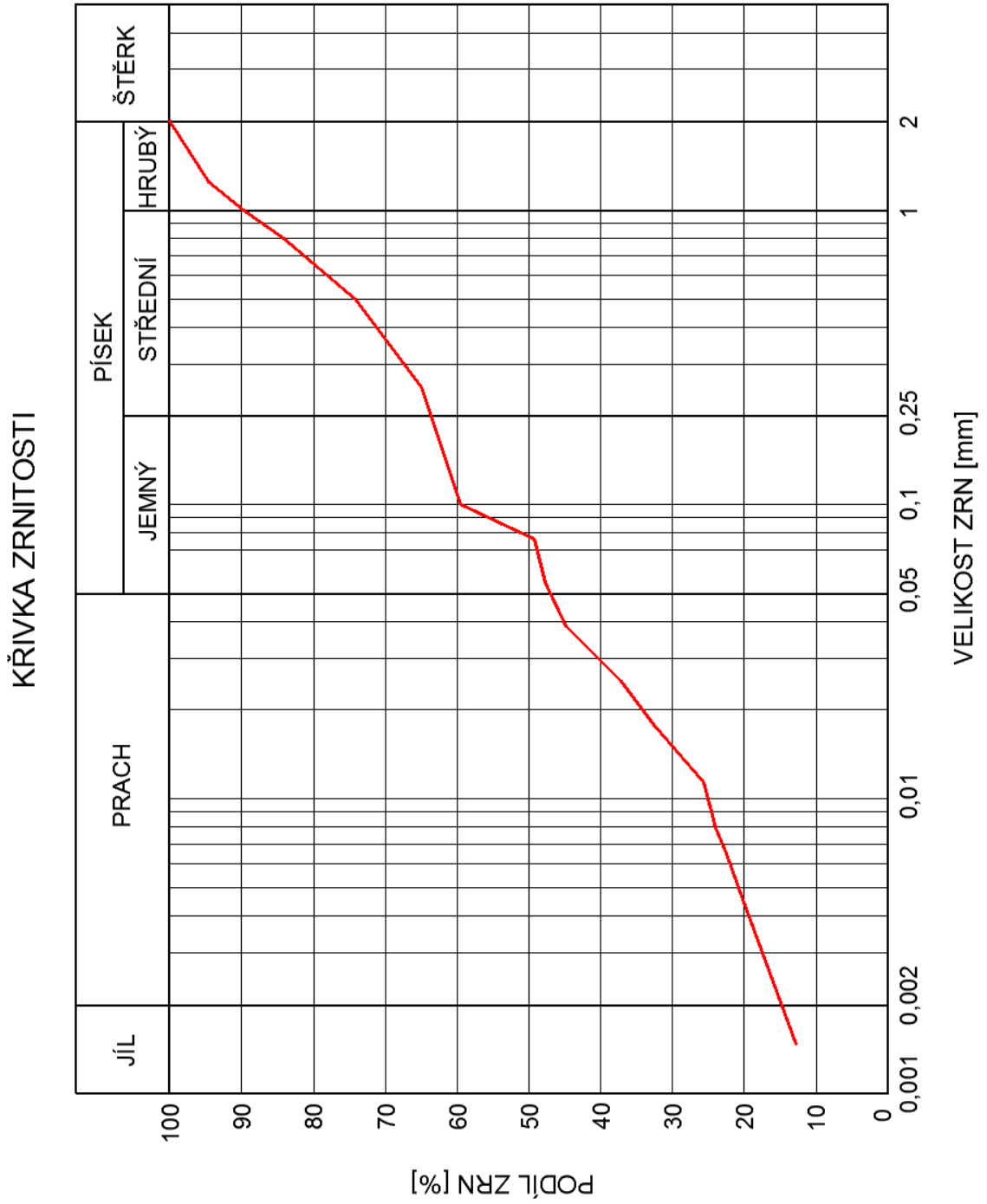


Vzorek č.5

KŘIVKA ZRNITOSTI

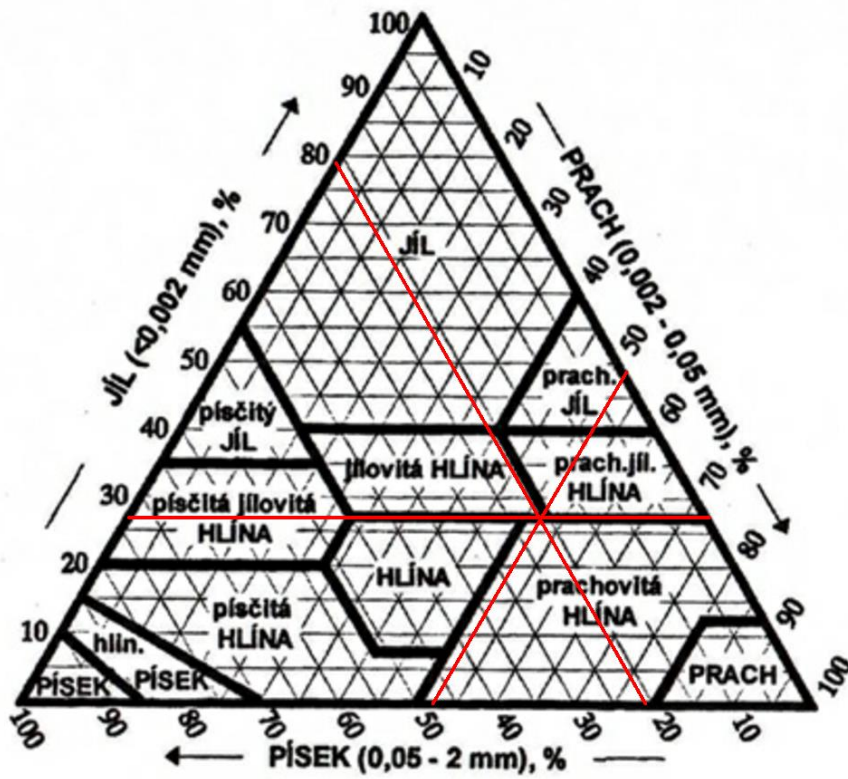


Vzorek č.6

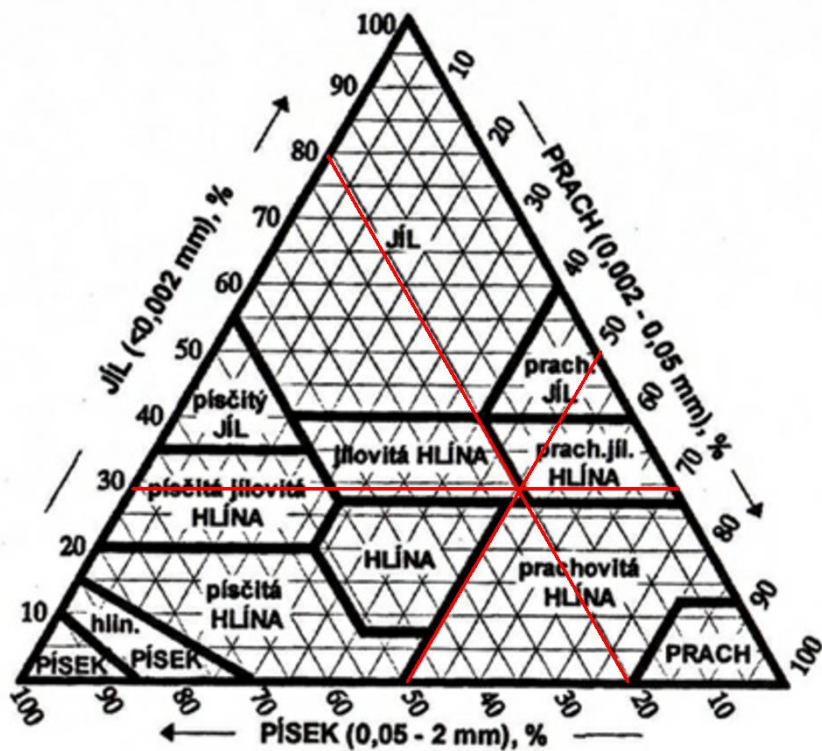


Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd (NRSC USDA):

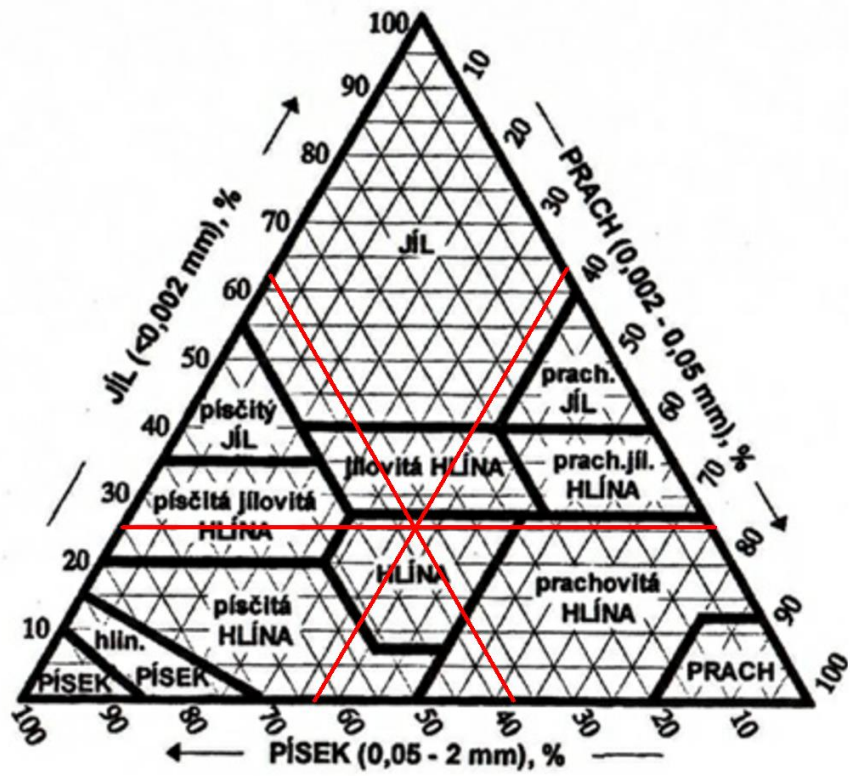
Vzorek č.1



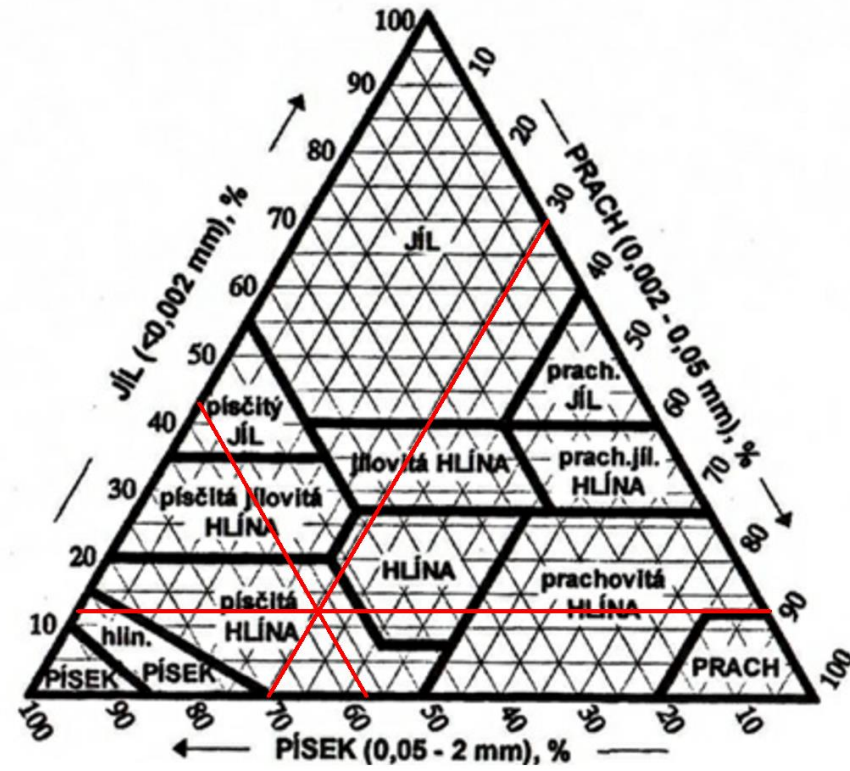
Vzorek č.2



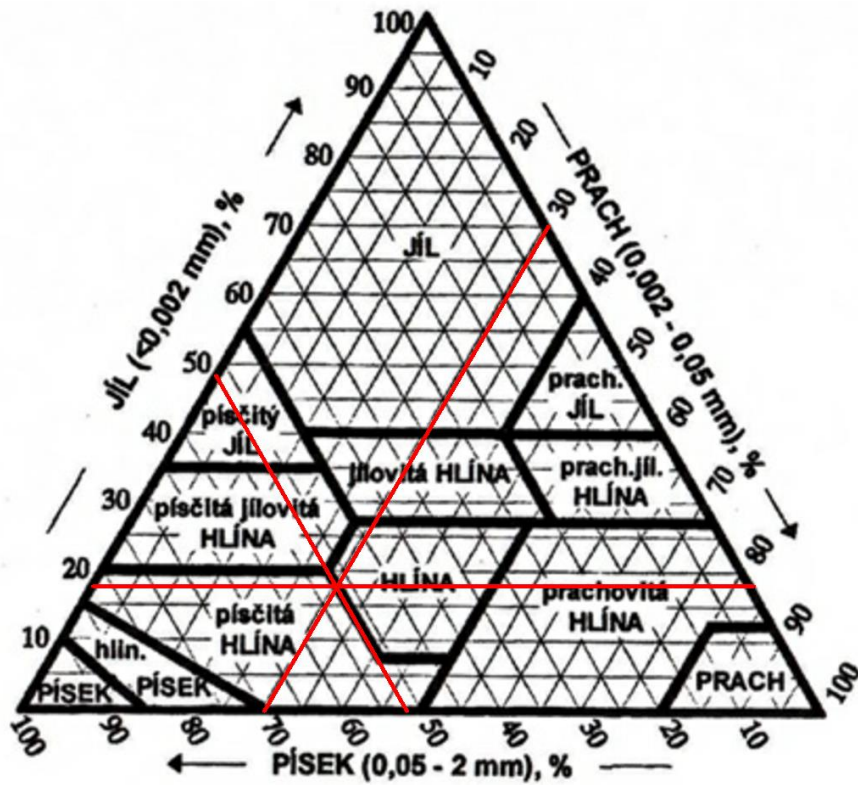
Vzorek č.3



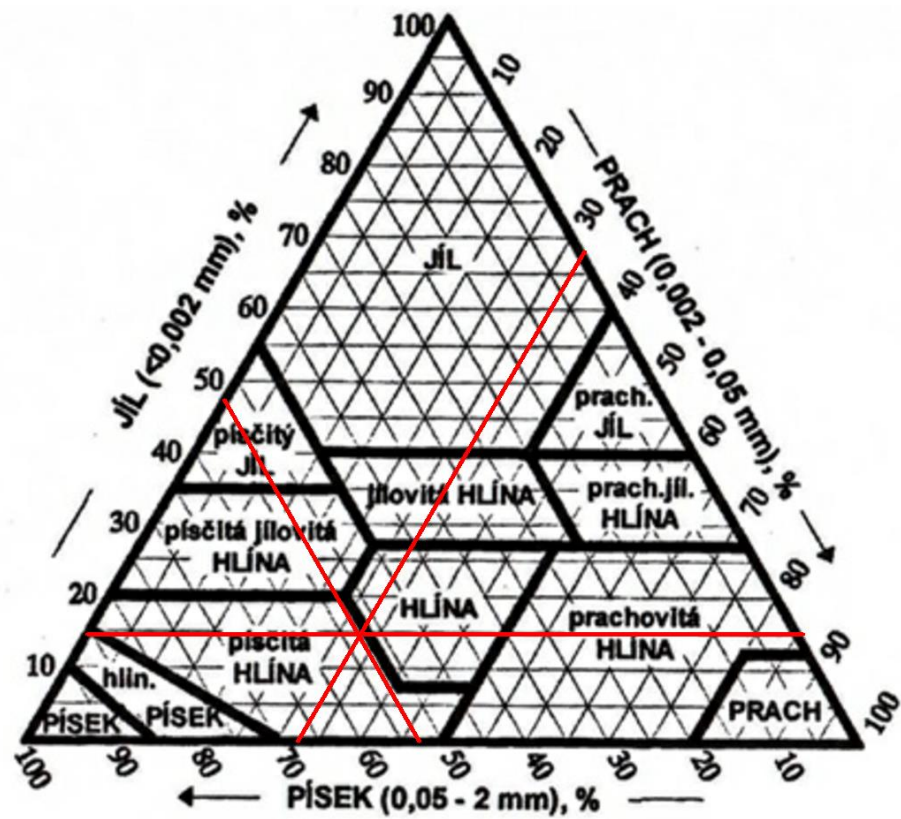
Vzorek č.4



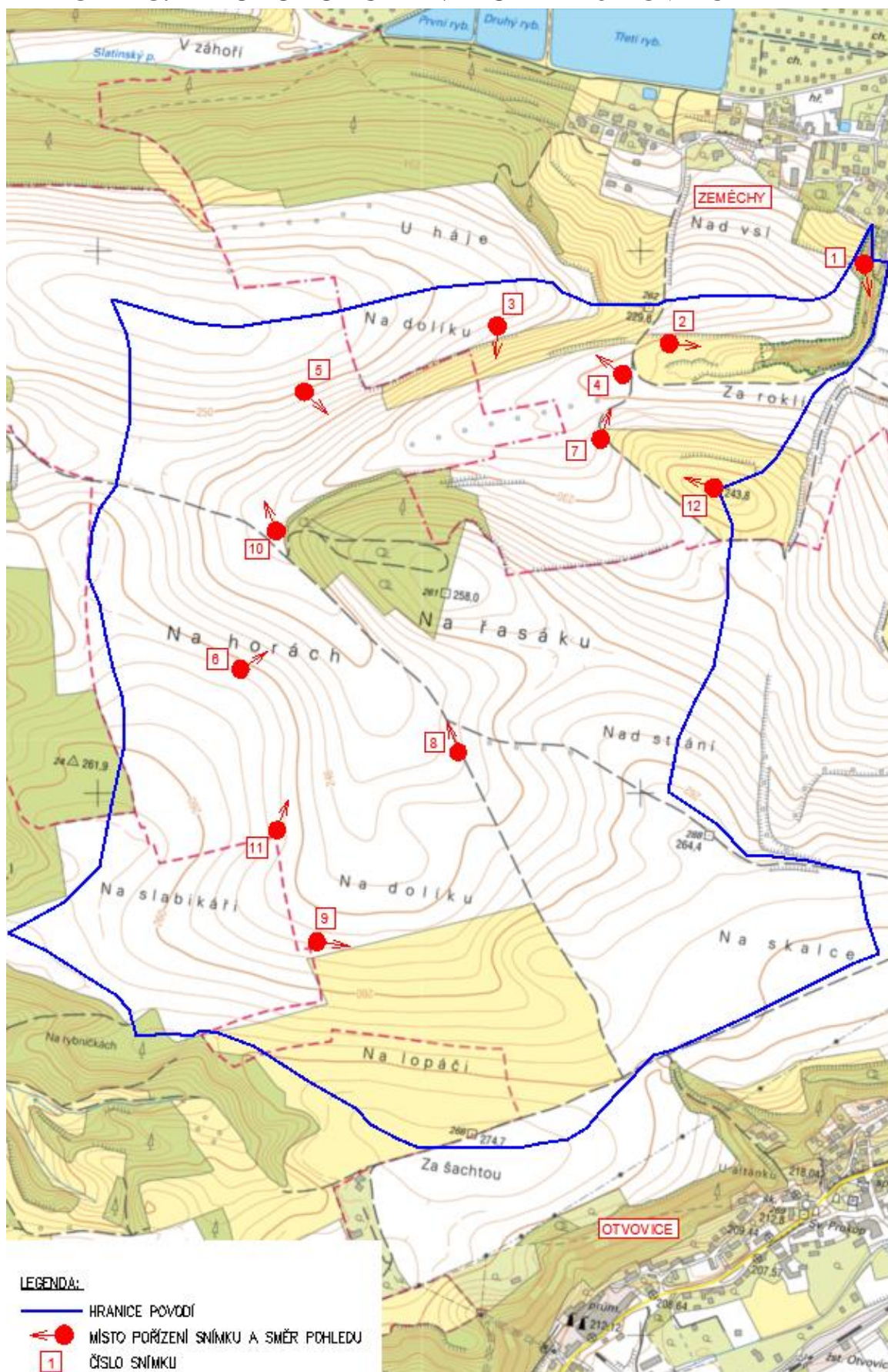
Vzorek č.5



Vzorek č.6



PŘÍLOHA Č.4 – FOTODOKUMENTACE – ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ





Obr. 1 - Vstup do sprašové rokle – obec



Obr. 2 - Vstup do sprašové rokle – zájmové území



Obr. 3 - Protierozní meze v zájmovém území



Obr. 4 - Další příklad protierozních mezí v zájmovém území



Obr. 5 - Pohled na horní část komplexu



Obr. 6 - Pohled na spodní část komplexu



Obr. 7 - Polní cesta křížící profil sprašové rokle



Obr. 8 - Částečně zpevněná polní cesta



Obr. 9 – Vhodný způsob orby – po vrstevnici



Obr. 10 - Nevhodný způsob orby - kolmo na vrstevnice

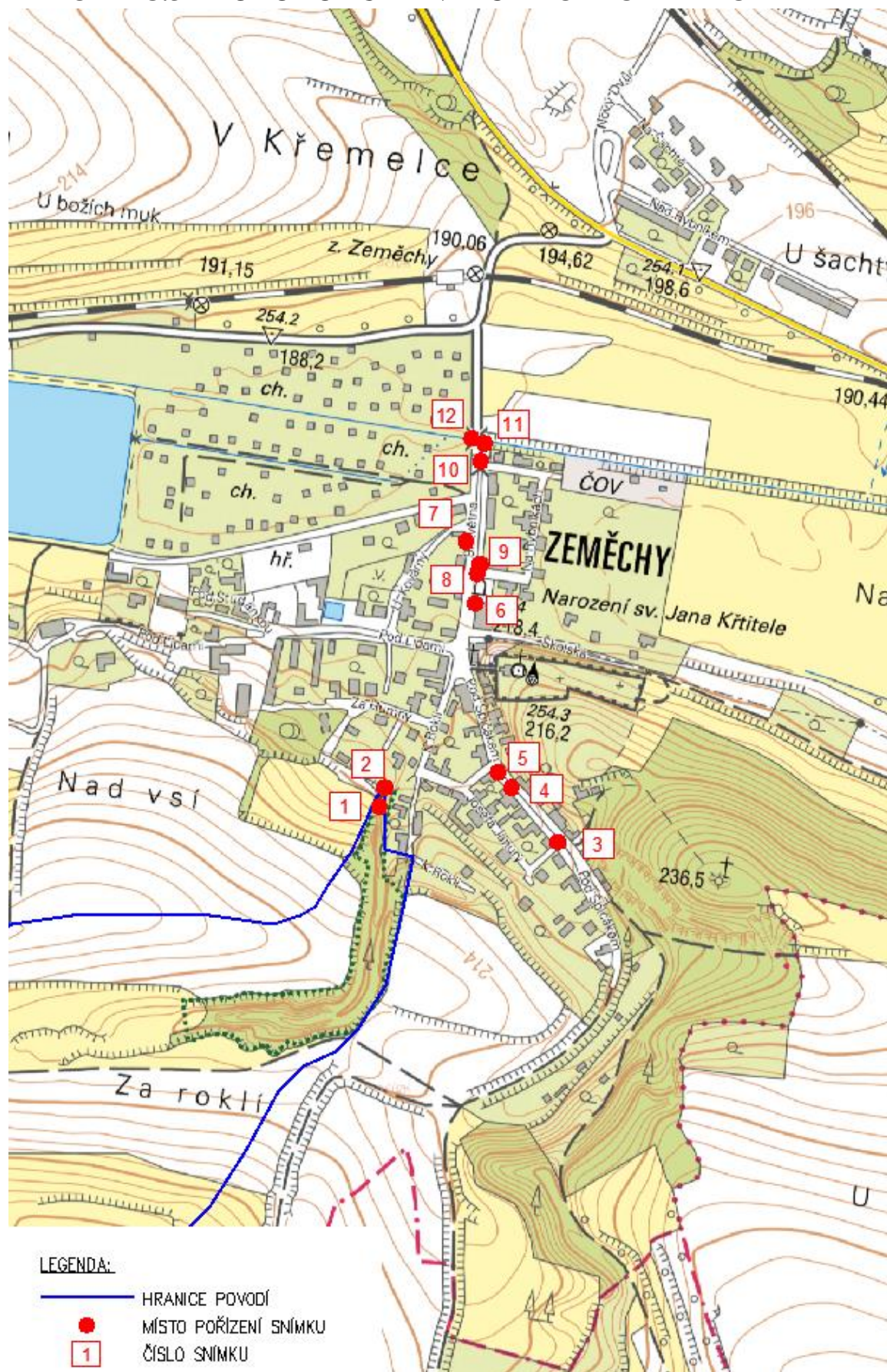


Obr. 11 - Pohled na půdní bloky v horní části zájmového území



Obr. 12 - Pohled na půdní bloky ve spodní části zájmového území

PŘÍLOHA Č.5 – FOTODOKUMENTACE – OBEC ZEMĚCHY





*Obr. 1 - Přítok do horské vpusti na výstupu ze
sprašové rokle*



*Obr. 2 - Horská vpust na výstupu ze sprášové
rokle s odtokovým potrubím DN 400*



Obr. 3 - Otevřený příkop v ulici Pod Špičákem



*Obr. 4 - Betonové žlabovky ve spodní části ulice
Pod Špičákem*



*Obr. 5 - Horská vpust s odtokovým potrubím
DN 400 v ulici Pod Špičákem*



Obr. 6 - Betonové žlabovky v ulici 9.Května



Obr. 7 - Betonové žlabovky na křížení ulice 9. Května a ulice u Kovárny



Obr. 8 - Krytý žlábek na křížení ulice 9. Května a ulice Na Rybníkách



Obr. 9 - Vyústění dešťové kanalizace a odtoku z krytého žlabku do otevřeného příkopu



Obr. 10 - Otevřený příkop v ulici 9. Května



Obr. 11 - Vyústění příkopu do koryta Knovízského potoka



Obr. 12 - Koryto Knovízského potoka před vyústěním příkopu