



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

VYHODNOCENÍ VLIVU VARIANTNĚ NAVRŽENÝCH PROTIEROZNÍCH A PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ NA RETENČNÍ SCHOPNOST POVODÍ

EVALUATION OF THE IMPACT OF THE PROPOSED VARIANTS EROSION AND FLOOD
CONTROL MEASURES ON THE RETENTION CAPACITY OF RIVER BASINS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

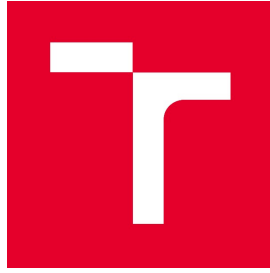
Bc. Lucie Pospíchalová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MIROSLAV DUMBROVSKÝ, CSc.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Lucie Pospíchalová
Název	Vyhodnocení vlivu variantně navržených protierozních a protipovodňových opatření na retenční schopnost povodí
Vedoucí práce	prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

1. Holý M, a kol - Eroze a životní prostředí, ČVUT Praha 1998
2. Janeček, M. a kol. Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodika. Praha: ČZU 2012, ISBN 978-80-87415-42-9
3. Morgan, R.P.C. Soil Erosion and Conservation. Third Edition. Oxford: Blackwell Publishing. 2005, 304 p. ISBN 1-4051-1781-8.
4. Hrádek F, - Implementace hydrologického modelu DeSQ, ČZU Praha 1997

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

S využitím DMT a příslušných vrstev GIS podkladů v daném povodí proveďte vyhodnocení vlivu stávajícího stavu uspořádání krajiny a návrh opatření na retenční schopnost povodí. Analýzy erozních a odtokových poměrů zpracujte pro stávající stav povodí, pro různé varianty navržených opatření a pro různé stavy druhu pozemků v povodí. Na základě provedených výpočtů a analýz v daném povodí proveďte vyhodnocení jednotlivých modelových variant.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Cílem práce bylo vyhodnocení vlivu variantně navržených protierozních a protipovodňových opatření na retenční schopnost povodí. Opatření byla vyhodnocena v pěti variantách. Retenční schopnost krajiny byla hodnocena pomocí objemu přímého odtoku. Objem přímého odtoku byl spočítán metodou CN ve dvou variantách dle IPS a IPS II. Protipovodňový účinek byl vyhodnocen pomocí programu DesQ-MaxQ.

KLÍČOVÁ SLOVA

Retence, odtok, srážka, eroze, povodeň, sucho

ABSTRACT

The aim of the thesis was to evaluate of the impact of the proposed variants erosion and flood control measures on the retention capacity of landscape. The measure was evaluated in five variants. The retention capacity of the landscape was assessed of direct runoff. The volume of direct runoff was calculated using the CN method in two variants according to IPS and IPS II. The flood effect was evaluated using the DesQ-MaxQ program.

KEYWORDS

Retention, runoff, rainfall, erosion, flood, dry season

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Lucie Pospíchalová *Vyhodnocení vlivu variantně navržených protierozních a protipovodňových opatření na retenční schopnost povodí*. Brno, 2017. 106 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2018

Bc. Lucie Pospíchalová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala panu prof. Ing. Miroslavu Dumbrovskému, CSc. za odborné vedení, cenné rady, ochotu a vstřícnost při zpracování této diplomové práce i během celého studia.

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Řešená problematika.....	12
2.1	Sucho.....	12
2.1.1	Klimatické sucho	12
2.1.2	Půdní sucho	13
2.1.3	Hydrologické sucho	13
2.2	Srážkoodtokový proces	13
2.3	Retence	16
2.4	Povodně.....	17
2.5	Eroze.....	18
2.6	Popis opatření.....	19
2.6.1	Organizační opatření.....	19
2.6.2	Agrotechnická opatření.....	20
2.6.3	Biotechnická a technická opatření	20
3	Popis použitých metod.....	22
3.1	DMT	22
3.2	Výpočet ztráty půdy	22
3.2.1	USLE	22
3.3	Metoda čísel odtokových křivek (CN – Curve Number)	25
3.3.	DESQ-MaxQ.....	27
4	Popis zájmového území	28
4.1	Vymezení řešeného území.....	28
4.2	Základní popis zájmového území.....	29
4.2.1	Výškové a sklonitostní poměry	29
4.2.2	Geomorfologické členění.....	30
4.2.3	Geologické poměry.....	31
4.2.4	Pedologický popis území	32
4.2.5	Hydrologické skupiny půd	35
4.2.6	Klimatické poměry	36
4.2.7	Hydrologické poměry.....	37
4.2.8	Hospodářské využití	40
4.3	Erozní a odtokové poměry.....	41

4.3.1	Vymezení ploch pro hodnocení.....	41
4.3.2	Popis jednotlivých variant.....	45
4.3.3	Posouzení variant – čísla odtokových křivek.....	62
4.3.4	Popis výpočtu objemu přímého odtoku.....	64
5	Výsledky a interpretace.....	66
5.1	Vyhodnocení účinnosti navržených opatření z hlediska erozní ohroženosti	66
5.2	Vyhodnocení retence řešeného území	68
5.3	Vliv navržených opatření na snížení kulminačního průtoku.....	81
5.3.1	Povodí KB1	81
5.3.2	Povodí KB2.....	84
5.3.3	Povodí KB3.....	87
5.4	Vyhodnocení vláhové potřeby.....	90
6	Diskuse	94
7	Závěr	96
8	Použité zdroje a literatura	98
8.1	Mapové podklady	100
8.2	Použitý software	100
9	Seznam použitých zkratk a označení	101
10	Seznam obrázků.....	103
11	Seznam tabulek	104
12	Seznam grafů	105

1 ÚVOD

Na problémy sucha a nedostatku vody v ČR upozorňuje odborná veřejnost již přes 20 let [17]. Široká veřejnost si tento problém začíná uvědomovat až v posledních letech, kdy problémy s povodněmi vystřídaly problémy se suchem. Projevující se extrémy jsou mnohými přisuzovány klimatické změně. Zatímco se v České republice postupně zvyšuje průměrná roční teplota vzduchu, srážky zůstávají na stejné úrovni. Mění se však jejich rozložení [18].

Průběh počasí má velký vliv na veškeré procesy v krajině, včetně růstu a vývoje zemědělských ploch. Výnosy zemědělských plodin ovlivňuje hlavně teplota vzduchu, výskyt a množství srážek. Tyto vazby jsou velmi složité, zvláště v tak proměnlivém podnebí, které panuje na území České republiky. Zde jsme stále častěji svědky extrémních stavů jako jsou například výrazné teplotní výkyvy, intenzivní srážkové epizody, a naopak nedostatečné množství srážek v kombinaci s intenzivním výparem [18]. Tato období jsou doprovázena zemědělským až hydrologickým suchem. Z těchto situací vyplývá potřeba zadržovat vodu v krajině. To lze učinit vybudováním vodních nádrží a správnou péčí o půdu. Pro zadržení vody v půdě je nutný její dobrý stav a vhodná drsnost povrchu [18]. Důležitou vlastností ve vztahu vody a půdy je infiltrace, kdy se do půdy dostává voda a její část je pak zadržena. Zbylá část proudí skrze půdu, při čemž půda díky svým vlastnostem a biologickému oživení vodu čistí. Infiltrace je velmi důležitá schopnost k udržení vody v krajině.

Vlivem nevhodného hospodaření dochází ke zhoršení půdních vlastností. Ke zhoršení fyzikálních vlastností přispívá i úbytek organické hmoty vlivem nedostatečného doplňování kvalitních statkových hnojiv. Půda degraduje. Utužená půda, například nevhodným hospodařením, omezuje pohyb vody, tím je snížena retenční schopnost a zmenšen akumulací prostor. Nejen při intenzivních srážkách je díky vytvořené krustě na povrchu půdy srážková voda rychleji odváděna povrchovým odtokem. Tím je snáze vyvolána vodní eroze půdy, kvůli které dochází k úbytku půdy a zmenšení půdního profilu. Nastává další snížení akumulacího prostoru. Půda, která je vodní erozí ochuzená o humusové a zrnitostně jemné částice je pak vlivem opačného extrému, v důsledku dlouhotrvajících vysokých teplot, snáze vysušena [18].

Mnoho vědců se zabývá předpověďmi klimatických změn. Zde velmi záleží na výběru scénáře. Dle článku v časopise VTEI „Definování zranitelných oblastí z hlediska nedostatku vody na území České republiky“ však ke zlepšení neinklinuje ani ten nejoptimističtější scénář [16]. I proto je nutné se danou problematikou nedostatku vody v půdě zabývat.

Tato diplomová práce byla zpracována jako součást řešení výzkumného úkolu č. QK1720303 s názvem Retenční schopnost půdy a krajiny a možnosti jejího zvyšování v podmínkách klimatické změny.

V práci jsou navržena a posouzena převážně plošná opatření, která ve svém důsledku snižují objem přímého odtoku vody a její kulminační průtok. Snížením odtoku

z krajiny se podpoří její retenční schopnost. Po posouzení účinnosti opatření z hlediska dlouhodobé průměrné ztráty půdy vodní erozí (dále jen „ztráty půdy“) je následně vyhodnoceno, jak velký vliv mají opatření na snížení přímého odtoku. Dále je v této práci zpracováno, jak navržená opatření snižují kulminační průtok. Poslední kapitola obsahuje zjednodušené vyhodnocení vláhové potřeby plodin ve vztahu k dané retenci půdy.

Pro modelování hydrologické bilance slouží mnoho modelů, např. model BILAN, který je vyvíjen ve Výzkumném ústavu vodohospodářském v Praze od 90. let 20. století. Pro odhad hydrologické bilance pomocí tohoto modelu je nutné mít k dispozici jako vstupní data časové řady srážek a teploty vzduchu a pro kalibraci modelu i pozorovaný odtok [16]. V této práci pro stanovení objemu přímého odtoku bylo využito metody čísel odtokových křivek (CN). Kulminační průtok byl zjištěn pomocí programu DesQ-MaxQ.

2 ŘEŠENÁ PROBLEMATIKA

2.1 SUCHO

Sucho je velmi neurčitý, avšak v meteorologii a klimatologii často užívaný pojem, který znamená nedostatek vody v atmosféře, v půdě nebo v rostlinách. Pro kvantitativní vymezení sucha, s ohledem na rozmanitá hlediska meteorologická, hydrologická, zemědělská, pedologická, bioklimatologická a další, jednotná kritéria neexistují. Definice sucha není jednotná. Podle příčin a dopadů ho můžeme charakterizovat z několika pohledů. Webová prezentace ČHMÚ rozlišuje sucho klimatické, půdní a hydrologické [5].

Sucho je většinou jevem nahodilým, který se vyskytuje z velké části nepravidelně v období podnormálních srážek s trváním od několika dní až po několik měsíců. Primární příčinou vzniku sucha v České republice je srážkový deficit v určitém časovém intervalu a na určitém místě. Sucho bývá velmi často doprovázeno nadprůměrnými teplotami vzduchu, nižší relativní vlhkostí vzduchu, zmenšenou oblačností a větším počtem hodin slunečního svitu. Důsledkem těchto faktorů je vyšší výpar (evapotranspirace) a další prohlubování nedostatku vody [5].

Právě svým neočekávaným a nepravidelným výskytem v prostoru a čase je sucho velmi nebezpečným přírodním jevem. Odborně fundovaná prognóza sucha je z těchto důvodů velmi problematická až nemožná. Velký význam proto v poslední době mají speciální postupy a přístupy, pomocí nichž lze na základě operativních informací o počasí vyhodnocovat aktuální vláhově-bilanční stav krajinného prostředí a kvalifikovaně tak odhadovat výskyt sucha a jeho vývoj v nejbližším období [5].

2.1.1 Klimatické sucho

V přírodních podmínkách České republiky je prvotní příčinou všech typů sucha deficit atmosférických srážek, který je zároveň nejčastěji využíván k definici klimatického sucha. Na počátku je tedy vždy sucho meteorologické a další typy sucha pak mohou nastat s menším či větším zpožděním [5].

Klimatické sucho se nejčastěji definuje srovnáním srážkových úhrnů aktuálního období k období dlouhodobému. Srážkový deficit je v tomto případě chápán jako záporný rozdíl mezi množstvím aktuálně spadlých srážek a jejich dlouhodobým průměrem pro dané místo a roční dobu za určité časové období. Při hodnocení klimatického sucha je nutno zohledňovat velikost tohoto deficitu včetně časového rozložení srážek v příslušném období [5].

Mnozí autoři stanovili různé definice klimatického sucha pomocí klimatologických indexů, a to v závislosti na dalších meteorologických prvcích (teplota vzduchu, výpar, rychlost větru, sluneční svit, vlhkost vzduchu aj.), jejichž hodnoty mohou v příslušném období dopady srážkového deficitu na sucho zmírnit nebo naopak výrazně prohloubit [5].

2.1.2 Půdní sucho

Půdní sucho lze obecně definovat jako nedostatek vody v kořenové vrstvě půdního profilu, který způsobuje poruchy ve vodním režimu zemědělských plodin i volně rostoucích rostlin. Důsledkem předchozího nebo ještě nadále trvajících klimatického sucha je nedostatek vody ve svrchních částech půdního horizontu. Účinky půdního sucha se projevují u jednotlivých druhů rostlin různě, navíc vždy závisí na vývojové fázi rostliny, nárocích na vodu v různých obdobích vývoje, na stáří rostliny apod. Vlhkost půdy je vedle teploty půdy a teploty vzduchu nejdůležitějším meteorologickým faktorem ovlivňujícím vývoj rostlin. Je závislá na množství, intenzitě a časovém rozložení srážek, na výparu a na vlastnostech půdy, v hydrologii vyjadřovaných tzv. hydrolimity. Ke kvalifikovanému odhadu půdní vlhkosti na území ČR je vzhledem k jeho pedologické pestrosti a malé hustotě stanic s přímým měřením vlhkosti půdy nezbytné výsledky měření doplňovat hodnotami vypočtenými modelově [5].

Půdní sucho je základním předpokladem vzniku sucha zemědělského, které je možno zjednodušeně označit jako „promítnutí“ půdního sucha do zemědělské praxe. Intenzita a dopady zemědělského sucha jsou ovšem kromě vlastního deficitu vody v půdě ovlivňovány řadou dalších faktorů biologických (momentální stav porostů, odolnost jednotlivých odrůd vůči suchu), technických (způsob zpracování půdy, úroveň zemědělských strojů) i ekonomických (využití závlah) [5].

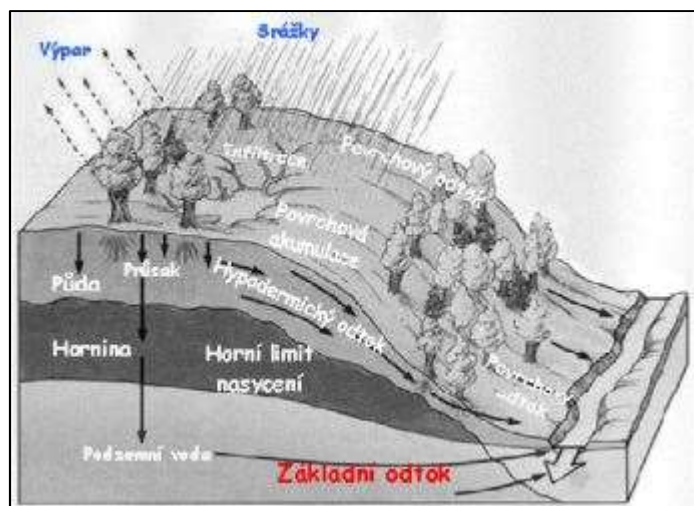
2.1.3 Hydrologické sucho

Hydrologické sucho vzniká následkem nedostatku srážek a projevuje se jako nedostatek zdrojů povrchových a podzemních vod (průtoky ve vodních tocích, hladiny jezer a nádrží, stav hladiny ve vrtech a vydatnosti pramenů). Nedostatek srážek se v podzemní části hydrologického cyklu projevuje s určitým zpožděním [5].

Vznik hydrologického sucha je ovlivněn i užíváním vody, proto je třeba na hydrologické sucho pohlížet jako na přírodní fenomén, který však může být prohlouben lidským působením [5].

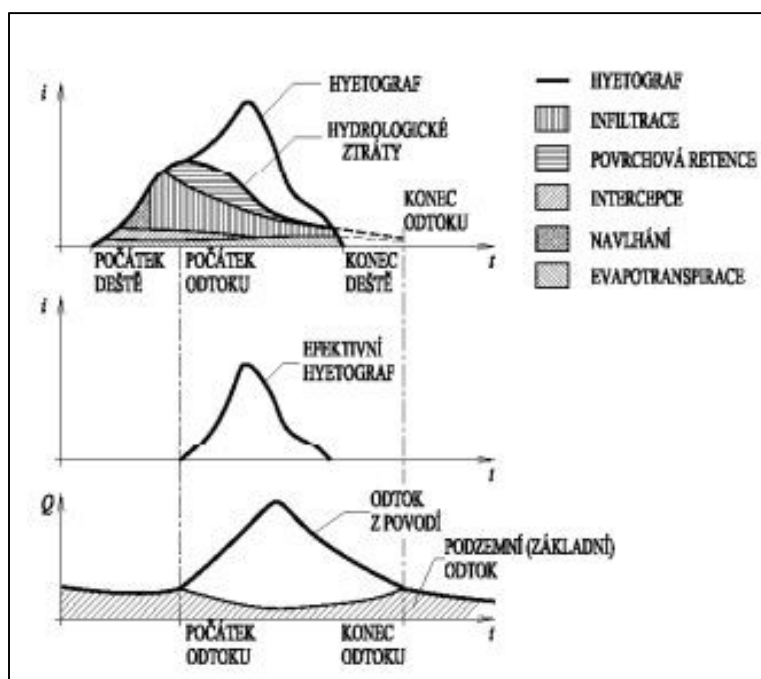
2.2 SRÁŽKODTOKOVÝ PROCES

Množství vody, které odtéká z povodí určitým profilem toku je výsledkem působení řady činitelů, z nichž jsou v našich podmínkách rozhodující atmosférické srážky. Ty svým množstvím a časovým rozdělením předurčují časový průběh toku. Vztah mezi srážkami a odtokem není přímý. Tento vztah je ovlivňován ostatními klimatickými faktory (mírou slunečního záření, teplotou a vlhkostí vzduchu, aj.), které ve svém komplexu ovlivňují výpar a tím i bilanční poměry. Dále je vztah mezi srážkou ovlivňován fyzickogeografickými činiteli a činností člověka [10].



Obrázek 1 Srážkoodtokový proces v povodí [10]

Srážkoodtokovým procesem se rozumí postupná transformace srážky dopadající na povodí až na odtok vody v závěrovém profilu povodí. Jedná se o velmi složitý proces, který je ovlivněn jednak klimatickými činiteli (příčinná srážka a další meteorologické veličiny, které ovlivňují celkový výpar vody z povodí), jednak geografickými činiteli, kteří popisují prostředí, ve kterém se daný proces odehrává [10].



Obrázek 2 Hydrologická a hydraulická transformace [10]

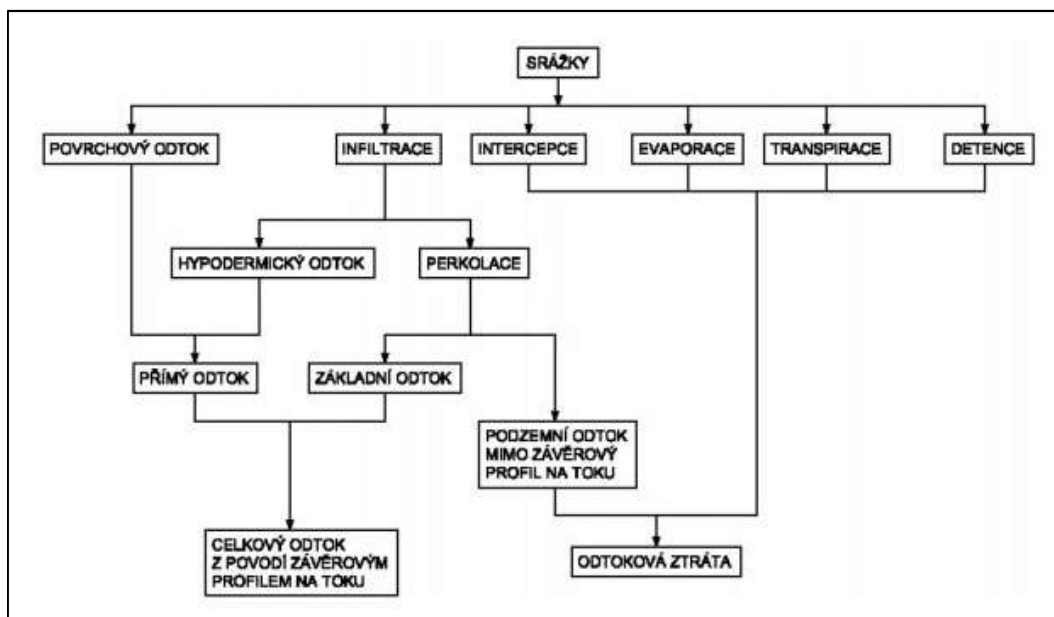
Vlastní srážkoodtokový proces se skládá ze dvou dílčích transformací – hydrologické a hydraulické. V průběhu první (hydrologické) transformace jsou od spadlé srážky odečítány hydrologické ztráty. Mezi ně patří [10]:

- ztráta výparem (evapotranspirace), která se skládá z výparu z půdy, z povrchu a pórů rostlin,

- ztráta vlivem intercepce – zadržení vody v korunách stromů, na listech travního porostu, mechu nebo ve vrstvě odumřelé biomasy (hrabanky),
- ztráta navlháním,
- ztráta infiltrací vody do půdy,
- ztráta povrchovou retencí – plošný povrchový odtok nastane až po zaplnění nerovností terénu vodou.

Po postupné separaci hydrologických ztrát od časového průběhu intenzity srážky se získá efektivní intenzita srážky. Toto množství spadlé na povrch terénu pak odtéká ve formě povrchového odtoku, čímž začíná druhá (hydraulická) transformace [10].

Povrchový odtok probíhá nejprve plošně, postupně dochází vlivem nerovností půdního povrchu ke koncentraci stékající vody a plošný odtok se mění na odtok soustředěný [1]. Nejedná se ale o celkový odtok. Celkový odtok v daném povodí je souhrn všech složek odtoku, který prochází závěrovým profilem za daný časový interval [21]. Část celkového odtoku tvoří podzemní odtok, který je tvořen vodou, která se dostala do podzemí převážně infiltrací srážky. Z podzemí pak voda vytéká buď z nenasycené zóny nad hladinou podzemní vody nebo z nasycené zóny pod souvislou hladinou podzemní vody ve formě základního odtoku do říční sítě. Nenasycená zóna, bývá značně nakypřená (například zemědělsky využívaná) a má proto větší propustnost než půda pod tímto horizontem. Proto dochází k odtoku po rozhraní mezi těmito vrstvami a voda může vytékat na svazích na povrch půdy. V tomto případě se hovoří o hypodermickém odtoku [10]. Přímý odtok je složka celkového odtoku, která je tvořena povrchovým i podpovrchovým (hypodermickým) odtokem [21]. Tato část celkového odtoku vody se dostává do povrchových toků už během trvání deště. Přímý odtok je odezvou na srážku nebo tání a je hlavní příčinou povodní i vodní eroze půdy [23]. Soustředěný povrchový odtok je součástí přímého odtoku [21].



Obrázek 3 Schéma složek odtoku [21]

2.3 RETENCE

Retenci vody lze definovat jako dočasné přirozené nebo umělé zadržení určitého objemu vody na povrchu terénu, v půdě, v korytě toku, vodní nádrži apod. nebo jako rozdíl přítoku do uvažovaného prostoru a odtoku z něho za časovou jednotku [22]. Vstup vody do půdy (infiltraci), pohyb vody v půdě, zadržování vody půdou (retenci) a její uvolňování pro potřeby rostlin závisí na řadě půdních vlastností a charakteristik. Infiltrační a retenční schopnost půdy zásadně ovlivňuje srážko-odtokový proces [14]. Retenční schopnost půdního profilu hraje v hydrologickém cyklu roli nádrže o značném retenčním objemu, který v celostátním měřítku řádově převyšuje objem vody v nádržích a vodních tocích [24]. Z toho důvodu retenční kapacita půd ovlivňuje transformaci srážky na odtok z povodí.

Lesní porosty plní velmi významnou vodohospodářskou funkci zejména z hlediska zabezpečování trvalosti a vydatnosti vodních zdrojů, ve snižování rozkolísanosti průtoků (retardace a retence, akumulace odtoku) a zlepšování kvality odtokové vody. Lesní porost svou existencí usměrňuje oběh vody, zvyšuje celkovou hodnotu výparu intercepce a transpirace a snižuje výpar z půdy. Převádí větší množství srážkové vody do půdy zvýšeným vsakem a vytváří předpoklady pro větší akumulaci v půdě. Zároveň snižuje velikost povrchového odtoku, čímž zmenšuje předpoklady pro tvorbu erozních škod. Lesní porost také významně přispívá zpomalením odtoku ke snížení kulminačních průtoků [25].

Travní porosty mají z hydrologického pohledu mnoho významných vlastností. Zapojený drnový porost má příznivější půdní strukturu, protože má v průměru o 10 % vyšší pórovitost než orná půda, což umožňuje lepší plynulý odtok a vsak přívalových i srážkových vod. V půdách pod trvalými travními porosty je pro hydrologické poměry důležitý obsah organické hmoty, který se odráží v jejich retenční schopnosti [25]. Pro hydrologický efekt má nemalý význam i biologicky aktivní povrch rostlinné hmoty a způsob využívání travního porostu [26].

Objemová hmotnost, pórovitost a infiltrační schopnost půdy je závislá na druhu pěstované plodiny. Poměrně vysokou infiltrační schopností se vyznačují půdy stanovišť obilovin a stanoviště ručně obhospodařovaných luk. Nejmenší infiltrační schopnost mají půdy bez vegetace, zvláště ty se ztvrdlým povrchem vzniklým po intenzivních deštích, půdy s kulturami kukuřice a louky mechanizačně obhospodařované. Také mikroreliéf vzniklý agrotechnickým zpracováním půdy se vyznačuje určitou povrchovou i vnitřní retenční schopností. Intenzifikací zemědělské výroby často dochází k negativnímu ovlivnění infiltrační schopnosti půdy (zhutňováním půd, zařazováním okopanin na úkor víceletých píceň a travních porostů). V závislosti na těchto změnách se mění i hydrologické, zejména srážko-odtokové procesy v krajině [26].

Možnosti zvýšení retence vody v krajině [12]:

- změna hospodaření na zemědělských plochách, která by vedla ke zlepšení fyzikálních vlastností půd a obsahu humusu. Může se jednat o změnu tvarového a velikostního uspořádání pozemků, způsobů hospodaření, zastoupení plodin a kultur a o eliminaci účinků odvodnění,

- změna krajinných struktur směrem k pestřejším a subtilnějším, tak aby se docílilo prodloužené dráhy odtoku, zvýšení hustoty hydrografické sítě a objemu vody zadrženého v mikroreliefu krajiny. Může se jednat o rozdělení pozemků, střídání plodin, meze, remízky, průlehy, zasakovací pásy, ÚSES i ostatní trvalou vegetaci,
- změna hospodaření v lesích v podobě změny druhové skladby, omezení holosečí, šetrnější způsob přibližování dřeva a kladení důrazu na mimoprodukční funkce lesa,
- pro zvýšení retence vody v krajině je vhodné budování či obnova malých retenčních ploch v podobě mokřadů, malých poldrů v údolnicích, malých i velkých nádrží,
- umožnění řízeného rozlivu do vybraných lokalit v územních nivách,
- přírodě blízká úprava koryt toků spočívající například v revitalizaci dříve upravených napřímených koryt.

Pro zvýšení retenční schopnosti půdy je vhodné volit kombinaci několika nástrojů. V první fázi je zapotřebí ovlivnit primární příčiny rychlého odtoku z elementárních povodí. Na větších tocích je nejpřirozenější využití inundačních území lužních biotopů či případné následné budování údolních nádrží [12].

Výše zmíněná opatření jsou vhodná i pro eliminaci projevů vodní eroze a také jako doprovodná protipovodňová opatření.

2.4 POVODNĚ

Povodněmi se pro účely vodního zákona rozumí přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody. Povodní je i stav, kdy voda může způsobit škody tím, že z určitého území nemůže dočasně přirozeným způsobem odtékat nebo její odtok je nedostatečný, případně dochází k zaplavení území při soustředěném odtoku srážkových vod. Povodeň může být způsobena přírodními jevy, zejména táním, dešťovými srážkami nebo chodem ledů (přirozená povodeň), nebo jinými vlivy, zejména poruchou vodního díla, která může vést až k jeho havárii (protržení) nebo nouzovým řešením kritické situace na vodním díle (zvláštní povodeň) [27].

Povodně mohou být tedy způsobeny vodami vnitřními, které vznikají přímo na zájmovém území (srážky) nebo vodami vnějšími, které přitékají na území z jiných ploch [15].

Pro ochranu před velkými vodami slouží biologická, organizační a technická opatření [15].

Biologická opatření na ochranu před velkými vodami spočívají hlavně ve zvýšení retenční schopnosti krajiny pro zlepšení hydropedologických vlastností půd (zvýšení vodní kapacity, obsahu humusu, aj.). Toho se dosáhne zejména změnou hospodaření na půdách, zatravňováním, zalesňováním a využíváním všech dostupných protierozních

opatření. Mezi další opatření patří změna v osevních postupech, hospodaření v lesích, využívání vhodné agrotechniky a revitalizace vodních toků [15].

Do technických opatření na ochranu před nepříznivými účinky velkých vod lze zařadit především zodpovědně řešená úprava vodního toku a jeho údržba, záchytné a odlehčovací kanály, ochranné hráze a ochranné nádrže [15].

Organizační opatření souvisejí s komplexem biologických a technických opatření. Spočívají především v zodpovědném přístupu k protipovodňové ochraně. Jedná se o dobře zpracované plány protipovodňových opatření, informovanost obyvatelstva, vyloučení výstavby v inundačních zónách, pečlivou údržbu vodohospodářských zařízení a podrobném zpracování manipulačních a provozních řádů [15].

Každé z těchto opatření má svá specifika a samo o sobě není řešením. Výslednou ochranu před povodněmi tvoří komplexní návrh z těchto opatření [15].

2.5 EROZE

Postupné rozrušování zemského povrchu (půdy, hornin apod.) a přenos jeho částic lze definovat jako erozi. Eroze půdy, stejně jako eroze hornin nebo koryt vodních toků, je přirozený přírodní proces [1]. K přirozené erozi docházelo již v minulosti. Bez eroze by nevznikla současná zemědělská půda. Vlivem člověka a jiných erozních faktorů je však na některých místech eroze zrychlená (nadměrná). Nadměrná eroze, která způsobuje škody na pozemcích i mimo ně, je v současné době problémem zemědělské krajiny. Snížení nebo zastavení nadměrné eroze je cílem protierozních způsobů hospodaření na zemědělské půdě [4].

Vodní eroze vzniká v důsledku kinetické energie dešťových kapek a následně vzniklému povrchovému odtoku. Kinetická energie dešťových kapek, které dopadají na zemský povrch, způsobuje rozrušení půdního horizontu. Mechanická síla povrchově stékající vody je pak hybnou silou pro transport půdních částic [1].

Při intenzivních přívalových deštích, kdy půda již není schopna infiltrace, dochází k povrchovému odtoku (plošnému či soustředěnému). To, po jaké době dojde k povrchovému odtoku, závisí na několika faktorech, mezi které patří zejména druh půdy, způsob využívání půdy, vlastnosti půdního krytu a také vlhkost půdy před počátkem deště [1].

Pro intenzitu erozních procesů je rozhodující odtok přívalových dešťů. Přívalové deště jsou charakteristické vysokou intenzitou a krátkou dobou trvání. Vyvolávají maximální odtok na malých a velmi malých povodích. Na velkých povodích jsou maximální odtoky způsobeny táním sněhové pokrývky, příp. v kombinaci s deštěm. Maximální odtok Q_{\max} je obvykle chápán jako N-letý odtok Q_N s pravděpodobností opakování jednou za 100 let [1].

Současná vysoká ohroženost půd vodní erozí je dána několika faktory, mezi které patří [4]:

- zornění zemědělské půdy,
- odstraňování krajinných prvků,
- hospodaření na pronajaté půdě – nedostatečná motivace k ochraně půdy,
- změny ve využití krajiny,
- scelování pozemků v minulosti,
- pokles stavů hospodářských zvířat,
- změny v osevních plochách pěstovaných plodin,
- nevhodná agrotechnika půdních plodin a jejich rozmístění na pozemcích,
- změny klimatu.

2.6 POPIS OPATŘENÍ

Zemědělskou půdu na svazích je třeba chránit před vodní erozí vhodnými protierozními opatřeními. O použití jednotlivých způsobů ochrany rozhoduje jejich účinnost, požadované snížení smyvu půdy a nutná ochrana objektů (vodních zdrojů, toků a nádrží, intravilánů měst, obcí atd.) při respektování zájmů vlastníků a uživatelů půdy, ochrany přírody, životního prostředí a tvorby krajiny. Ve většině případů jde o komplex organizačních, agrotechnických a technických opatření, které se vzájemně doplňují a respektují současné základní požadavky a možnosti zemědělské výroby [2].

2.6.1 Organizační opatření

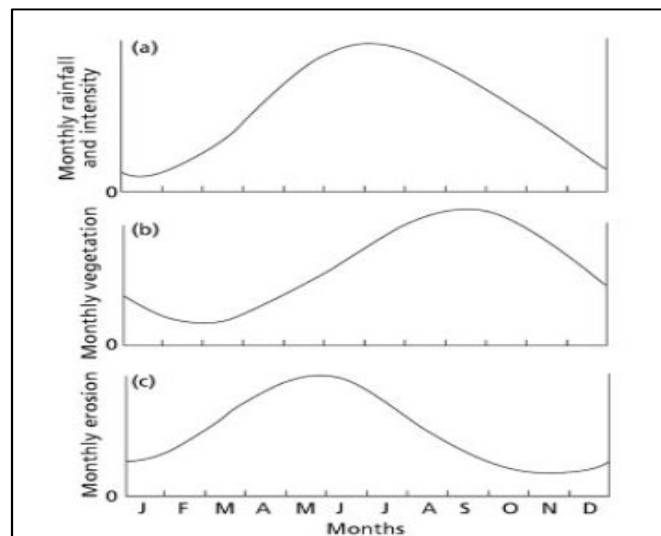
Základem organizačních protierozních opatření je situování pozemků delší stranou ve směru vrstevnic, zvolení vhodné velikosti a tvaru pozemku a vymezení parcel vhodných ke změně druhů pozemků. Organizační opatření jsou na orné půdě navrhována v součinnosti s ostatními protierozními opatřeními a předpokládají dobrou spolupráci a zainteresovanost hospodařících subjektů. Zásady ochrany proti vodní erozi organizačními opatřeními vycházejí ze znalosti příčin vzniku erozních jevů a zákonitostí jejich rozvoje a vyúsťují v obecné protierozní zásady [2]:

- včasný termín výsevu plodin,
- výsev víceletých pícnin do krycí plodiny,
- posun podmítky do období s nižším výskytem přívalových dešťů, tzn. na září,
- zařazování bezorebně setých mezipločin,
- rozmístění plodin podle ohroženosti pozemku.

Důležitou roli v protierozní ochraně půdy sehrává vegetační pokryv, který chrání půdu před přímým dopadem kapek, podporuje vsak dešťové vody do půdy a kořenovým systémem zvyšuje soudržnost půdy, která se tak stává odolnější vůči účinkům stékající vody. Těchto vlastností, které se různí podle typu plodiny, se využívá při výběru organizačních opatření s protierozním účinkem [2].

2.6.2 Agrotechnická opatření

Nejvíce podléhá erozi půda bez vegetačního pokryvu. Agrotechnická protierozní opatření jsou proto založena zejména na zkrácení času, kdy je půda bez vegetačního pokryvu, na minimum. K protierozní ochraně půdy lze cíleně využívat posklizňové zbytky plodin a biomasu meziplodin. Infiltrace vody do půdy by neměla být omezena výskytem zhutněných vrstev v půdním profilu. Rizikovým obdobím z hlediska vodní eroze je období tání sněhu a zejména období nejčastějšího výskytu přívalových dešťů (červen – srpen) [2]. Rozložení dešťových srážek, vegetačního pokryvu a eroze během roku demonstruje obrázek 4.



Obrázek 4 Sezónní cyklus dešťových srážek, vegetačního pokryvu a eroze v mírném klimatu [20]

V první třetině zmiňovaného období vykazuje nedostatečnou pokrývnost povrchu půdy kukuřice, slunečnice a okopaniny (brambory, cukrová řepa). Vzhledem k velké výměře orné půdy každoročně osévané kukuřicí je využití účinných agrotechnických protierozních opatření při pěstování této plodiny zvláště aktuální. V poslední třetině období výskytu přívalových dešťů jsou ohroženy zejména pozemky připravené pro výsev ozimé řepky [2].

Mezi základní agrotechnická opatření patří sázení/setí, ostatní kultivace a sklizňové práce po vrstevnicích, výsev do ochranné plodiny (podsev), strniště, mulče či posklizňových zbytků, hrázkování a důlkování povrchu půdy [30].

2.6.3 Biotechnická a technická opatření

Technická opatření se v povodí navrhuje jako základní prvek komplexního systému protierozních opatření zejména na pozemcích, kde nepříznivé důsledky povrchového odtoku ohrožují zastavěnou část obce. Jejich základní účinnost se zvyšuje v kombinaci s opatřeními organizačními a agrotechnickými. Optimálním návrhem prostorového rozmístění liniových záchytných prvků technických opatření dojde ke snížení hodnoty faktoru délky svahu L . Jsou navrhovány tak, aby svou lokalizací (vedle funkce přerušení délky svahu a rozčlenění pozemků) usměrňovaly směr obdělávání pozemků a způsob

hospodaření zemědělských subjektů. Vhodným rozčleněním svahu je možno do vymezených pásů situovat různé kultury, v důsledku čehož dojde nejen ke snížení hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace C, ale také ke snížení průměrné hodnoty čísla CN v daném sběrném území [2].

Vedle uvedených základních funkcí mají spolu s doprovodnou dřevinnou zelení význam i z hlediska krajiny estetického a ekologického. Systém liniových technických protierozních prvků v kombinaci se zelení může fungovat v krajině i jako významná součást územních systémů ekologické stability krajiny [2].

Do této skupiny opatření patří stabilizace drah soustředěného odtoku, zasakovací pásy, protierozní průlehy a příkopy, protierozní meze, hrázky a zemní terasy. Pro zajištění protipovodňové ochrany se navrhuje, zejména v kritických profilech nad zastavěnou částí obce, ochranné vodní nádrže [2].

Základem ochrany a organizace plochy povodí jsou zejména tato výše popsaná opatření. Protierozní a protipovodňová opatření spolu úzce souvisí. Realizací protierozních opatření se sníží ztráta půdy. Tím se zabrání jejímu následné ukládání v korytech toků, které by vedlo ke snížení kapacity koryta toku. Dále tato opatření podporují zasakování vody na pozemku a zpomalují povrchový odtok [12].

3 POPIS POUŽITÝCH METOD

3.1 DMT

Digitální model terénu byl vytvořen v prostředí ArcGIS. Jedná se o digitální zpracování geografických informací a geometrického popisu terénu. Využívá kombinaci 2D dat s atributem 3. rozměru [8]. Rozlišení bylo zvoleno 10x10 m.

3.2 VÝPOČET ZTRÁTY PŮDY

Konkrétní vstupní data pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy, její identifikace a lokalizace na pozemcích v ploše povodí byla stanovena na základě DMT s využitím ArcGIS (nadstavbou Spatial Analyst) a programu USLE 2D s využitím LS algoritmu dle Mc Coola. Pro možnost použití Raster Calculator v nadstavbě Spatial Analyst bylo potřeba převést faktory vstupující do výpočtu na rastry. Vytvořeny a převedeny byly vrstvy LS faktoru, K faktoru, C faktoru a dle potřeby také P faktoru. Pokud byl P faktor pro celé území stejný, byl zadán, stejně jako R faktor, jako konstanta. Pro tvorbu rastrových podkladů uvedených faktorů byla použita velikost buňky 10 x 10 m.

Tato metoda je založena na principu akumulace odtoku, tzn. postupném načítání gridových buněk – odtékajících z buňky do buňky [11].

Postup výpočtu je možné přehledně popsat následujícím způsobem [30]:

- tvorba digitálního modelu terénu DMT,
- vymezení erozně uzavřených celků (EHP),
- stanovení jednotlivých faktorů K, C a R,
- výpočet LS faktoru (kombinace faktorů L a S),
- výpočet dlouhodobé průměrné roční ztráty půdy,
- analýza výsledků – stanovení míry rizika, návrh opatření,
- výpočet dlouhodobé průměrné roční ztráty půdy po návrhu PEO.

Použitá metoda umožňuje identifikaci ohrožených ploch vodní erozí, která je vhodná zejména jako podklad pro návrh opatření v ploše povodí. Její výstupy byly rovněž využity pro odhad kvantifikace dlouhodobé průměrné ztráty půdy s vědomím, že přesná kvantifikace je možná pouze s detailním šetřením daného pozemku na podkladu podrobných pedologických a morfologických rozborů [11].

3.2.1 USLE

Byla použita Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí. Tato rovnice bývá také nazývána, podle autorů, rovnice Wischmeier-Smitha. Jde o empirický vztah, který vzešel z pokusů na jednotkovém pozemku o délce 22 m a sklonu 9 % [2].

Dlouhodobá průměrná ztráta půdy G se spočítá podle následujícího vzorce [2]:

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad [\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad (3.1.)$$

- kde: G... průměrná dlouhodobá ztráta půdy
 R... faktor erozní účinnosti dešťů
 K... faktor erodovatelnosti půdy
 L... faktor délky svahu
 S... faktor sklonu svahu, vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí
 C... faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu
 P... faktor účinnosti protierozních opatření

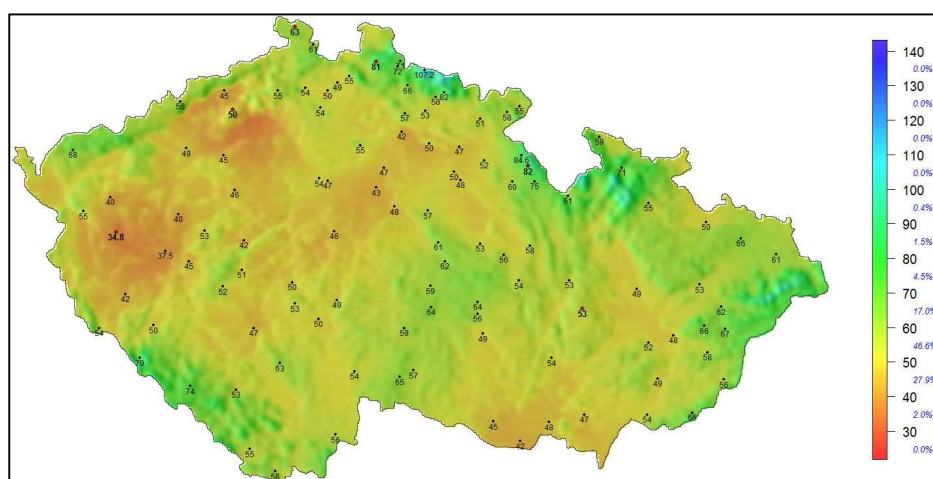
Tabulka 1 Kategorie erozní ohroženosti dle hodnoty dlouhodobé průměrné ztráty půdy [5]

G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]	Kategorie
< 1,0	Velmi slabě ohrožená
1,0 – 2,0	Slabě ohrožená
2,0 – 4,0	Středně ohrožená
4,0 – 8,0	Silně ohrožená
8,0 – 10,0	Velmi silně ohrožená
> 10,0	Extrémně ohrožená

R faktor

Faktor erozní účinnosti deště závisí na četnosti výskytu srážek, jejich kinetické energii, intenzitě a úhrnu [2].

V České republice je již řadu let ve výpočtech uvažována průměrná hodnota R faktoru 40 MJ.ha⁻¹.cm.h⁻¹. Od poloviny roku 2018 jako součást nové protierozní vyhlášky (připravované MŽP) vstupuje v platnost regionalizovaný R faktor. V této práci je počítáno s hodnotou R faktoru 45 MJ.ha⁻¹.cm.h⁻¹.



Obrázek 5 Mapa regionalizovaného R faktoru (ČHMÚ – MŽP)

K faktor

Faktor erodovatelnosti půdy určuje, jak je půda náchylná k erozi. Tento faktor zastupuje vlastnosti půdy a charakteristiky, které se podílejí na vzniku erozního procesu. Mezi ně patří zrnitost půdy, infiltrační schopnost, obsah humusu a odolnost půdních agregátů proti rozrušujícímu účinku dopadajících kapek deště a transportu povrchově odtékající vodou [2].

Faktor K lze stanovit třemi postupy [2]:

1. Podle vztahu odvozeného pro faktor K.
2. Podle nomogramu sestaveného na základě uvedeného vztahu.
3. Podle hlavních půdních jednotek nebo podle půdních typů.

U prvních dvou postupů stanovení je třeba mít k dispozici základní údaje o dané půdě, případně výsledky rozborů přímo v terénu odebraných směsných půdních vzorků z šetřeného pozemku [2]. K faktor byl v této práci získán 3. postupem, a to pomocí HPJ. Číslo HPJ je 2. a 3. číslo BPEJ.

C faktor

Faktor ochranného vlivu vegetace je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu v době výskytu přívalových dešťů. Dokonalou protierozní ochranu představují porosty trav a jetelovin. Nedostatečně půdu chrání běžným způsobem pěstované širokořádkové plodiny (kukuřice, okopaniny, sady a vinice) [2].

C faktor se stanoví pro danou strukturu pěstovaných plodin podle postupu jejich střídání na pozemcích. Pokud není možné zjistit strukturu pěstovaných plodin a jejich střídání, lze stanovit C faktor podle průměrného zastoupení plodin v dané lokalitě s využitím hodnot C faktoru uvedených v metodice o ochraně zemědělské půdy před erozí [2].

V této práci bylo využito alternativního určení C faktoru podle klimatických regionů [13].

Tabulka 2 Průměrné roční hodnoty faktoru C pro jednotlivé klimatické regiony [13]

Klim. region	C – TTP	C – orná půda
0	0,005	0,291
1	0,005	0,278
2	0,005	0,266
3	0,005	0,254
4	0,005	0,241
5	0,005	0,229
6	0,005	0,219
7	0,005	0,204
8	0,005	0,192
9	0,005	0,179

LS faktor

Topografický faktor (LS), neboli faktor délky (L) a sklonu svahu (S), vyjadřuje vliv morfologie terénu na vznik a vývoj erozních procesů. Představuje poměr ztráty půdy na jednotku plochy svahu ke ztrátě půdy na jednotkovém pozemku o délce 22,13 m se sklonem 9 % [2].

L faktor

S rostoucí délkou svahu se zvyšuje intenzita eroze. Hodnota faktoru L se stanoví ze vztahu [2]:

$$L = (l/22,13)^m \quad (3.2.)$$

kde: 22,13... délka standardního pozemku [m]

l... horizontální projekce délky svahu [m]

m... exponent sklonu svahu vyjadřující náchylnost svahu k tvorbě rýžkové eroze

S faktor

Tento faktor vyjadřuje vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí. Hodnota S faktoru se určuje pomocí vztahů [2]:

$$S = 10,8 \sin \theta + 0,03 \quad \text{pro sklon} < 9 \% \quad (3.3.)$$

$$S = 16,8 \sin \theta - 0,50 \quad \text{pro sklon} > 9 \% \quad (3.4.)$$

kde: θ ... úhel sklonu svahu [rad]

V této práci byl LS faktor získán pomocí programu USLE 2D. Program USLE 2D vyžaduje jako vstupní data DMT a grid tzv. „bariér“ rozčleňující území na dílčí plochy. Jedná se o hranice, které působí jako překážky pro plošný povrchový odtok a dochází zde k přerušení odtoku. Dojde tím ke snížení délky dráhy odtoku a hodnoty faktoru délky svahu. Faktor LS je v programu USLE 2D vypočítáván zvlášť pro každou buňku gridu (10 x 10 m) [11].

P faktor

Tento faktor charakterizuje realizovaná opatření. V dané lokalitě nebylo v prvotní analýze uvažováno žádné protierozní opatření. P faktor je tedy roven 1. Další hodnoty P faktoru jsou uvedeny u příslušné návrhové varianty.

3.3 METODA ČÍSEL ODTOKOVÝCH KŘIVEK (CN – CURVE NUMBER)

Metoda čísel odtokových křivek byla odvozena v USA (CN – Curve Number) a publikovány v roce 1972. Jedná se o jednoduchý a dostatečně přesný srážkoodtokový model s poměrně snadno zjistitelnými vstupy pro stanovení objemu přímého odtoku a kulminačního průtoku způsobeného návrhovým přívalovým deštěm v zemědělsky využívaných územích o velikosti do 10 km² [2].

Přímý odtok zahrnuje odtok povrchový a část odtoku hypodermického. Podíly těchto odtoků na celkovém odtoku se oceňují pomocí čísel odtokových křivek – CN. K hypodermickému odtoku dochází tehdy, když do půdy infiltrovaná voda stéká po mělce

uložené, málo propustné vrstvě a vyvěrá opět na povrch. Na rozdíl od základního odtoku, na jehož tvorbě se podílí voda, která infiltruje až k hladině podzemní vody a vtéká do koryt toků. Tento základní odtok se objevuje zřídka natolik brzy po přívalové dešti, aby měl vliv na velikost povodňové vlny z přívalu. CN je tedy současně i ukazatelem pravděpodobnosti typu odtoku [29]. Čím je větší hodnota CN, tím je pravděpodobnější, že se jedná o povrchový odtok. Odtok vody je obecně ovlivněn množstvím srážek, infiltrací, vlhkostí půdy, druhem vegetačního pokryvu, nepropustnými plochami a povrchovou retencí [2].

Objem přímého odtoku se určí 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. Tato počáteční ztráta byla stanovena na 20 % potenciální retence. Základní vztah pro určení výšky přímého odtoku, pokud $H_s \geq 0,2A$ je [2]:

$$H_o = (H_s - 0,2A)^2 / (H_s + 0,8A) \quad (3.5.)$$

kde: H_o ... přímý odtok [mm]
 H_s ... úhrn návrhové deště [mm]
 A ... potenciální retence [mm]

$$A = 25,4 (1000/CN - 10) \quad (3.6.)$$

kde: A ... potenciální retence [mm]
 CN ... číslo odtokové křivky [-]

Objem přímého O_{pH} odtoku je dán vztahem [2]:

$$O_{pH} = 1000 \cdot P_p \cdot H_o \quad (3.7.)$$

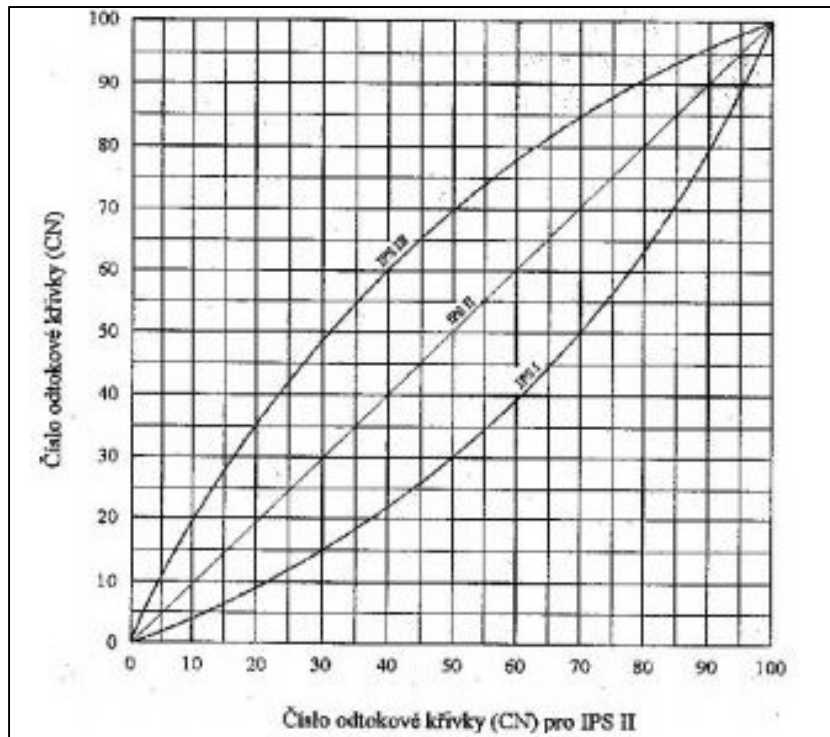
kde: O_{pH} ... objem přímého odtoku [m³]
 P_p ... plocha povodí [km²]
 H_o ... přímý odtok [mm]

Čísla odtokových křivek (CN) je určí dle [2]:

- a) Hydrologických vlastností půd rozdělených do 4 skupin (A, B, C, D) na základě minimální rychlosti infiltrace vody do půdy bez pokryvu po dlouhodobém sycení. Pro tento účel je např. v metodice (Janeček, 2002) uvedena převodní tabulka z HPJ na HSP.
- b) Vlhkostí půdy určované na základě 5-ti denního úhrnu předcházejících srážek, resp. Indexu předchozích srážek (IPS) ve 3 stupních:
 - **IPS I** odpovídá takovému minimálnímu obsahu vody v půdy, který ještě umožňuje uspokojivou orbu a obdělávání,
 - **IPS II** odpovídá střednímu nasycení půdy vodou. Jedná se o přechodný stav mezi IPS I a IPS III, který se uvažuje pro návrhové účely,
 - **IPS III** je půda přesycená vodou z předcházejících dešťů.

Tabulka 3 Rozdělení skupin IPS dle úhrnu srážek za 5 dní [2]

Skupina IPS	Úhrn srážek za 5 dnů [mm]	
	Mimovegetační období	Vegetační období
I	< 13	<36
II	13 - 28	36 - 53
III	> 28	> 53



Obrázek 6 Vliv obsahu vody v půdě na změnu čísla odtokové křivky (CN) [2]

- c) Využití půdy, vegetačního pokryvu, způsobu obdělávání a uplatnění protierozních opatření. Pro tento účel je např. v metodice „Ochrana zemědělské půdy před erozí“ pro získání příslušného čísla CN uvedena převodní tabulka.

3.3. DESQ-MAXQ

Odtokové charakteristiky byly vypočteny metodou čísel odtokových křivek v modifikaci modelu DesQ-MaxQ prof. Hrádka. Model DesQ-MaxQ umožňuje výpočet návrhových průtoků Q_N , vyvolaných přívalovými dešti, kritické doby trvání a příslušné intenzity i výpočet maximálních průtoků Q_{max} , vyvolaných přívalovými dešti zvolené doby trvání a intenzity. Tento odhad je pro prvotní návrh dostačující, pro potřebu podrobného technického řešení musí být hydrologické údaje zpracovány ČHMÚ [9].

4 POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

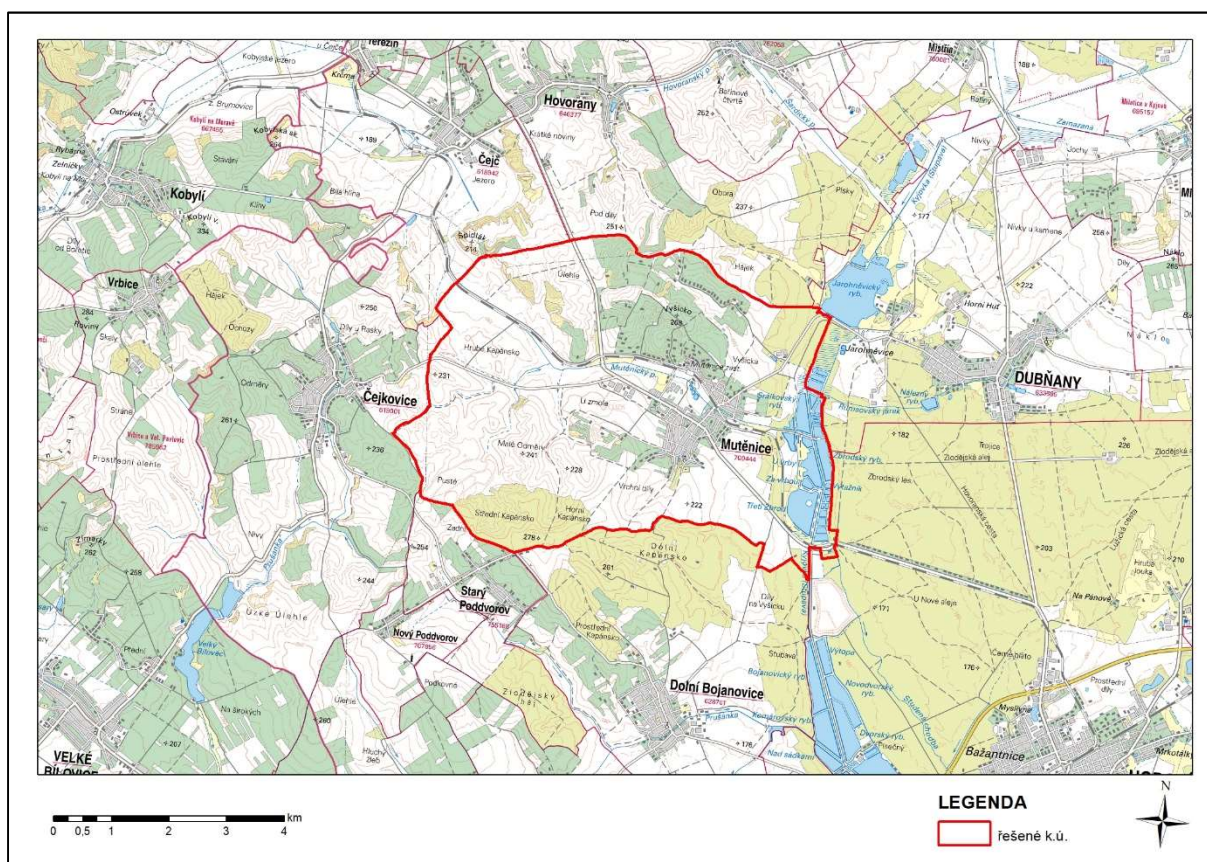
4.1 VYMEZENÍ ŘEŠENÉHO ÚZEMÍ

Zájmovým územím diplomové práce je obec Mutěnice (k.ú. 700444), okres Hodonín. Zájmové území je vymezeno pozemky patřícími do katastrálního území Mutěnice a jeden pozemek ze sousedního k.ú. Čejkovice, který z velké části leží v k.ú. obce Mutěnice.

Obec se nachází v západní části okresu Hodonín, od okresního města je vzdálena cca 8 km, od krajského města Brna 54 km. Obec sousedí na severu s obcemi Čejč a Hovorany, na severovýchodě s obcí Dubňany, na východě s městem Hodonín, na jihu s obcemi Dolní Bojanovice a Starý Poddvorov a za západě s obcí Čejkovice.

Tabulka 4 Základní údaje o obci [3]

Kraj	Jihomoravský
Okres	Hodonín
Oficiální název	Obec Mutěnice
Katastrální výměra	3 237 ha
Nadmořská výška	170 – 265 m n. m.
Počet obyvatel	3690 (podle posledních sčítání 1.3.2001)



Obrázek 7 Přehledná mapa

4.2 ZÁKLADNÍ POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

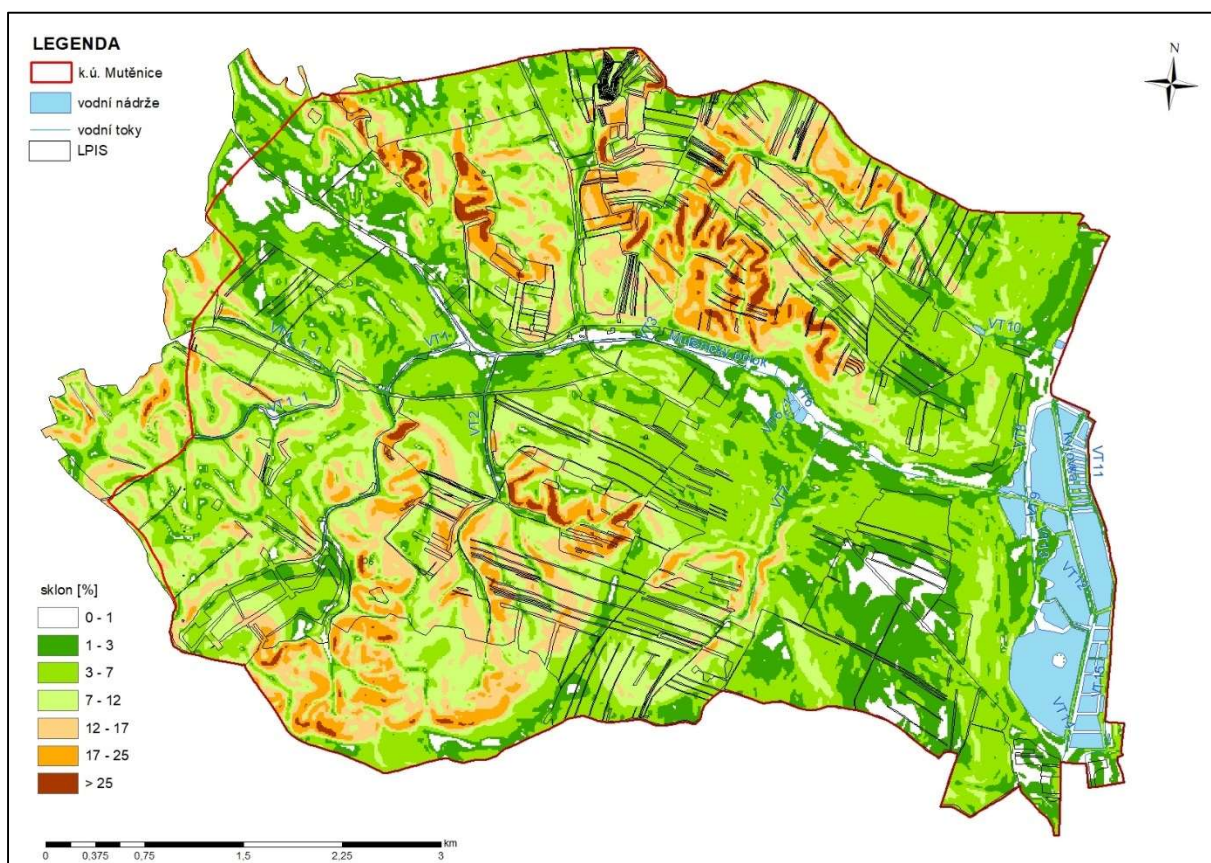
4.2.1 Výškové a sklonitostní poměry

Obec Mutěnice se nachází v nadmořské výšce 170–265 m n. m [3]. Nejvyšší a nejstrmější části jsou na jižní a severní straně k.ú. Zejména v severní části je nad intravilánem obce příkrý sklon až sráz. Průměrný sklon na řešeném území je 7,36 %.

Tabulka 5 Sklonitost

Kód	Kategorie	Charakteristika*	Plocha k.ú. [%]
0	0 - 1°	úplná rovina	8,5
1	1 - 3°	rovina	16,6
2	3 - 7°	mírný sklon	33,4
3	7 - 12°	střední sklon	22,5
4	12 - 17°	výrazný sklon	11,6
5	17 - 25°	příkrý sklon	6,2
6	25°	sráz	1,2

* charakteristika dle vyhlášky [7]



Obrázek 8 Sklonitostní poměry

4.2.2 Geomorfologické členění

Území patří do Alpsko-himalájského systému. Katastrální území obce Mutěnice leží na rozhraní dvou provincií, Západní Karpaty a na východní straně k.ú. Západopanonská vrchovina. Geomorfologické členění je podrobně uvedeno v tabulce 6. Převážná část k.ú. leží v okrsku Šardická pahorkatina (IXB-4A-d). V severozápadní části k.ú. je malá část zařazena do Čejčské kotliny. Východní strana po celé své délce spadá do okrsku Stupavská niva. Mezi Šardickou pahorkatinou na západě a Stupavskou nivou na východě je v jihovýchodní části území spadající do okrsku Tvrdonická pahorkatina. Rozčlenění okrsků je vidět na níže uvedeném obrázku 9.

Tabulka 6 Geomorfologické členění [32]

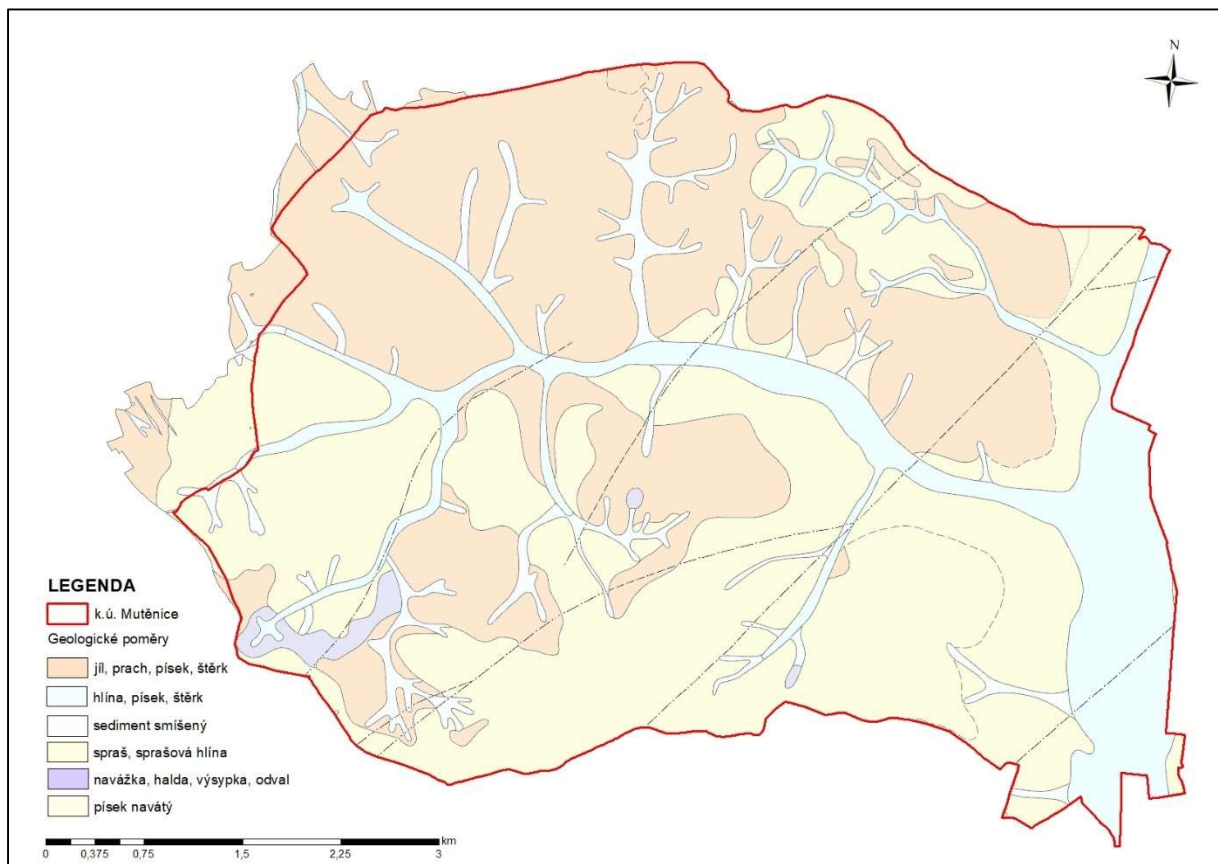
System	Alpsko-himalájský	
Provincie	Západní Karpaty	Západopanonská pánev
Subprovincie	Vnější Západní Karpaty	Vídeňská pánev
Oblast	Středomoravské Karpaty	Jihomoravská pánev
Celek	Kyjovská pahorkatina	Dolnomoravský úval
Podcelek	Mutěnická pahorkatina	Dyjsko-moravská pahorkatina
Okrsek	Šardická pahorkatina (IXB-4A-c), Čejčická kotlina (IXB-4A-d)	Tvrdonická pahorkatina (IXA-1A-c), Stupavská niva (IXA-1A-d)



Obrázek 9 Geomorfologické členění ČR – okrsky [32]

4.2.3 Geologické poměry

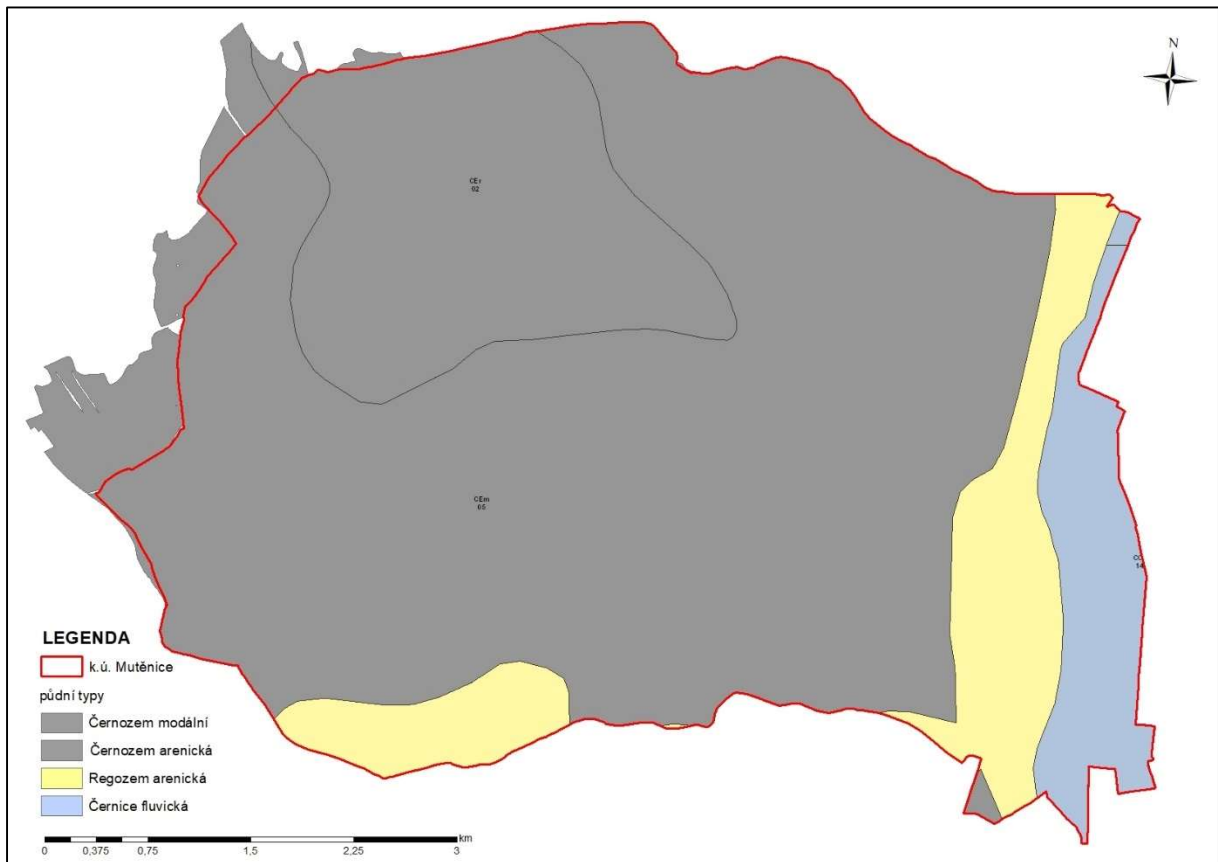
Na zájmovém území se vyskytuje převážně jíl, prach, písek, štěrk, spraš, sprašová hlína a písek navátý. V okolí vodních toků převažuje hlína, písek, štěrk a smíšený sediment.



Obrázek 10 Geologické poměry

4.2.4 Pedologický popis území

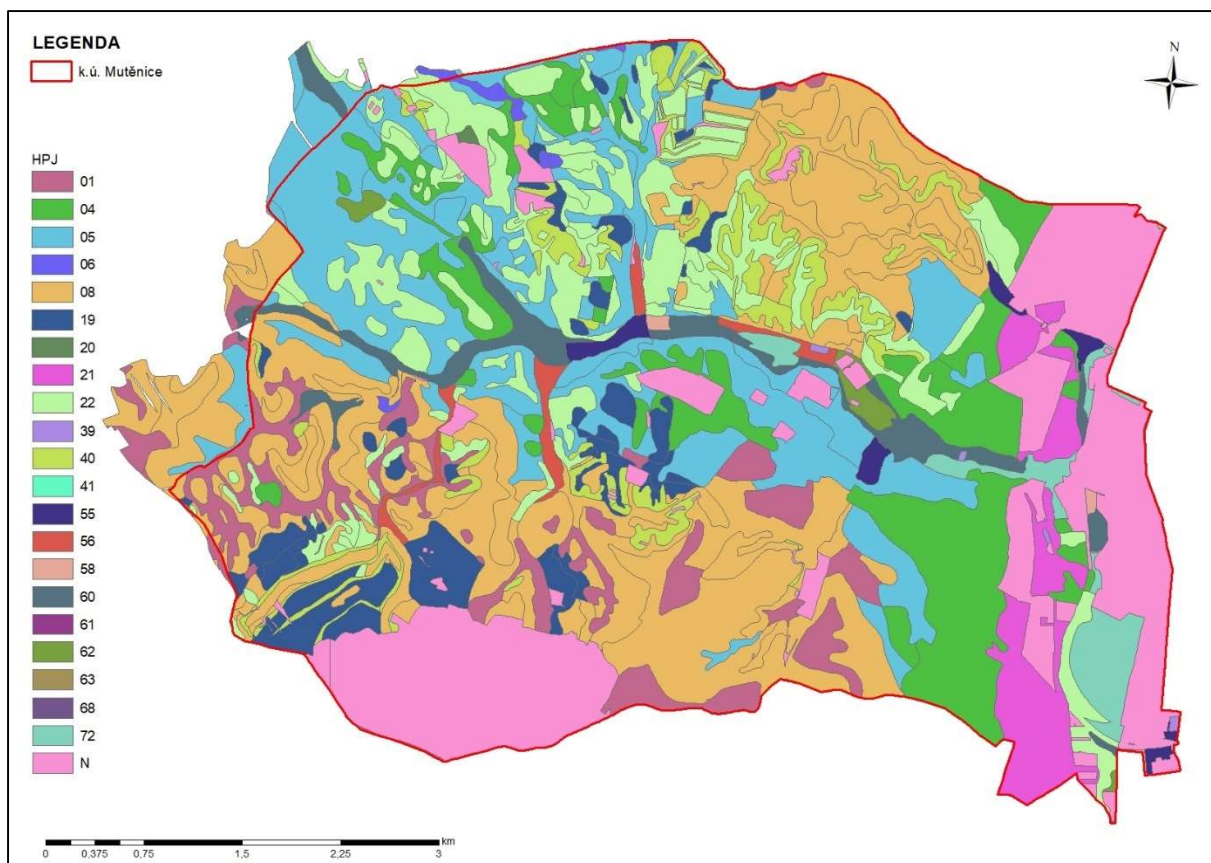
Převažujícím půdním typem je černozem modální. Na východní straně s nádržemi se vyskytuje černice fluvická. Mezi černozemí a černicí je regozem arenická.



Obrázek 11 Půdní typy

Další přehled o vyskytujících se půdních typech poskytuje BPEJ, konkrétně HPJ, což je její 2. a 3. číslo.

Nejzastoupenější hlavní půdní jednotkou na zájmovém území je HPJ 8, která se vyskytuje na necelých 24 % území. Pět nejzastoupenějších HPJ pokrývá 65 % celého území. Jedná se o HPJ 8, 5, 22, 4 a 1. Nejzastoupenější HPJ 8, pro kterou je hodnota K faktoru 0,49, je silně náchylná k erozi. Tato HPJ se vyskytuje na svazích. Nezaříděných do HPJ je necelých 16 % výměry řešeného území. Na těchto územích se zde převážně vyskytují lesy nebo vodní nádrže.



Obrázek 12 HPJ

Přehled zastoupených HPJ [7]:

01 Černozemě modální, černozemě karbonátové, na spraších nebo karpatském flyši, půdy středně těžké, bez skeletu, velmi hluboké, převážně s příznivým vodním režimem

04 Černozemě arenické na píscích nebo na mělkých spraších (maximální překryv do 30 cm) uložených na píscích a štěrkopíscích, zrnitostně lehké, bezskeletovité, silně propustné půdy s výsušným režimem

05 Černozemě modální a černozemě modální karbonátové, černozemě 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

06 Černozemě pelické a černozemě černické pelické na velmi těžkých substrátech (jílech, slínech, karpatském flyši a tercierních sedimentech), těžké až velmi těžké s vylehčeným orničním horizontem, ojediněle štěrkovité, s tendencí povrchového převlhčení v profilu

08 Černozemě modální a černozemě 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

19 Pararendziny modální, kambické i vyluhované na opukách a tvrdých slínovcích nebo vápnitých svahových hlínách, středně těžké až těžké, slabě až středně skeletovité, s dobrým vláhovým režimem až krátkodobě převlhčené

20 Pelozemě modální, vyluhované a melanické, regozemě pelické, kambizemě pelické i pararendziny pelické, vždy na velmi těžkých substrátech, jílech, slínech, flyši, tercierních sedimentech a podobně, půdy s malou vodopropustností, převážně bez skeletu, ale i středně skeletovité, často i slabě oglejené

21 Půdy arenického subtypu, regozemě, pararendziny, kambizemě, popřípadě i fluvizemě na lehkých, nevododržných, silně výsušných substrátech

22 Půdy jako předcházející HPJ 21 na mírně těžších substrátech typu hlinitý písek nebo písčité hlína s vodním režimem poněkud příznivějším než předcházející

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

40 Půdy se sklonitostí vyšší než 12 stupňů, kambizemě, rendziny, pararendziny, rankery, regozemě, černozemě, hnědozemě a další, zrnitostně středně těžké lehčí až lehké, s různou skeletovitostí, vláhově závislé na klimatu a expozici

41 Půdy jako u HPJ 40 avšak zrnitostně středně těžké až velmi těžké s poněkud příznivějšími vláhovými poměry

55 Fluvizemě psefitické, arenické stratifikované, černice arenické i pararendziny arenické na lehkých nivních uloženinách, často s podložím teras, zpravidla písčité, výsušné

56 Fluvizemě modální eubazické až mezobazické, fluvizemě kambické, koluvizemě modální na nivních uloženinách, často s podložím teras, středně těžké lehčí až středně těžké, zpravidla bez skeletu, vláhově příznivé

58 Fluvizemě glejové na nivních uloženinách, popřípadě s podložím teras, středně těžké nebo středně těžké lehčí, pouze slabě skeletovité, hladina vody níže 1 m, vláhové poměry po odvodnění příznivé

60 Černice modální i černice modální karbonátové a černice arenické na nivních uloženinách, spraši i sprašových hlínách, středně těžké, bez skeletu, příznivé vláhové podmínky až mírně vlhčí

61 Černice pelické i černice pelické karbonátové na nivních uloženinách, sprašových hlínách, spraších, jílech i slínech, těžké i velmi těžké, bez skeletu, sklon k převlhčení

62 Černice glejové, černice glejové karbonátové na nivních uloženinách, spraši i sprašových hlínách, středně těžké i lehčí, bez skeletu, dočasně zamokřené spodní vodou kolísající v hloubce 0,5 – 1 m

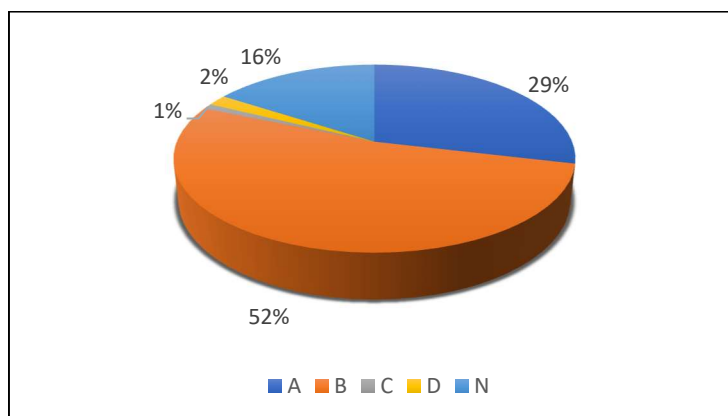
63 Černice pelické glejové i karbonátové na nivních uloženinách, jílech a slínech, těžké a velmi těžké, bez skeletu, nepříznivé vláhové poměry v důsledku vysoké hladiny spodní vody

68 Gleje modální i modální zrašelinělé, gleje histické, černice glejové zrašelinělé na nivních uloženinách v okolí menších vodních toků, půdy úzkých depresí včetně svahů, obtížně vymezitelné, středně těžké až velmi těžké, nepříznivý vodní režim

72 Gleje fluvické zrašelinělé a gleje fluvické histické na nivních uloženinách, středně těžké až velmi těžké, trvale pod vlivem hladiny vody v toku

4.2.5 Hydrologické skupiny půd

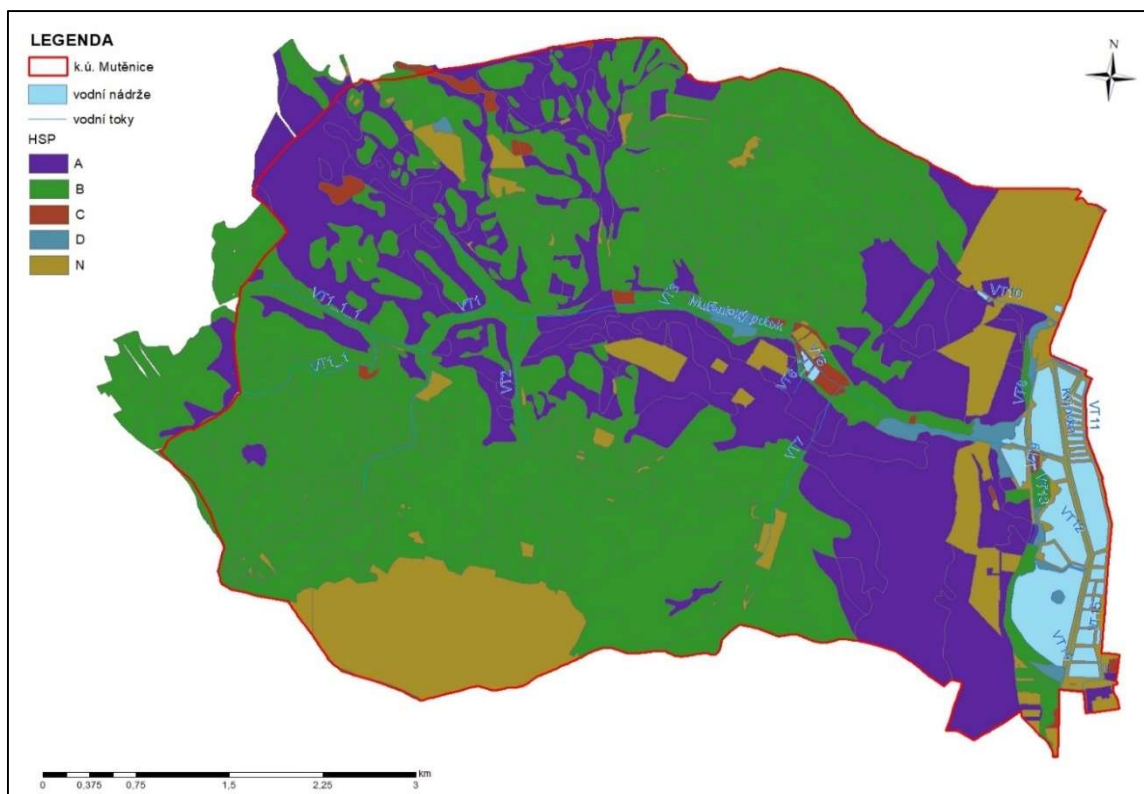
Infiltrační schopnost půdy významně ovlivňují pedologické poměry. Podle minimální rychlosti infiltrace vody do půdy bez pokryvu po dlouhodobém sycení se půdy rozdělují do 4 skupin. Na řešeném území jsou zastoupeny všechny hydrologické skupiny půd, tzn. A-D. V některých částech je zařídění označeno N, to znamená, že tyto půdy nejsou zařazené v HSP. V tomto případě se jedná o plochy lesů nebo vodní plochy. Nejvíce zastoupená je hydrologická skupina půd B, tzn. půdy se střední rychlostí infiltrace. Skupina půd A s vysokou infiltrací se vyskytuje převážně v údolí kolem vodních toků.



Graf 1 Zastoupení HSP na řešeném území

Tabulka 7 HSP [2]

Skupina	Charakteristika hydrologických vlastností
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 ($0,02 - 0,06 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) při úplném nasycení, zahrnující 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, zahrnující převážně jíly s vysokou bobtnatostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím.



Obrázek 13 HSP

Půda na řešeném území, dle hodnot BPEJ, je převážně bezskeletovitá, s příměsí nebo slabě skeletovitá, středně hluboká až hluboká. To znamená, že hloubka části půdního profilu omezené buď pevnou horninou nebo silnou skeletovitostí je minimálně 30 cm, u hlubokých půd 60 cm [7].

4.2.6 Klimatické poměry

Celé řešené území spadá do klimatického regionu 0, tzn. regionu velmi teplého a suchého. Průměrná roční teplota se pohybuje mezi 9 až 10 °C a roční průměrný úhrn srážek mezi 500 až 600 mm.

Tabulka 8 Příslušný klimatický region [7]

Číselný kód regionů	Symbol regionů	Char. regionů	Suma teplot nad 10°C	Prům. roční teplota [°C]	Prům. roční úhrn srážek [mm]	Pravděpodobnost suchých veg. obd. [%]	Vláh. jistota
0	VT	velmi teplý, suchý	2800 - 3100	9 - 10	500 - 600	30 - 50	0-3

Tabulka 9 Meteorologické údaje [3]

Počet tropických dnů (T > 30 °C)	10,1
Počet letních dnů (T > 25 °C)	53,3
Průměrné denní teploty v červenci	25,2 °C
Průměrná teplota vegetačního období	15,7 °C
Délka slunečního svitu	1900 - 2000 hod/rok
Množství srážek	500 - 600 mm/rok

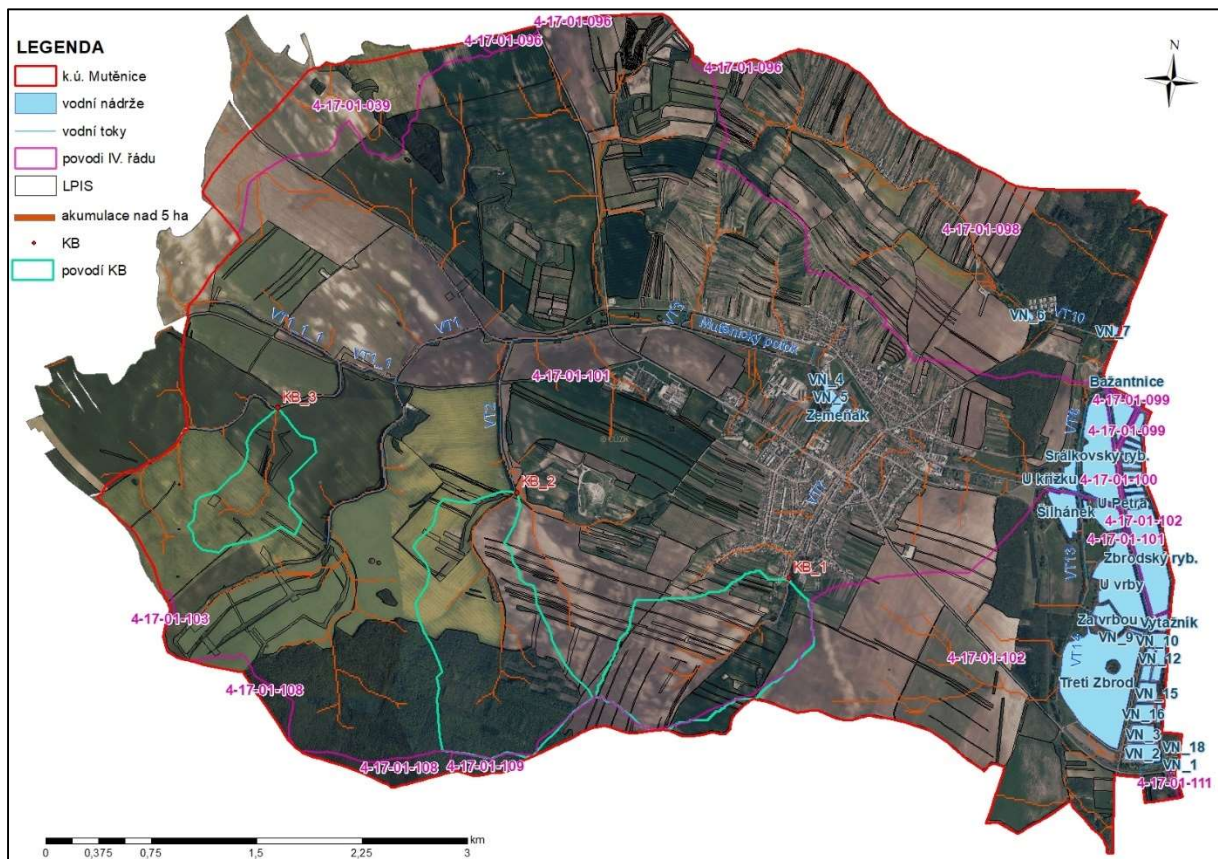
4.2.7 Hydrologické poměry

Zájmové území patří do povodí Moravy, úmoří Černého moře. Východním okrajem protéká řeka Kyjovka. Průměrný roční průtok v řece Kyjovce je 0,255 m³/s (stanice Kyjov) [6]. Do Kyjovky se vlévá Mutěnický potok a jiné vodoteče. Mutěnický potok pramení v severozápadní části k.ú. a protéká obcí Mutěnice. Jeho délka je 5,802 km [38]. Vlévají se do něj místní drobné toky. Většina vodních toků je ve správcovství Povodí Moravy, a.s. Vodní tok označený jako VT 7, spadá pod správu ostatní – historická správa bez určení. Tento tok protéká jižní částí obce a vlévá se do Mutěnického potoka. Rumzovský járek u východní hranice k.ú. je ve správcovství Lesů ČR [28].

V intravilánu obce jsou 3 malé vodní nádrže. Ve východní části k.ú. je velké množství nádrží. Tato oblast se místně nazývá Zbrod.

Zájmové území leží převážně v povodí Kyjovky (povodí IV.řádu). Okraje zájmového území spadají do jiných povodí. Seznam je uveden v tabulce 10.

Podél řeky Kyjovky je vymezené záplavové území pro Q₅. Dále je u některých rybníků vymezeno záplavové území Q₂₀ a po celém území s rybníky ve východní části k.ú. Mutěnice je vymezeno záplavové území pro Q₁₀₀.



Obrázek 14 Mapa hydrologických poměrů

Tabulka 10 Povodí IV. řádu v zájmovém území a příslušné vodní nádrže

ČHP			Vodní nádrže		
HLGP CHAR	Název	Plocha [km ²]	ID	Název	Plocha [m ²]
4-17-01-098	Kyjovka	4,028	67488	Mlynářka	24635
			66878	VN6	3007
			67489	VN7	3383
4-17-01-099	Rumsovský járek	0,02	69068	Bažantnice	2796
4-17-01-101	Mutěnický potok	22,60	66309	Zemeňák	7023
			66306	U křížku	19832
			66307	Srálkovský ryb.	138254
			66308	VN4	2701
			66310	VN5	4869
4-17-01-102(-00)	napájecí kanál	0,28	67302	U Bašty 1	6524
			66623	U Bašty 2	2833
			66622	U Bašty 3	3026
			66837	Hejdovský ryb. 1	3724
			66830	Hejdovský ryb. 2	4154
			66831	Hejdovský ryb. 3	3365
			66625	Hejdovský ryb. 4	4072
			66835	Josef 1	4823
			66627	Josef 2	3902
			65765	Josef 3	3473
			66836	Josef 4	4451
			66827	Zbrodský ryb.	129746
4-17-01-102(-10)	Kyjovka	4,24	66828	Šilhánek	40086
			66826	U Petra	25836
			68659	U vrby	131308
			62215	Za vrbou	26946
			61898	Třetí Zbrod	321092
			65766	Výtažník	9975
			66834	VN8	3004
			67623	VN9	1553
			66922	VN10	10228
			66626	VN11	5800
			66620	VN12	6239
			66921	VN13	6219
			67621	VN14	5586
			66833	VN15	17042
			66624	VN16	17057
			66829	VN17	3422
			67301	VN18	625
66832	VN2	27112			
66621	VN3	21067			
4-17-01-111	Studená chodba	0,008	69329	VN1	1038

Tabulka 11 Povodí IV. řádu v zájmovém území a příslušné vodní toky

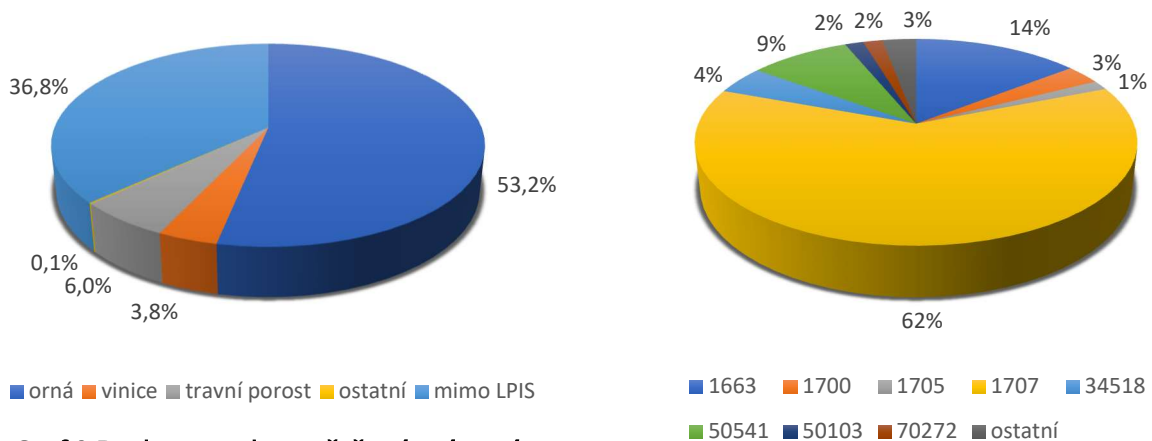
ČHP			Vodní tok		
HLGP CHAR	Název	Plocha [km ²]	ID	Název	Délka [m]
4-17-01-098	Kyjovka	4,03	10100029	Kyjovka	481
			10207316	VT10	632
4-17-01-099	Rumzovský járek	0,02	10195323	Rumzovský járek	408
4-17-01-100	Kyjovka	0,011	10100029	Kyjovka	399
4-17-01-101(-00)	Mutěnický potok	22,60	10206454	Mutěnický potok	5805
			10204285	VT1	2270
			10198025	VT1-1	1905
			10201767	VT1-1-1	978
			10196216	VT2	1079
			10204220	VT3	139
			10193393	VT4	118
			10199741	VT5	129
			10190716	VT6	292
			10194626	VT6_1	282
			10202484	VT6_1_1	137
			10204570	VT7	1718
			10200119	VT8	829
			10191275	VT8_1	35
4-17-01-101(-10)	Kyjovka	0,01	10100029	Kyjovka	282
4-17-01-102(-00)	napájecí kanál	0,28	10205921	VT11	1432
4-17-01-102(-10)	Kyjovka	4,24	10100029	Kyjovka	1669
			10190301	VT9	71
			10198239	VT12	717
			10207321	VT13	1321
			10202157	VT14	1058
			10188221	VT15	1306

Tabulka 12 Povodí IV. řádu bez vodních toků a nádrží

ČHP		
HLGP CHAR	Název	Plocha [km ²]
4-17-01-039	Čejčský potok	0,84
4-17-01-096	Hovoranský potok	0,07
4-17-01-103	Prušánka	0,01
4-17-01-108	Hrabínková stružka	0,22
4-17-01-109	Prušánka	0,06

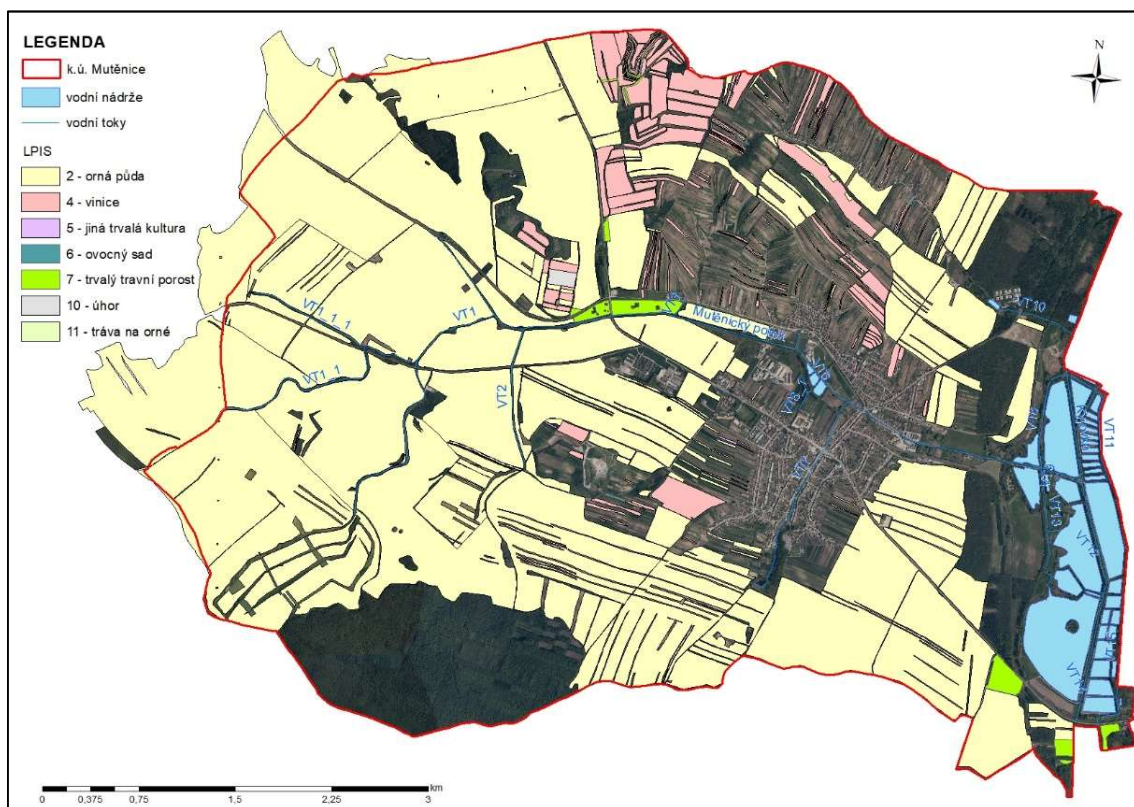
4.2.8 Hospodářské využití

Katastrální území Mutěnice leží ve vinařské oblasti. Navzdory této skutečnosti je ovšem nadpoloviční většina pozemků využívána jako orná půda. Vinice se nachází zejména v severní části k.ú. Některé pozemky jsou v drobné držbě a nejsou evidovány v LPIS. Největším uživatelem je uživatel ID 1707, který má v užívání 1150 ha půdy, což činí necelých 61,7 % půdy evidované v LPIS převážně vedenou jako orná půda. Dalším velkým uživatelem je ID 1663, který hospodaří na 14,5 % půdy vedené v LPIS, jedná se o 269 ha orné půdy. Třetím velkým uživatelem je ID 50541, který má v užívání 163 ha orné půdy, což činí 8,7 % z celkové půdy vedené v LPIS. Tito tři velcí uživatelé dohromady užívají téměř 85 % celkové půdy vedené v LPIS, tj. 1582 ha z 1873 ha, které jsou vedeny v LPIS.



Graf 2 Druh pozemku na řešeném území

Graf 3 ID uživatele na řešeném území

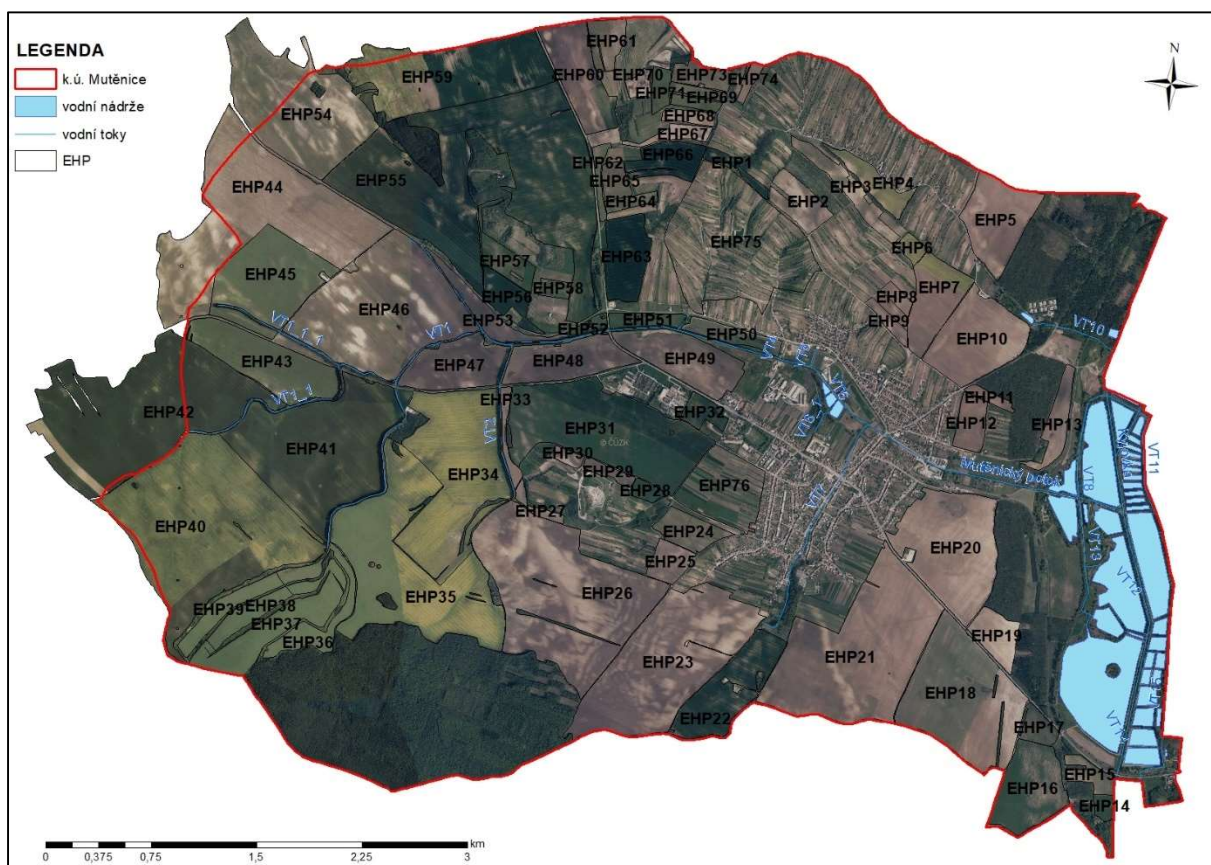


Obrázek 15 Využití půdy na řešeném území

4.3 EROZNÍ A ODTOKOVÉ POMĚRY

4.3.1 Vymezení ploch pro hodnocení

Jak bylo zmíněno výše v teoretické části, protierozní a protipovodňová opatření k sobě mají blízko. Pro vyhodnocení vlivu variantně navržených opatření na retenční schopnost povodí na výše popsaném území bylo vybráno 76 ploch (EHP). Tyto plochy vznikly spojením, případně doplněním ploch z LPIS. EHP 75 a EHP 76 vznikly jako polygony obsahující v sobě pozemky v drobné držbě, které ve většině případů nejsou evidovány ve veřejném registru půdy LPIS. Pozemky, menší jak 2 ha, které nebyly zařazeny do EHP, nebyly dále uvažovány a hodnoceny. Celková hodnocená plocha EHP je 2021 ha, z toho je 1872,7 ha z LPIS a 148,3 ha je doplněním LPIS na základě osobní pochůzky či ortofoto mapy. Spojovány a doplňovány byly pozemky, mezi kterými nebyly žádné prvky přerušující povrchový odtok.



Obrázek 16 Vybrané EHP

Seznam vybraných EHP s přiřazenými kódy LPIS, které dané EHP obsahuje, je uveden v tabulce 13. U EHP 75 a 76 jsou uvedeny pouze bloky LPIS, které dané EHP obsahuje, převážná část plochy je v drobné držbě a není evidována v LPIS. Jedná se o vinice, sady, zahrady apod.

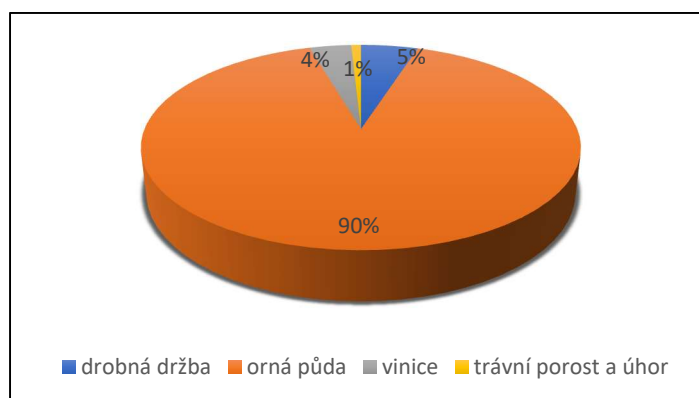
Tabulka 13 Seznam vybraných EHP

Ozn. EHP	Plocha [ha]	ZKOD DPB	ID uži.	Dílčí výměra [ha]	Kultura	Ozn EHP	Plocha [ha]	ZKOD DPB	ID uži.	Dílčí výměra [ha]	Kultura			
EHP1	3,26	1306/13	70272	3,26	2	EHP22	26,99	2701/11	1707	13,06	2			
EHP2	10,07	1403/3	1707	8,53	2			2701/16		1,49	2			
		1403/5		0,83	2			2701/18		9,47	2			
		1403/6		0,04	2			2701/19		1,69	2			
EHP3	10,32	0403/13	47070	10,32	4	EHP23	78,20	2702/1	1707	61,55	2			
EHP4	8,88	0402/10	1707	5,1	2			2702/2		3,94	2			
		0402/22		3,41	2			2702/3		5,13	2			
EHP5	24,55	9401	1707	23,09	2	EHP24	9,64	2601/2	1707	9,64	4			
		9401/1		0,08	2	EHP25	6,83	2601/1	1707	6,83	2			
EHP6	2,73	0404/2	1668	2,73	2	EHP26	98,79	2605/5	1707	79,13	2			
EHP7	19,01	0405/1	1707	9,43	2			2605/19		7,02	2			
		0405/2		5,42	2			2605/20		4,69	2			
		0405/3		1,27	2			EHP27		2,50	2501/19	1707	2,5	2
		0405/4		1,29	2			EHP28		2,50	2603/1	1707	2,5	2
		0405/5		0,57	2	EHP29	2,91	2602/3	1707	2,91	2			
EHP8	2,32	0504/10	68584	2,35	4	EHP30	2,06	2501/17	1707	2,06	4			
EHP9	3,11	0504/11	68584	1,45	4	EHP31	67,76	2501/14	1707	62,86	2			
		0504/13	69540	0,66	4			2501/21	1707	0,37	2			
EHP10	31,32	9502/23	1707	29,72	2			2501/22	1707	0,48	2			
EHP11	2,51	9504/1	1707	2,51	2	EHP32	5,03	1502	1707	4,33	2			
EHP12	7,57	0507/1	1707	4,92	2	EHP33	3,54	2501/18	1707	3,19	2			
		0507/4		2,36	2									
EHP13	8,98	9501/8	1707	8,98	2	EHP34	68,61	2605/4	1707	43,93	2			
EHP14	2,45	9803/1	1707	1,82	7			2605/12		0,1	2			
		9803/3		0,2	7			2605/13		0,2	2			
EHP15	5,47	9803/2	1707	5,09	2			2605/14		2,34	2			
EHP16	24,74	9802/1	50103	24,74	2			2605/15		15,27	2			
EHP17	5,11	9802/2	50103	5,11	7			2605/16		0,24	2			
								2605/18		2,71	2			
EHP18	60,10	0702/10	1707	58,39	2	EHP35	82,34	2605/3	34518	82,34	2			
EHP19	9,72	0602/4	1707	9,72	2	EHP36	13,66	5701/23	1663	13,66	2			
EHP20	49,01	0602/6	1707	19,8	2	EHP37	25,13	4701/19	1663	23,85	2			
		0602/7		12,52	2			EHP38		7,82	4701	3,03	2	
		0602/8		9,55	2	4701/13	4,24		2					
		0602/9		0,3	2	EHP39	9,43		5701		4,62	2		
		0602/10		4,4	2			5701/4	3,64	2				
EHP21	88,45	0702/9	1707	33,96	2	EHP40	118,29	5601/2	1663	115,51	2			
		0702/12		53,49	2	EHP41	79,66	5601/1	1707	76,61	2			

Ozn. EHP	Plocha [ha]	ZKOD DPB	ID uži.	Dílčí výměra [ha]	Kultu- ra	Ozn EHP	Plocha [ha]	ZKOD DPB	ID uži.	Dílčí výměra [ha]	Kultu- ra			
EHP1	3,26	1306/13	70272	3,26	2	EHP22	26,991	2701/11	1707	13,06	2			
EHP2	10	1403/3	1707	8,53	2			2701/16		1,49	2			
		1403/5		0,83	2			2701/18		9,47	2			
		1403/6		0,04	2			2701/19		1,69	2			
EHP3	10,323	0403/13	47070	10,32	4	EHP23	78,198	2702/1	1707	61,55	2			
EHP4	8,882	0402/10	1707	5,1	2			2702/2		3,94	2			
		0402/22		3,41	2			2702/3		5,13	2			
EHP5	24,552	9401	1707	23,09	2	EHP24	9,641	2601/2	1707	9,64	4			
		9401/1		0,08	2	EHP25	6,830	2601/1	1707	6,83	2			
EHP6	2,729	0404/2	1668	2,73	2	EHP26	98,792	2605/5	1707	79,13	2			
EHP7	19,006	0405/1	1707	9,43	2			2605/19		7,02	2			
		0405/2		5,42	2			2605/20		4,69	2			
		0405/3		1,27	2	EHP27	2,496	2501/19	1707	2,5	2			
		0405/4		1,29	2	EHP28	2,499	2603/1	1707	2,5	2			
		0405/5		0,57	2	EHP29	2,912	2602/3	1707	2,91	2			
EHP8	2,319	0504/10	68584	2,35	4	EHP30	2,064	2501/17	1707	2,06	4			
EHP9	3,106	0504/11	68584	1,45	4	EHP31	67,763	2501/14	1707	62,86	2			
		0504/13	69540	0,66	4			2501/21	1707	0,37	2			
EHP10	31,323	9502/23	1707	29,72	2					2501/22	1707	0,48	2	
EHP11	2,514	9504/1	1707	2,51	2	EHP32	5,032	1502	1707	4,33	2			
EHP12	7,565	0507/1	1707	4,92	2	EHP33	3,543	2501/18	1707	3,19	2			
		0507/4		2,36	2	EHP34	68,607	2605/4	1707	43,93	2			
EHP13	8,981	9501/8	1707	8,98	2			2605/12		0,1	2			
EHP14	2,454	9803/1	1707	1,82	7			2605/13		0,2	2			
		9803/3		0,2	7			2605/14		2,34	2			
EHP15	5,474	9803/2	1707	5,09	2						2605/15		15,27	2
EHP16	24,736	9802/1	50103	24,74	2						2605/16		0,24	2
EHP17	5,108	9802/2	50103	5,11	7						2605/18		2,71	2
EHP18	60,099	0702/10	1707	58,39	2			EHP35		82,341	2605/3	34518	82,34	2
EHP19	9,723	0602/4	1707	9,72	2	EHP36	13,664	5701/23	1663	13,66	2			
EHP20	49,009	0602/6	1707	19,8	2	EHP37	25,129	4701/19	1663	23,85	2			
		0602/7		12,52	2	EHP38	7,817	4701	1663	3,03	2			
		0602/8		9,55	2			4701/13		4,24	2			
		0602/9		0,3	2	EHP39	9,426	5701	1663	4,62	2			
		0602/10		4,4	2			5701/4		3,64	2			
EHP21	88,451	0702/9	1707	33,96	2	EHP40	118,287	5601/2	1663	115,51	2			
		0702/12		53,49	2	EHP41	79,660	5601/1	1707	76,61	2			

Ozn. EHP	Plocha [ha]	ZKOD DPB	ID uži.	Dílčí výměra [ha]	Kultu- ra	Ozn EHP	Plocha [ha]	ZKOD DPB	ID uži.	Dílčí výměra [ha]	Kultu- ra		
EHP42	104,87	5501/11	1663	100,69	2	EHP75	75,56	2403/12	69959	0,11	4		
EHP43	31,47	5501/1	1707	17,97	2			2403/10	69959	0,19	4		
		5501/12		13,18	2			2403/11	69959	0,04	11		
EHP44	98,15	4402/5	50541	98,15	2			2403/8	84404	0,27	4		
EHP45	41,28	4402/3	1707	39,33	2			2403/5	89276	0,49	4		
EHP46	80,38	4401/1	1707	79,2	2			2403/4	91475	0,37	4		
EHP47	22,00	3502	1707	21,99	2			2403/7	91475	0,29	4		
EHP48	21,74	2504/1	1707	21,74	2			2403/3	68426	0,33	4		
EHP49	24,45	1504/1	1707	24,22	2			1407/5	91286	0,12	4		
EHP50	7,55	1505	74967	7,55	2			1407/7	69959	0,04	4		
EHP51	5,02	2503	1707	5,02	7			1409/10	69959	0,07	4		
EHP52	2,07	3402/2	1707	2,07	7			1407/6	69959	0,08	4		
EHP53	9,93	3402/1	1707	9,52	2			1407/4	94738	0,03	4		
EHP54	64,89	4201/2	50541	64,89	2			1409/8	94738	0,08	11		
EHP55	142,24	3301/2	1707	141,49	2			1407/8	70587	0,42	4		
EHP56	8,08	3403/22	1707	8,08	2			1409/6	91286	0,13	4		
EHP57	8,53	3403/17	51218	1,41	2			1409/5	91286	0,16	4		
		3403/19	72367	7,12	2			1409/2	91286	0,13	4		
EHP58	2,53	2402/4	51218	2,53	10			1409/1	89276	0,14	4		
EHP59	57,01	3301/3	1700	57,01	2			1409/3	89276	0,07	6		
EHP60	22,85	2203/6	1707	22,85	2			1409/4	89276	0,04	2		
EHP61	7,68	2203/7	78293	6,27	4			1409/9	69959	0,15	4		
		2203/8	74299	1,41	4			1409/11	69777	0,11	4		
EHP62	3,05	2311/2	1705	3,04	4			1409/12	69777	0,01	11		
EHP63	16,64	2401/4	70272	16,64	2			1407/2	68584	0,22	4		
EHP64	3,05	2401/2	1705	3,05	4			EHP76	24,92	1601/16	68426	0,18	2
EHP65	4,59	2401/13	1705	4,59	4					1601/36	9948	0,18	2
EHP66	11,14	2401/20	70272	11,14	2					1601/35	99448	0,57	2
EHP67	4,36	2307/3	1705	4,36	4	1601/15	68426			0,18	2		
EHP68	3,25	2306/1	1705	3,25	4	1601/34	99448			0,55	2		
EHP69	2,75	1301/8	1705	2,75	4	1601/37	99448			0,49	2		
EHP70	2,77	2318/5	74299	2,77	4	1601/38	99448			0,23	2		
EHP71	3,75	2301/8	1705	3,75	4	1601/39	99448			0,23	2		
EHP72	2,69	2301/10	1705	2,69	4	1601/32	74617			0,26	2		
EHP73	6,16	2302/4	74299	6,16	4	1601/40	99448			0,2	2		
EHP74	2,28	1306/28	70425	2,28	4	1601/17	68426			0,22	2		
						1601/41	74617			0,19	5		
						1601/42	74617			0,07	5		
						1601/43	68426			0,08	5		
						1601/27	68426	0,08	5				
						1601/23	68584	0,09	5				
						1601/33	99448	0,1	2				

Na vybraných EHP převažuje orná půda, která je na více jak 90 % plochy. Necelých 5 % tvoří drobná drážba. Pouhé 4 % z plochy jsou využívány jako vinice a jen 0,75 % je využíváno jako trvalý travní porost. Úhor je zastoupen na 0,23 % plochy.



Graf 4 Způsob využití půdy na zvolených EHP

4.3.2 Popis jednotlivých variant

Na výše uvedené plochy byla navržena variantní opatření, která snížila ztrátu půdy vodní erozí na v současnosti platný limit $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ (odchylka $0,25 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$). Takto navržená opatření byla porovnána s různými scénáři stavu a využívání půdy. V diplomové práci je uvažováno a porovnáváno 5 variant.

První variantou je současný stav, který je dále v textu označován „SS“. Druhá varianta je simulací stavu, který by mohl nastat, pokud by se na daných pozemcích nic nezměnilo a byly využívány stejným způsobem. Tato varianta je označována zkratkou „BZ“ (beze změny). Třetí varianta se opírá o návrh komplexní pozemkové úpravy, která byla v minulosti projednávána. Tyto návrhy však byly doplněny, aby na všech hodnocených plochách byla snížena ztráta půdy vodní erozí na $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Varianta je označována zkratkou „KoPÚ“. Čtvrtou variantou je návrh opatření, která je schopna aplikovat sám uživatel. Je označována jako „UŽI“. Poslední, pátá, varianta uvažuje s razantní změnou v užívání půdy. Představuje scénář, kde by všechna zemědělsky využívaná plocha byla zatravněna. Tato varianta je dále označována zkratkou „TTP“.

Ve všech variantách byla spočítána ztráta půdy vodní erozí. Pro posouzení daného stavu byla použita tzv. univerzální rovnice pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy z pozemků erozí (Wischmeier-Smithova rovnice – USLE). Touto empirickou metodou se vyjadřuje hodnota eroze, resp. ztráty půdy v hmotnostních jednotkách na jednotku plochy za rok. Podrobně je tento výpočet popsán v kapitole 3.

Návrh opatření byl proveden pouze na erozně ohrožených pozemcích, tzn. na pozemcích, kde výpočet dlouhodobé ztráty půdy vycházel větší, než je přípustný limit.

Řešení protierozní ochrany je založeno na návrhu komplexních prostorových a funkčních opatření pro zlepšení podmínek využití území, pro zvýšení retenční schopnosti

a schopnosti území zadržet přívalové srážky a tím snížit vodní erozi a zároveň omezit účinky povrchového odtoku a transportu splavenin.

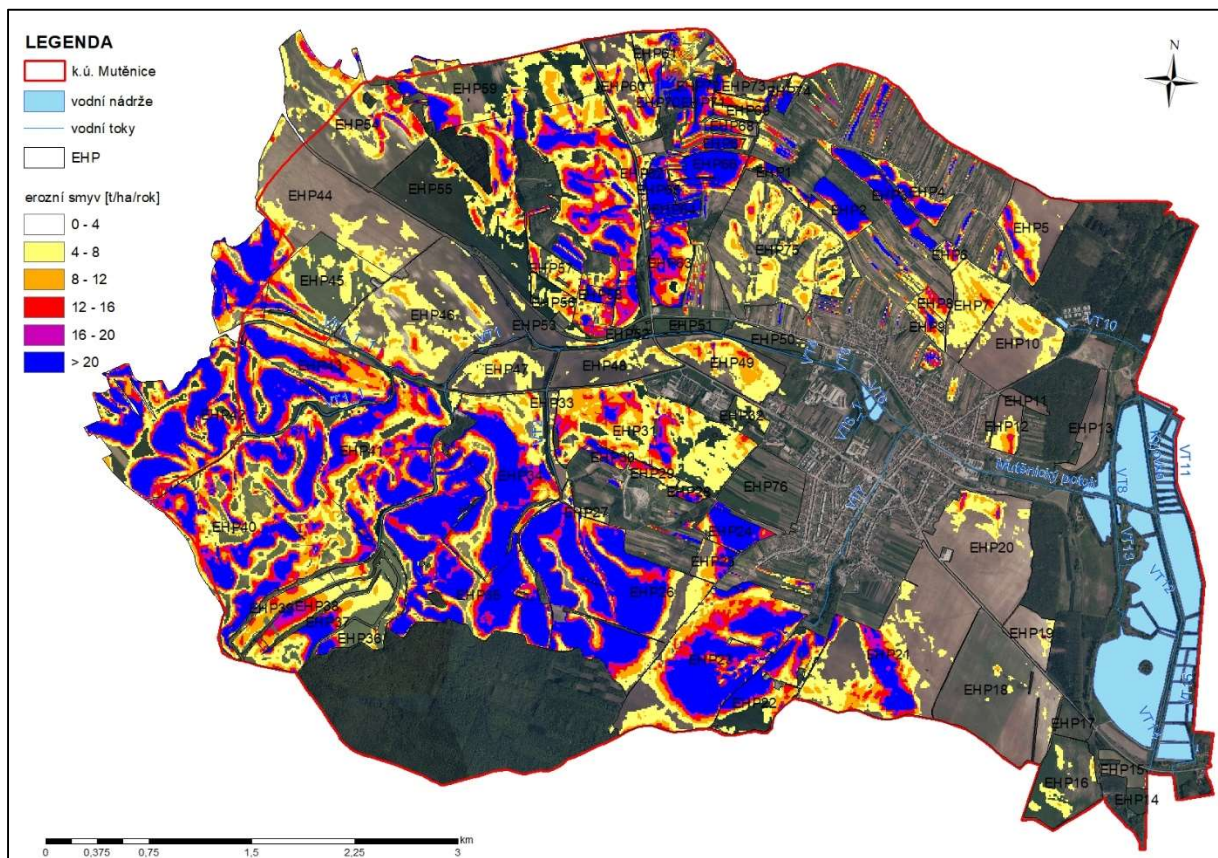
Hodnoty použitých faktorů jsou uvedeny v podrobném popise jednotlivých variant. Srovnání hodnot ztráty půdy jednotlivých variant je uvedeno v kapitole 5.1. v tabulce 24.

Varianta „SS“ – Současný stav

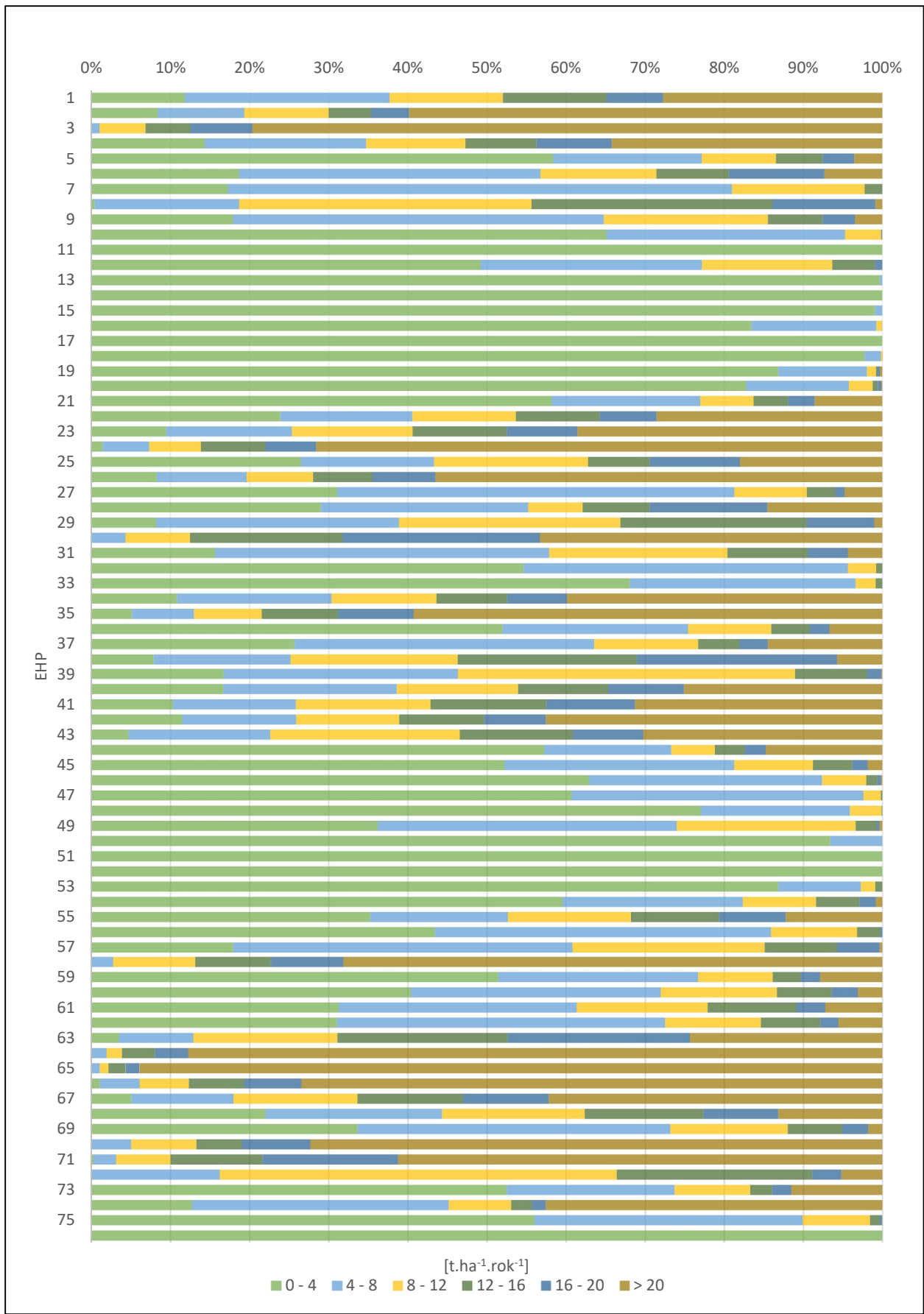
Nejprve byla spočítána ztráta půdy vodní erozí pro současný stav. Ve výpočtu byl započítán faktor erozní účinnosti deště $R = 45 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$, faktor vegetačního pokryvu půdy C byl brán pro ornou půdu bez opatření 0,291, pro vinice, sady bez opatření 0,44 a pro travní porost 0,005. K faktor byl zvolen dle HPJ. P faktor byl konstantní a roven 1 a LS faktor byl vytvořen pomocí USLE 2D. Pro EHP 75 a 76 byl C faktor stanoven na hodnotu 0,05 a P faktor 0,8.

Přípustná ztráta půdy vodní erozí vyšla pouze na 20 EHP. Jednalo se o pozemky s travním porostem, pozemky v drobné držbě a pozemky s ornou půdou a nízkým sklonem. Průměrná ztráta na celém řešeném území vyšla $12,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Výsledná eroze na zájmovém území je zobrazena na obrázku 17 dále ji prezentuje graf 5.



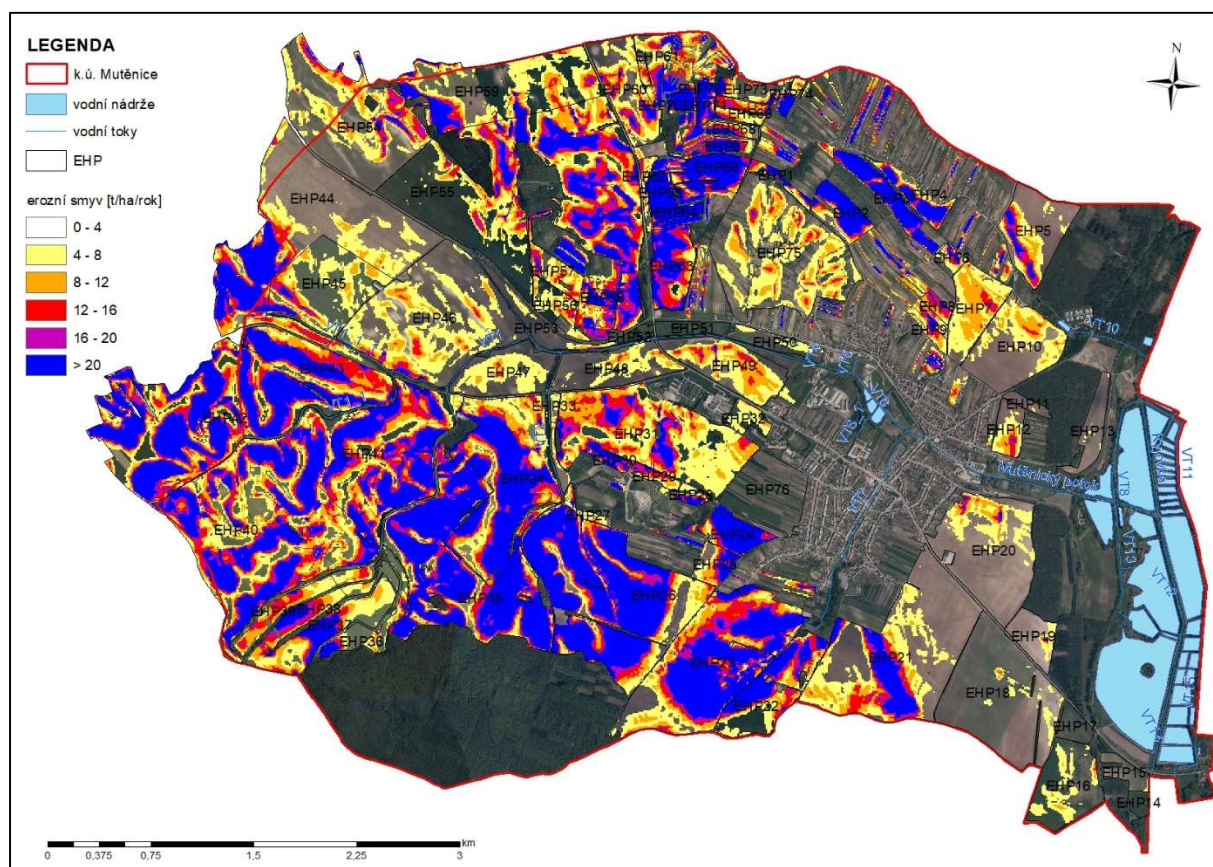
Obrázek 17 Ztráta půdy vodní erozí – varianta „SS“



Graf 5 Histogram ztráty půdy vodní erozí k variantě „SS“

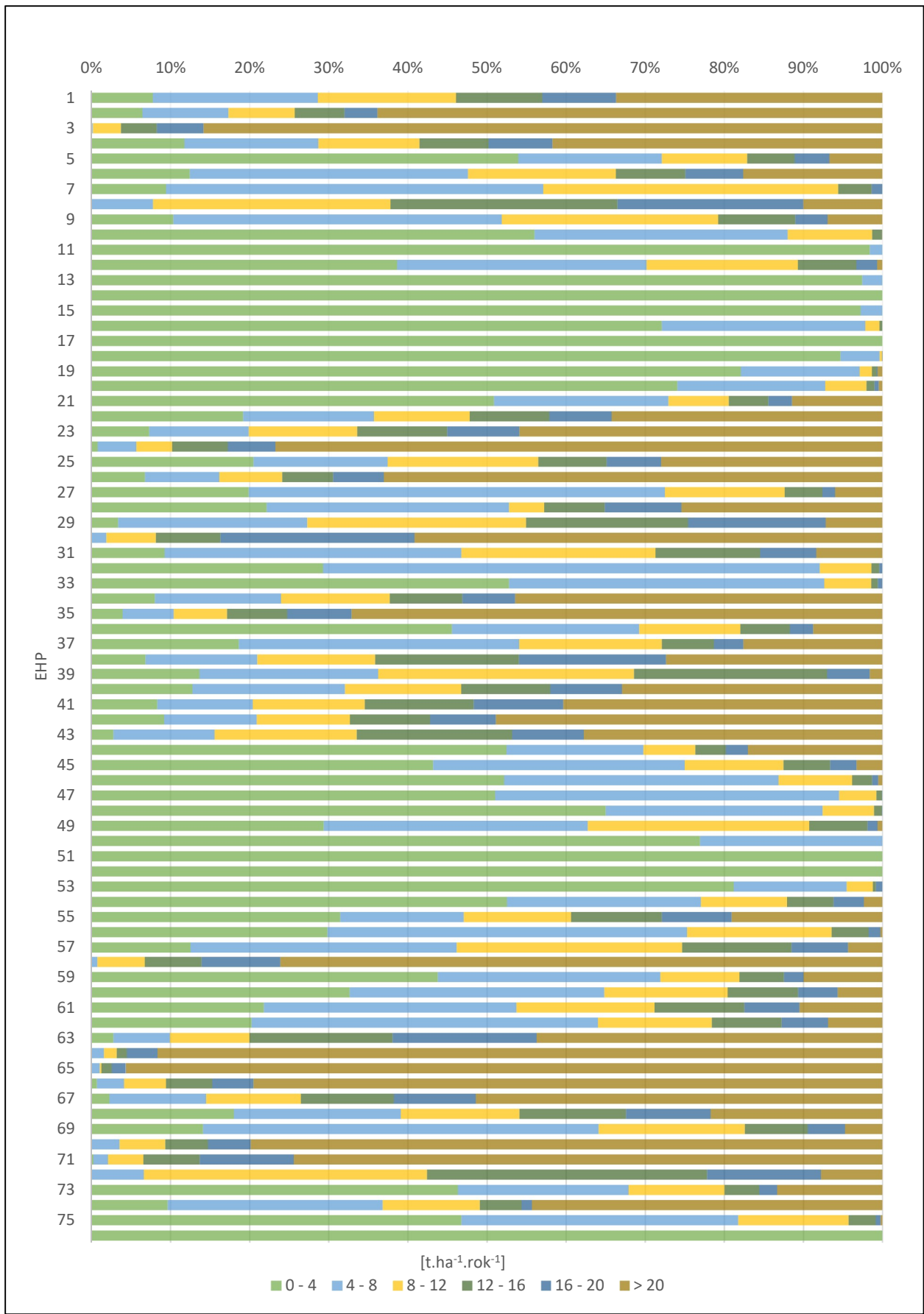
Varianta „BZ“ – Stav beze změny

Tato varianta uvažuje s takovým stavem, který by mohl nastat v budoucnu při zachování současného využívání půdy. Tento stav je simulován zhoršením půdních vlastností, které se podílejí na vzniku erozního procesu. Předpokládá se ztráta organické hmoty, zhutnění půdy, snížení infiltrační schopnosti a ztráta struktury vedoucí ke snížení odolnosti půdních agregátů proti rozrušujícímu účinku dopadajících kapek deště. Faktor zastupující půdní vlastnosti je faktor K. Tento faktor byl tedy zvětšen o 20 % a použit do výpočtu. Tento faktor se určuje pomocí HPJ, které lze přiřadit k příslušné HSP. Daná půdní jednotka byla v této variantě zařazena do skupiny o třídu horší. Půdy ve skupině D zůstaly ve stejné skupině. Tato skutečnost se promítla do hodnot čísla CN křivek. Zbylé hodnoty pro výpočet ztráty půdy vodní erozí byly použity stejné jako u předchozí varianty.



Obrázek 18 Ztráta půdy vodní erozí – varianta „BZ“

Při takto zhoršených půdních podmínkách vyhovělo limitu na ztrátu půdy pouze 18 EHP. Velikost ztráty půdy v tomto případě ukazuje graf 6. Průměrně se z hektaru ročně ztratí o 2,45 t více než při stavu současném. Tato ztráta by pro dané území, kde celková plocha EHP je 2021 ha, znamenala roční ztrátu větší téměř o 5000 t.



Graf 6 Histogram ztráty půdy vodní erozí k variantě „BZ“

Varianta „KoPÚ“ – Komplexní pozemková úprava

V této variantě byla navržena opatření, která by snížila míru erozního ohrožení na pozemcích, které v současném stavu nevyhovují. Jednalo se převážně o organizační a agrotechnická opatření. P faktor byl změněn na hodnotu 0,8 v případech, kdy bylo navrženo obdělávání po vrstevnicích. Tento požadavek byl podpořen tvarem a uspořádáním pozemku, tzn. delší strana byla souběžně s vrstevnicemi. Funkci přerušení svahu plní navržené meze, díky kterým se zmenší LS faktor. K faktor zůstává stejný jako u stávajícího stavu. Navržená plošná opatření mění C faktor, dle níže uvedené tabulky 14.

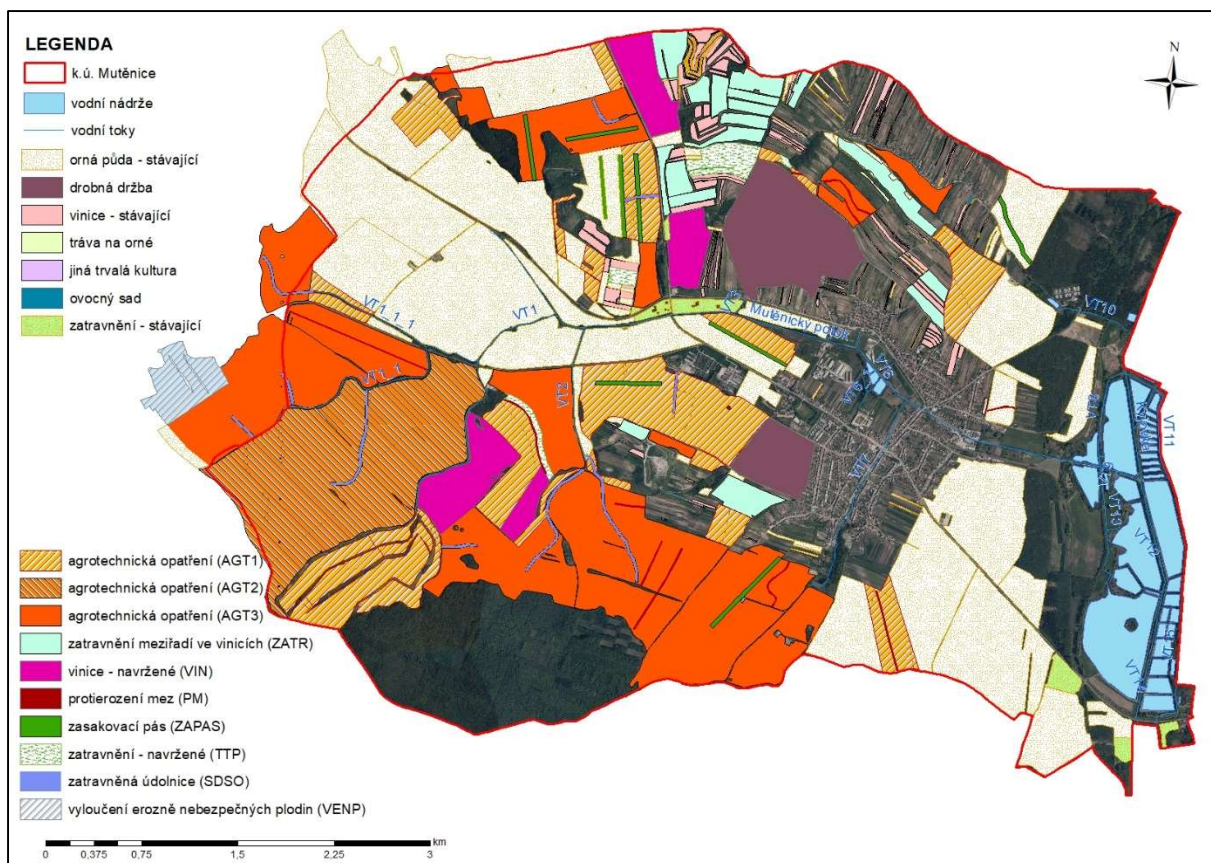
Tabulka 14 Faktor C a P použitý pro daná opatření

Opatření		C faktor	P faktor
110	VENP1	0,06	0,8
200	AGT1	0,1	1
210	AGT2	0,06	1
220	AGT3	0,06	0,8
300	ZATR	0,005	1
44	VIN	0,005	1
77	TTP	0,005	1
500	PM	0,005	1
700	ZAPAS	0,005	1
800	SDSO	0,005	1

V rámci organizačních opatření byla upravena velikost a tvar pozemku. Ochranné zatravnění bylo navrženo v údolnicích (SDSO), v meziřadích vinic (ZATR) a místech s velkým sklonem (TTP). Dále byly navrženy zasakovací pásy (ZAPAS). Na některých svazích s orientací na jih, jihozápad nebo jihovýchod byla navržena změna z orné půdy na vinice se zatravněným meziřadím (VIN). Na pozemcích, které tvořily přímé nebezpečí pro intravilán, bylo navrženo vyloučení erozně nebezpečných plodin (VENP). Osevní postup tohoto opatření je uveden v tabulce 15. Protierozní agrotechnologie (AGT) byla navržena na pozemcích orné půdy, pokud byly ohroženy vodní erozí. Tato opatření byla navržena ve třech variantách, dle potřeby snížení C či P faktoru. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 14.

Tabulka 15 Návrh protierozních osevních postupů [30]

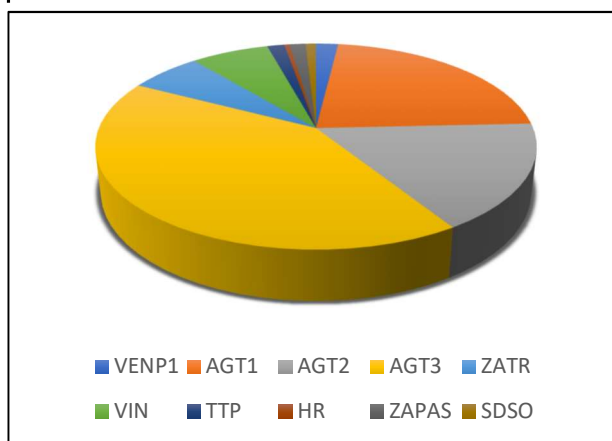
Postup 1		Postup 2	
Plodina	C faktor	Plodina	C faktor
jetel luční	0,02	jetel luční	0,02
pšenice ozimá	0,12	pšenice ozimá	0,12
ječmen jarní	0,08	ječmen jarní	0,08
jetelotráva	0,02	řepka ozimá	0,18
tráva na semeno	0,02	pšenice ozimá	0,12
pšenice ozimá	0,12	ječmen jarní	0,08
C faktor	0,06	C faktor	0,10



Obrázek 19 Návrh opatření u varianty „KoPÚ“

Tabulka 16 Plošné zastoupení jednotlivých opatření - „KoPÚ“

Opatření	[ha]	[%]
110 VENP1	22,6	1,12
200 AGT1	261,8	12,95
210 AGT2	196,1	9,71
220 AGT3	487,3	24,11
300 ZATR	73,8	3,65
44 VIN	79,5	3,93
77 TTP	17,6	0,87
500 PM	5,3	0,26
700 ZAPAS	16,3	0,81
800 SDSO	10,6	0,52



Graf 7 Plošné zastoupení jednotlivých opatření - „KoPÚ“

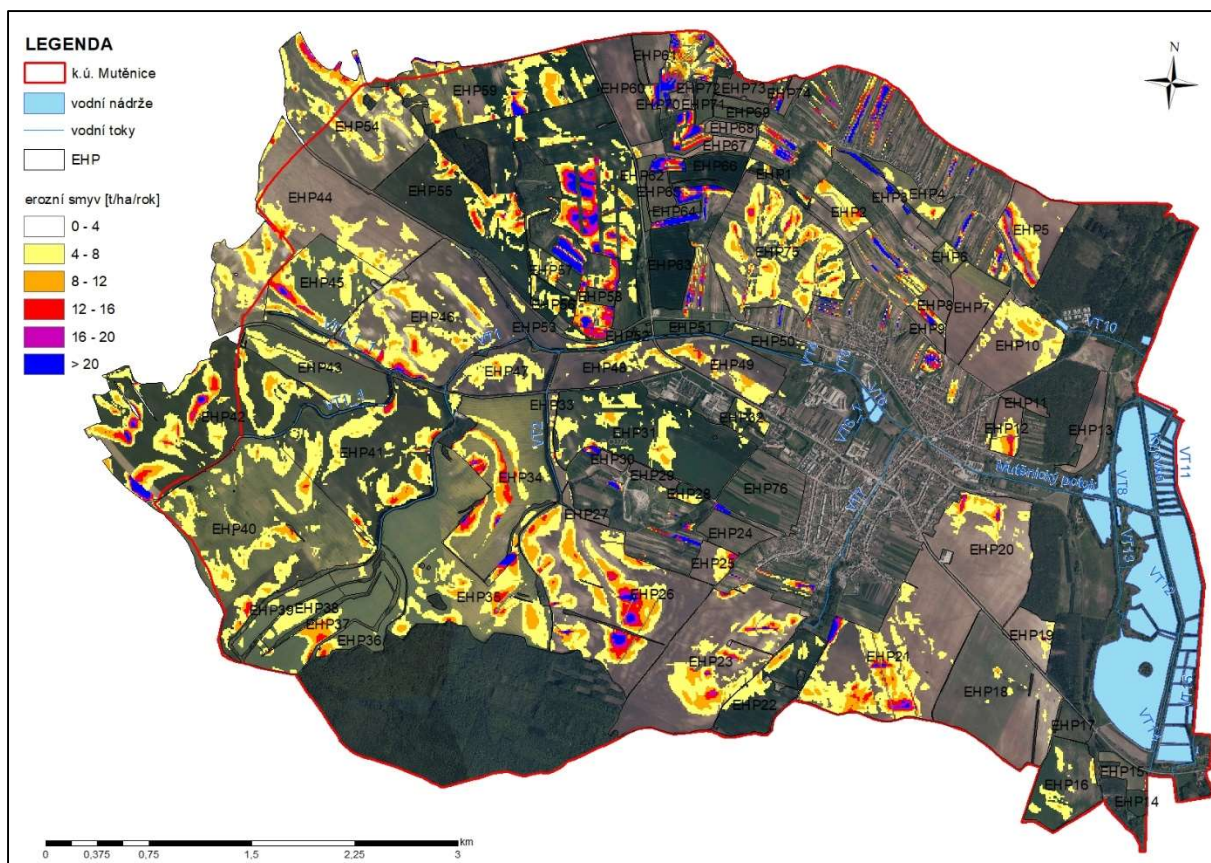
Varianta návrhu „KoPÚ“ obnáší změny ve využívání půdy na 58 % plochy EHP. Pro vyloučení erozně nebezpečných ploch bylo navrženo 1 % ploch EHP, pro využívání agrotechnologií 47 % ploch. Nové i stávající vinice se zatravněním meziřadí v této variantě tvoří 7,5 % ploch EHP a k zatravnění bylo určeno 2,5 % ploch EHP.

Tabulka 17 Výkaz výměr jednotlivých plošných opatření konkretizovaných na dané EHP – „KoPÚ“

Plošná opatření							
Kód opatření		EHP	Výměra [ha]	Kód opatření		EHP	Výměra [ha]
Agrotechnická opatření 1				Agrotechnická opatření 3			
200	AGT1_1	EHP36	13,664	220	AGT3_1	EHP29	2,912
200	AGT1_2	EHP27	2,062	220	AGT3_2	EHP26	94,916
200	AGT1_3	EHP1	1,379	220	AGT3_3	EHP22	26,991
200	AGT1_4	EHP55	17,636	220	AGT3_4	EHP4	8,882
200	AGT1_5	EHP6	2,729	220	AGT3_5	EHP35	49,146
200	AGT1_6	EHP37	25,129	220	AGT3_6	EHP34	29,52
200	AGT1_7	EHP31	65,571	220	AGT3_7	EHP43	30,313
200	AGT1_8	EHP39	9,426	220	AGT3_8	EHP23	75,45
200	AGT1_9	EHP7	19,006	220	AGT3_9	EHP2	9,355
200	AGT1_10	EHP25	6,83	220	AGT3_10	EHP42	77,62
200	AGT1_11	EHP38	7,817	220	AGT3_11	EHP59	5,865
200	AGT1_12	EHP57	2,501	220	AGT3_12	EHP59	3,064
200	AGT1_13	EHP56	2,01	220	AGT3_13	EHP55	37,746
200	AGT1_14	EHP54	14,401	220	AGT3_14	EHP44	27,91
200	AGT1_15	EHP45	7,221	220	AGT3_15	EHP55	7,613
200	AGT1_16	EHP34	22,793	Vyloučení erozně nebezpečných plodin			
200	AGT1_17	EHP34	3,634	111	VENP_1	EHP42	22,58
200	AGT1_18	EHP28	2,499	Zatavnění meziřadí ve vinicích			
200	AGT1_19	EHP21	16,355	300	ZATR_1	EHP9	3,106
200	AGT1_20	EHP1	1,354	300	ZATR_2	EHP8	2,319
200	AGT1_21	EHP49	10,127	300	ZATR_3	EHP64	3,052
200	AGT1_22	EHP57	2,962	300	ZATR_4	EHP62	3,045
200	AGT1_23	EHP59	4,657	300	ZATR_5	EHP67	4,357
Agrotechnická opatření 2				300	ZATR_6	EHP74	2,276
210	AGT2_1	EHP41	78,644	300	ZATR_7	EHP61	7,683
210	AGT2_2	EHP40	117,495	300	ZATR_8	EHP68	3,245
Návrh nových vinic				300	ZATR_9	EHP71	3,752
44	VIN_1	EHP63	16,638	300	ZATR_10	EHP70	2,771
44	VIN_2	EHP60	22,854	300	ZATR_11	EHP24	9,641
44	VIN_3	EHP35	31,556	300	ZATR_12	EHP3	10,323
44	VIN_4	EHP34	8,44	300	ZATR_13	EHP73	6,164
Trvalý travní porost				300	ZATR_14	EHP65	4,586
77	TTP_1	EHP58	2,528	300	ZATR_15	EHP30	2,064
77	TTP_2	EHP66	11,141	300	ZATR_16	EHP72	2,69
77	TTP_3	EHP34	3,45	300	ZATR_17	EHP69	2,751
77	TTP_4	EHP1	0,447				

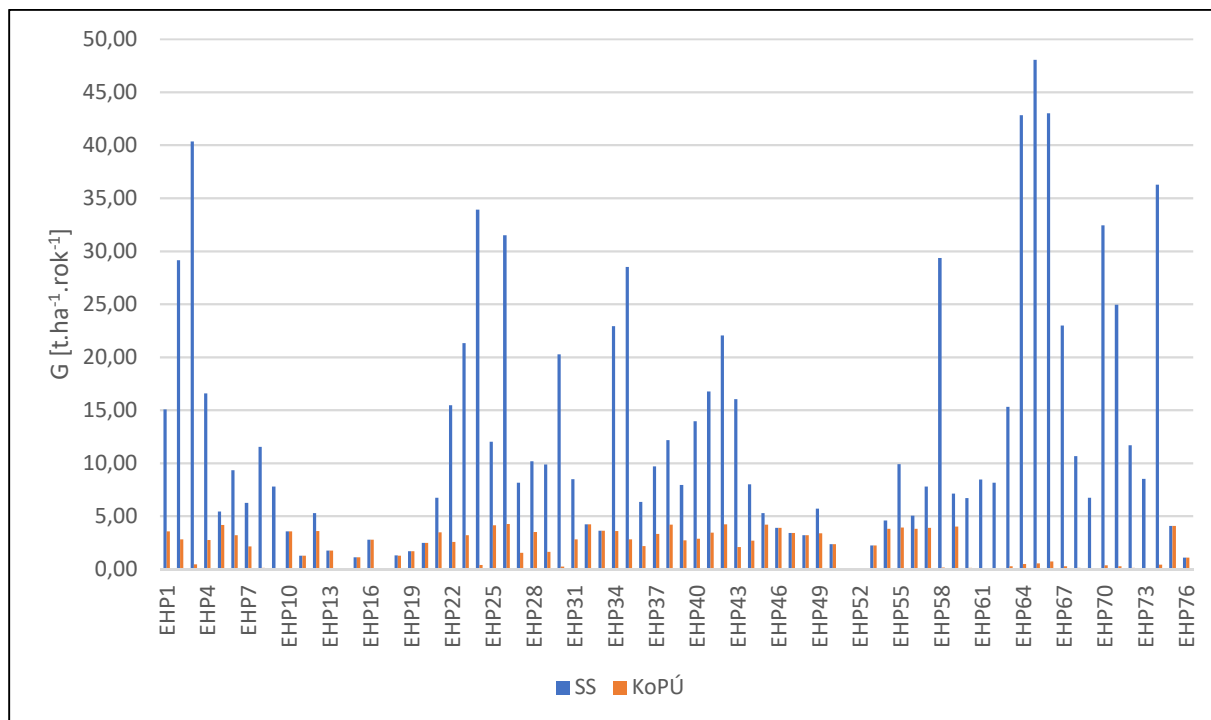
Tabulka 18 Výkaz výměr jednotlivých liniových opatření konkretizovaných na dané EHP – „KoPÚ“

Liniová opatření							
Kód opatření		EHP	Výměra [ha]	Kód opatření		EHP	Výměra [ha]
Protierozní mez				Zatrávnění údolnic			
500	PM_1	EHP23	0,463	800	SDSO_1	EHP44	1,185
500	PM_2	EHP2	0,208			EHP45	
500	PM_3	EHP2	0,505	800	SDSO_2	EHP55	0,612
500	PM_4	EHP26	0,328	800	SDSO_3	EHP42	0,515
500	PM_5	EHP21	0,658	800	SDSO_4	EHP42	0,485
500	PM_6	EHP26	0,238	800	SDSO_5	EHP55	0,549
500	PM_7	EHP34	0,705	800	SDSO_6	EHP40	1,809
500	PM_8	EHP26	0,386			EHP41	
500	PM_9	EHP43	1,156	800	SDSO_7	EHP26	2,213
500	PM_10	EHP26	0,391			EHP27	
500	PM_11	EHP12	0,22			EHP33	
500	PM_12	EHP1	0,076	800	SDSO_8	EHP31	0,645
Zasakovací pás				800	SDSO_9	EHP35	2,008
Kód opatření		EHP	Výměra [ha]			EHP26	
700	ZAPAS_1	EHP55	1,709	800	SDSO_10	EHP35	0,551
700	ZAPAS_2	EHP55	1,562				
700	ZAPAS_3	EHP55	2,008				
700	ZAPAS_4	EHP55	1,944				
700	ZAPAS_5	EHP23	2,285				
700	ZAPAS_6	EHP55	1,486				
700	ZAPAS_7	EHP49	2,072				
700	ZAPAS_8	EHP31	1,547				
700	ZAPAS_9	EHP5	1,715				

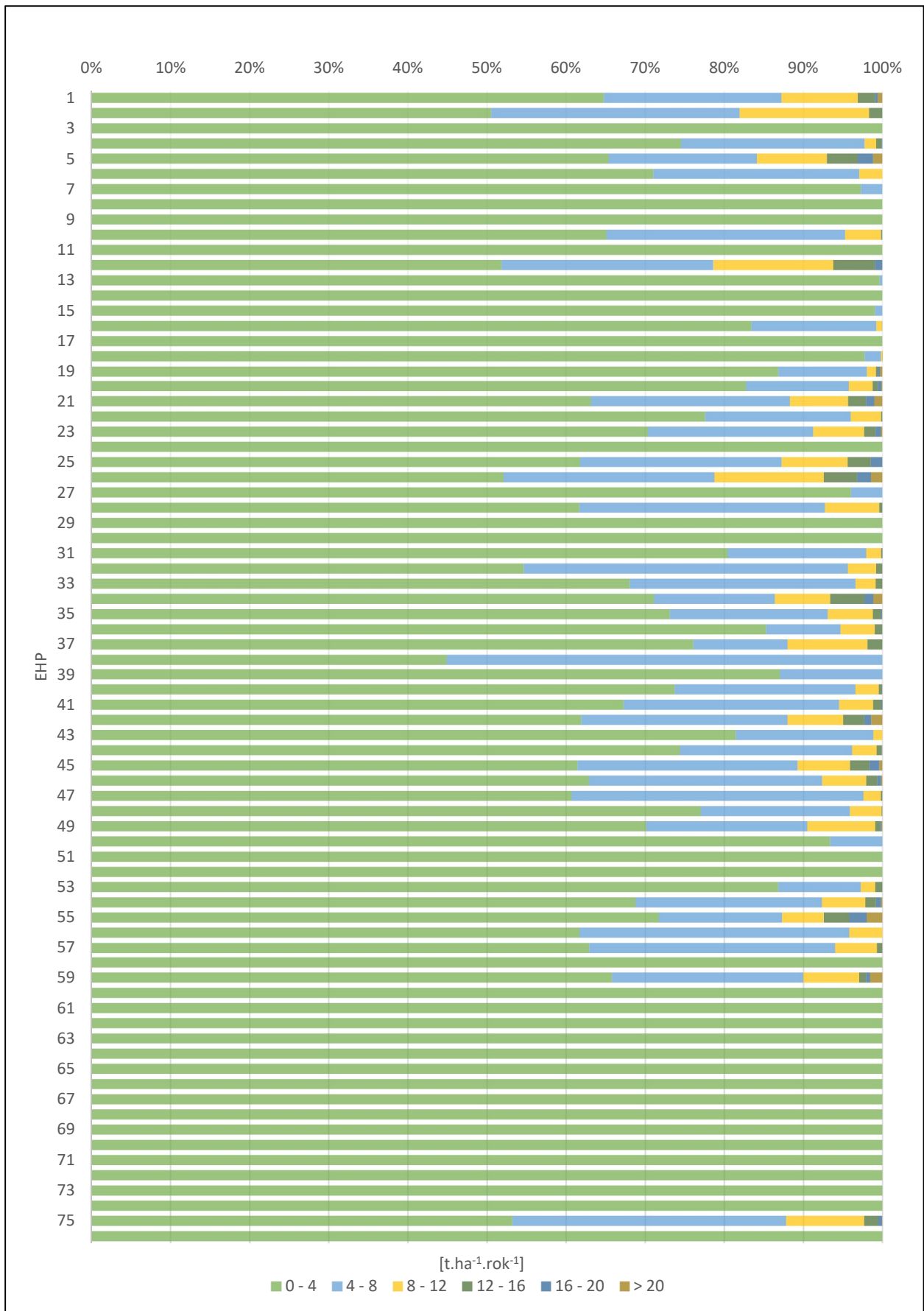


Obrázek 20 Ztráta půdy vodní erozí po návrhu opatření „KoPÚ“

Účinnost opatření na EHP je znázorněna na obrázku 20 a v grafu 9. Porovnání ztráty půdy vlivem vodní eroze této varianty a současného stavu je provedeno v grafu 8.



Graf 8 Porovnání ztráty půdy vlivem vodné eroze – varianta „SS“ a „KoPÚ“



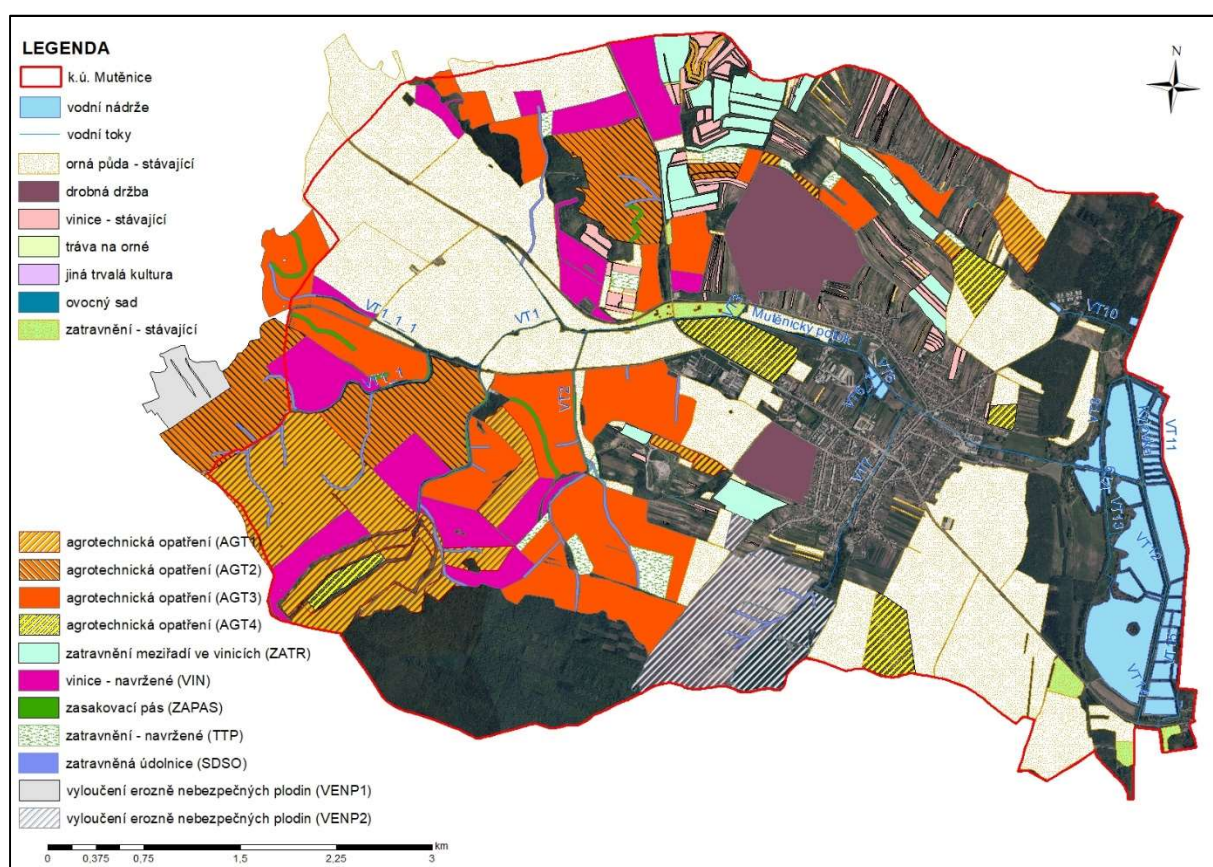
Graf 9 Histogram ztráty půdy vodní erozí k variantě „KoPÚ“

Varianta „UŽÍ“ - uživatel

Strategie návrhu v této variantě byla podobná variantě předešlé. Na rozdíl od předchozí varianty se zde ale nenavrhovaly žádné liniové prvky přerušující svah, které vyžadují zemní práce (meze aj.). Na některých pozemcích se návrhy liší, díky tomu je ve výsledném porovnání vidět účinnost různých opatření na daném EHP. V této variantě bylo navrženo více vinic, méně využívání agrotechnologií a více vyloučení erozně nebezpečných plodin. Podrobnější data jsou uvedena v tabulkách a grafech níže.

Tabulka 19 Faktor C a P použitý pro daná opatření

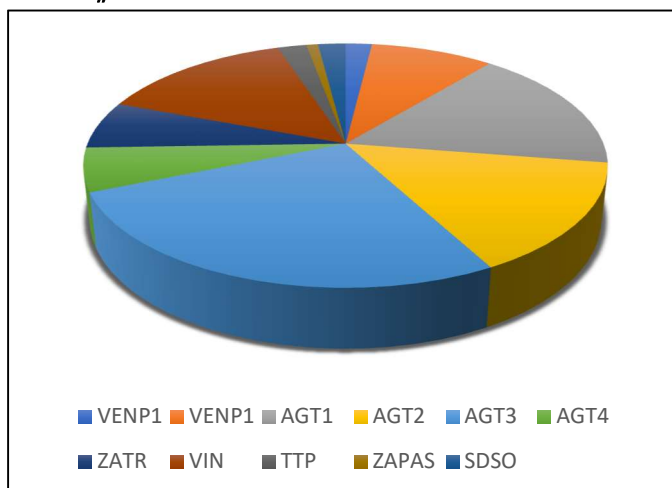
Opatření		C faktor	P faktor
110	VENP1	0,06	1
111	VENP2	0,06	0,8
200	AGT1	0,1	1
205	AGT2	0,1	0,8
210	AGT3	0,06	1
220	AGT4	0,06	0,8
300	ZATR	0,005	1
44	VIN	0,005	1
700	ZAPAS	0,005	1
77	TTP	0,005	1
800	SDSO	0,005	1



Obrázek 21 Návrh opatření ve variantě „UŽÍ“

Tabulka 20 Plošné zastoupení jednotlivých opatření – „UŽI“

Opatření		[ha]	[%]
110	VENP1	22,5	1,11
111	VENP2	105,7	5,23
200	AGT1	193,3	9,57
210	AGT2	171,5	8,48
220	AGT3	310,8	15,38
205	AGT4	67,5	3,34
300	ZATR	73,8	3,65
44	VIN	166,4	8,23
77	TTP	24,7	1,22
700	ZAPAS	10,0	0,49
800	SDSO	23,7	1,17



Graf 10 Plošné zastoupení jednotlivých opatření – „UŽI“

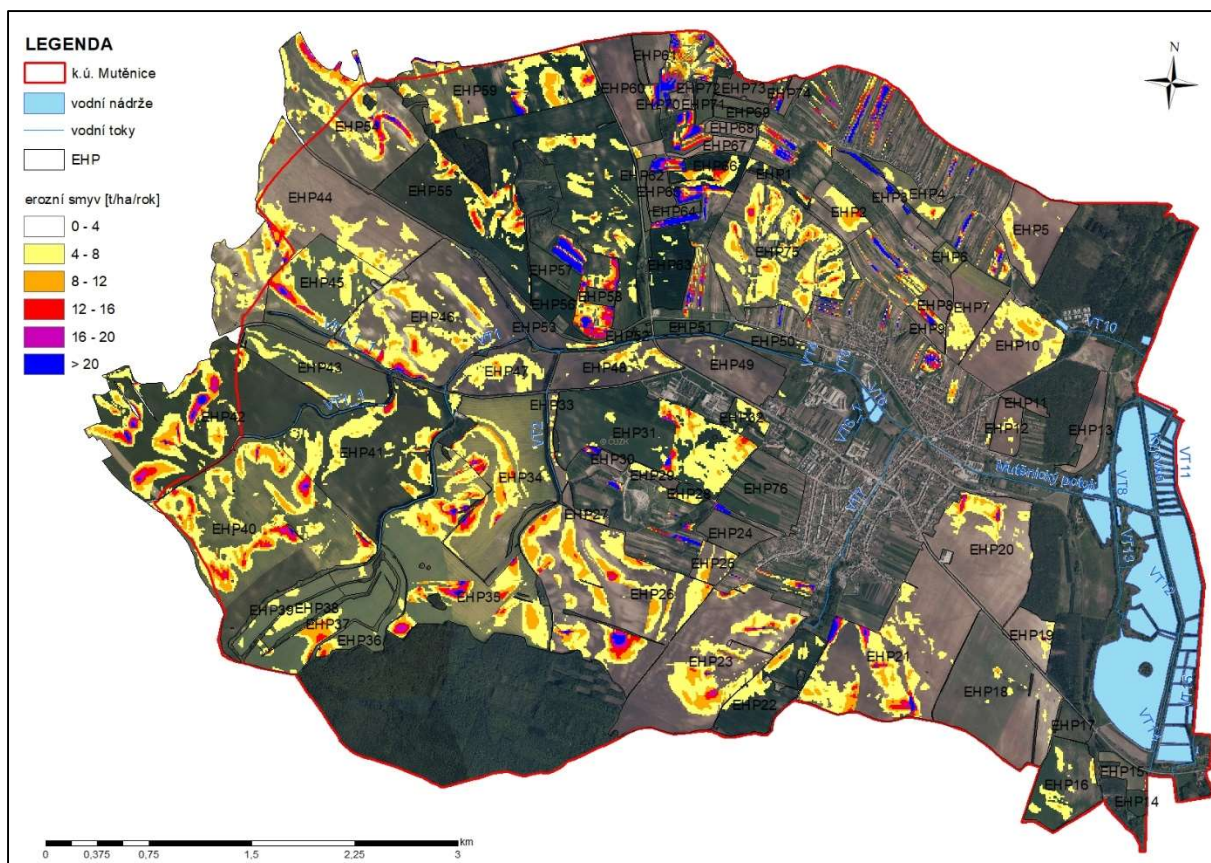
Opatření navržená ve variantě „UŽI“ vyžadují změnu využívání půdy na 58 % plochy EHP. Vyloučení erozně nebezpečných plodin je navrženo na 6,3 %, Využití agrotechnologií všech navržených variant vyžaduje 36,8 %. Vinice jsou nově navrženy na necelých 12 % plochy a necelá 3 % jsou navržena k zatravnění.

Tabulka 21 Výkaz výměr jednotlivých plošných opatření konkretizovaných na dané EHP – „UŽÍ“

Plošná opatření							
Kód opatření		EHP	Výměra [ha]	Kód opatření		EHP	Výměra [ha]
Agrotechnická opatření 1				Zatravnění meziřadí ve vinicích			
200	AGT1_1	EHP36	13,118	300	ZATR_1	EHP9	3,106
200	AGT1_2	EHP1	1,42	300	ZATR_2	EHP8	2,319
200	AGT1_3	EHP29	2,912	300	ZATR_3	EHP64	3,052
200	AGT1_4	EHP6	1,974	300	ZATR_4	EHP62	3,045
200	AGT1_5	EHP28	2,499	300	ZATR_5	EHP67	4,357
200	AGT1_6	EHP40	96,17	300	ZATR_6	EHP74	2,276
200	AGT1_7	EHP37	25,129	300	ZATR_7	EHP61	7,683
200	AGT1_8	EHP2	12,338	300	ZATR_8	EHP68	3,245
200	AGT1_9	EHP39	9,426	300	ZATR_9	EHP71	3,752
200	AGT1_10	EHP1	1,222	300	ZATR_10	EHP70	2,771
200	AGT1_11	EHP34	17,794	300	ZATR_11	EHP24	9,641
200	AGT1_12	EHP35	2,557	300	ZATR_12	EHP3	10,323
200	AGT1_13	EHP35	6,784	300	ZATR_13	EHP73	6,164
Agrotechnická opatření 2				300	ZATR_14	EHP65	4,586
210	AGT2_1	EHP41	60,981	300	ZATR_15	EHP15	2,064
210	AGT2_2	EHP55	50,31	300	ZATR_16	EHP72	2,69
210	AGT2_3	EHP42	55,796	300	ZATR_17	EHP69	2,751
210	AGT2_4	EHP66	4,371	Návrh nových vinic			
Agrotechnická opatření 3				44	VIN_1	EHP56	8,078
220	AGT3_1	EHP66	3,085	44	VIN_2	EHP60	22,854
220	AGT3_2	EHP63	13,065	44	VIN_3	EHP57	8,534
220	AGT3_3	EHP26	50,363	44	VIN_4	EHP34	1,825
220	AGT3_4	EHP4	8,882	44	VIN_5	EHP34	9,6
220	AGT3_5	EHP35	19,945	44	VIN_6	EHP35	15,562
220	AGT3_6	EHP34	34,168	44	VIN_7	EHP35	9,768
220	AGT3_7	EHP43	28,734	44	VIN_8	EHP40	18,442
220	AGT3_8	EHP31	39,362	44	VIN_9	EHP41	16,793
220	AGT3_9	EHP2	8,939	44	VIN_10	EHP42	24,627
220	AGT3_10	EHP26	24,063	44	VIN_11	EHP45	3,332
220	AGT3_11	EHP35	23,67	44	VIN_12	EHP54	6,002
220	AGT3_12	EHP44	24,557	44	VIN_13	EHP55	13,679
220	AGT3_13	EHP45	3,866	44	VIN_14	EHP59	3,744
220	AGT3_14	EHP55	11,27	44	VIN_15	EHP63	3,572
220	AGT3_15	EHP55	7,855	Trvalý travní porost			
220	AGT3_16	EHP59	8,929	77	TTP_1	EHP58	2,528
Agrotechnická opatření 4				77	TTP_2	EHP1	0,613
205	AGT4_1	EHP49	24,449	77	TTP_3	EHP6	0,755
205	AGT4_2	EHP7	12,549	77	TTP_4	EHP26	3,379
205	AGT4_3	EHP38	7,817	77	TTP_5	EHP34	1,842
205	AGT4_4	EHP12	3,72	77	TTP_6	EHP55	1,574
205	AGT4_5	EHP21	18,995	77	TTP_7	EHP66	3,685
				77	TTP_8	EHP26	8,474
				77	TTP_9	EHP27	0,677
				77	TTP_10	EHP2	1,129

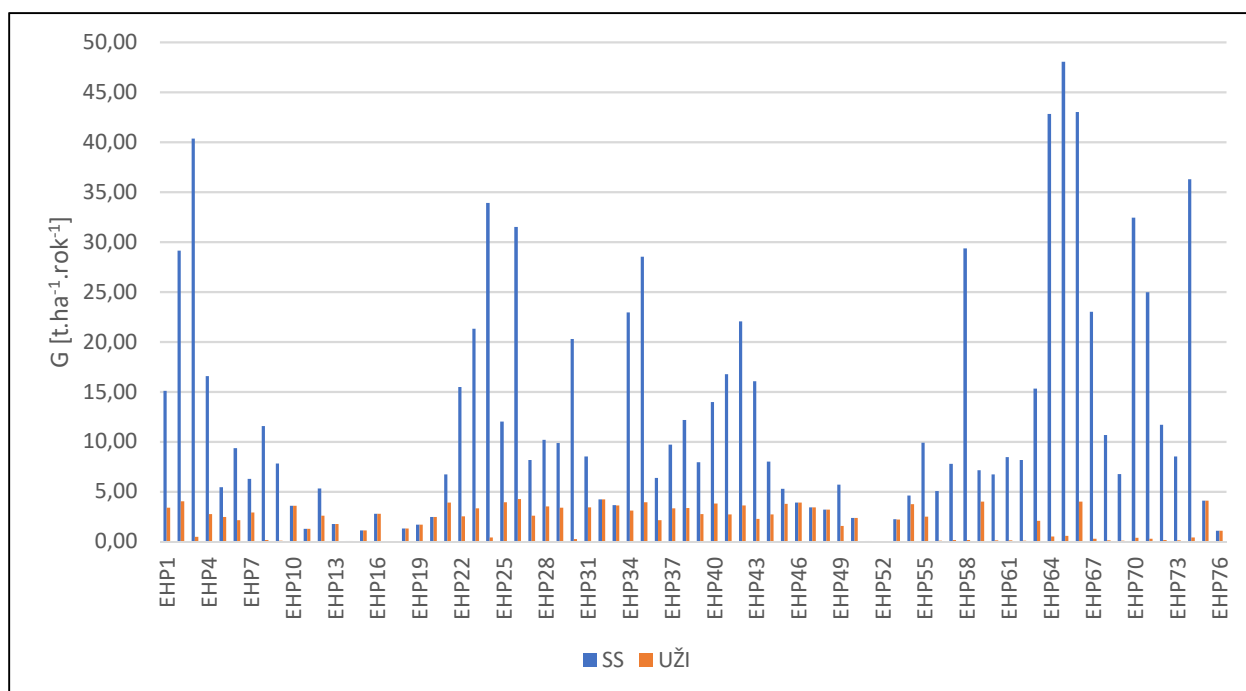
Tabulka 22 Výkaz výměr jednotlivých plošných a liniových opatření konkretizovaných na dané EHP

Plošná opatření							
Kód opatření		EHP	Výměra [ha]	Kód opatření		EHP	Výměra [ha]
Vyloučení erozně nebezpečných plodin 1				Vyloučení erozně nebezpečných plodin 2			
110	VENP1_1	EHP42	22,529	111	VENP2_1	EHP22	26,416
				111	VENP2_2	EHP23	75,83
				111	VENP2_3	EHP25	3,48
Liniová opatření							
Kód opatření		EHP	Výměra [ha]	Kód opatření		EHP	Výměra [ha]
Zatrávnění údolnic				Zasakovací pás			
800	SDSO_1	EHP22	1,368	700	ZAPAS_1	EHP34	0,663
		EHP23		700	ZAPAS_2	EHP41	0,818
800	SDSO_2	EHP22	0,265	700	ZAPAS_3	EHP35	0,197
800	SDSO_3	EHP23	0,41	700	ZAPAS_4	EHP43	0,424
800	SDSO_4	EHP23	0,596	700	ZAPAS_5	EHP43	0,055
800	SDSO_5	EHP23	0,391	700	ZAPAS_6	EHP42	0,033
800	SDSO_6	EHP26	2,223	700	ZAPAS_7	EHP34	2,311
		EHP27		700	ZAPAS_8	EHP43	1,789
		EHP33		700	ZAPAS_9	EHP43	0,467
800	SDSO_7	EHP31	0,736	700	ZAPAS_10	EHP44	1,943
800	SDSO_8	EHP31	0,205	700	ZAPAS_11	EHP55	1,259
800	SDSO_9	EHP34	0,374				
800	SDSO_10	EHP35	2,086				
		EHP26					
		EHP27					
800	SDSO_11	EHP35	0,852				
800	SDSO_12	EHP35	0,254				
800	SDSO_13	EHP35	0,629				
800	SDSO_14	EHP35	1,449				
		EHP36					
800	SDSO_15	EHP35	0,298				
800	SDSO_16	EHP40	2,11				
		EHP41					
800	SDSO_17	EHP40	2,053				
		EHP42					
800	SDSO_18	EHP40	0,664				
800	SDSO_19	EHP42	0,566				
		EHP40					
800	SDSO_20	EHP42	0,417				
800	SDSO_21	EHP42	0,904				
800	SDSO_22	EHP44	1,138				
		EHP45					
800	SDSO_23	EHP53	2,325				
		EHP55					
		EHP59					
800	SDSO_24	EHP55	0,586				
800	SDSO_25	EHP55	0,757				

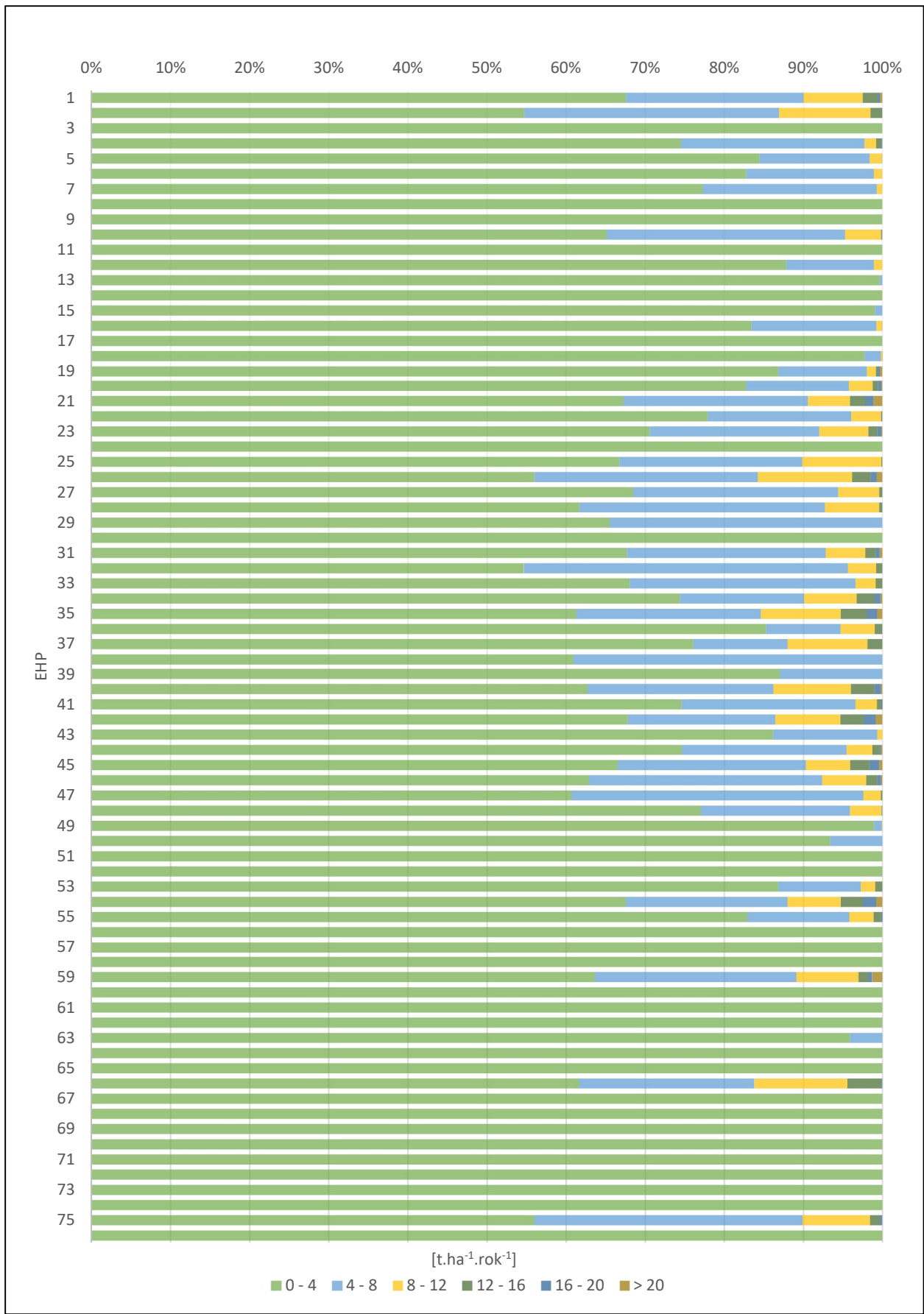


Obrázek 22 Ztráta půdy vodní erozí po návrhu „UŽI“

Výsledné hodnoty ztráty půdy vodní erozí byly podobné, jako ve variantě „KoPÚ“, na některých EHP o pár desetín tun z hektaru ročně nižší. Konkrétní hodnoty ukazují tabulka 24 v kapitole 5.



Graf 11 Porovnání ztráty půdy vlivem vodní eroze – varianta „SS“ a „UŽI“

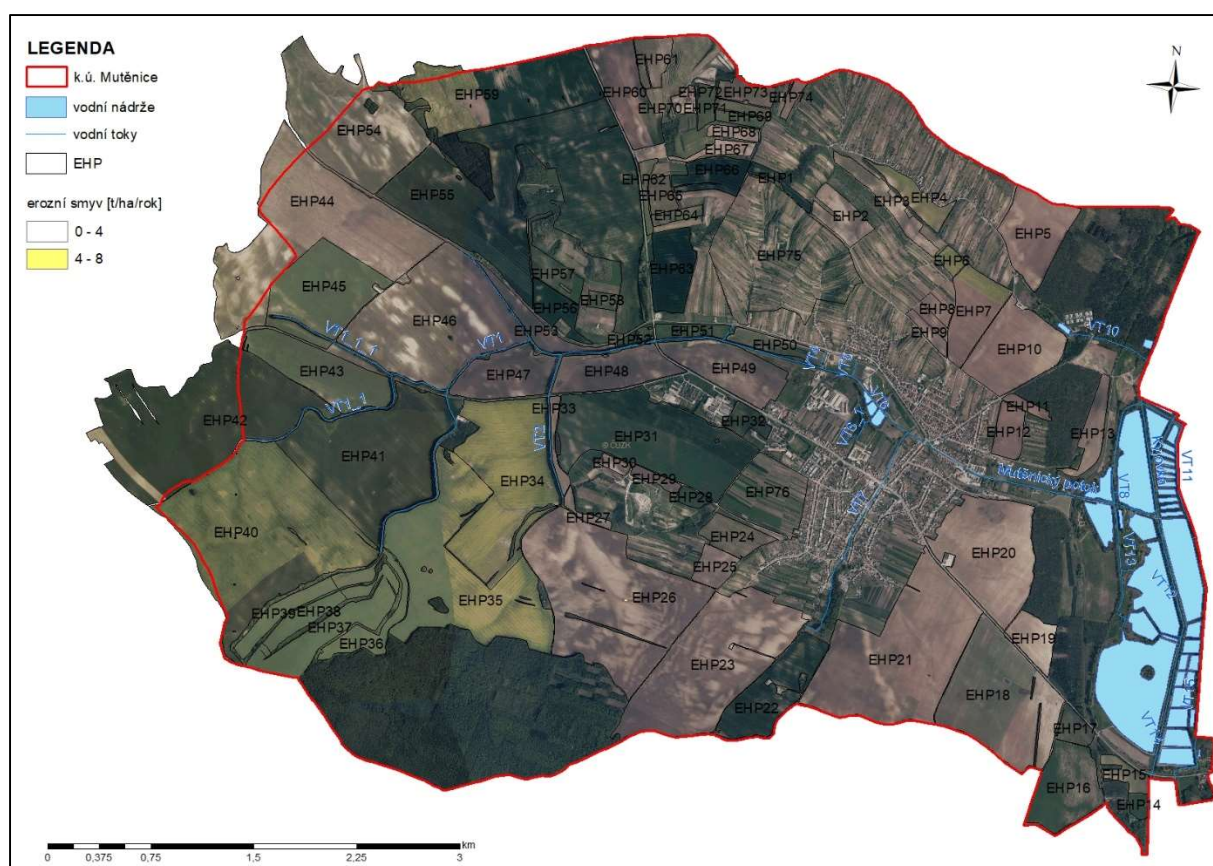


Graf 12 Histogram ztráty půdy vodní erozí k variantě „UŽI“

Varianta TTP

Jako nejlepší ochrana před erozí a zároveň nejvhodnější pokryv pro podporu vsakování se prezentuje zatravnění. Tato modelová varianta obnáší zatravnění všech posuzovaných ploch. Faktor P a R je konstantní, faktor K a LS je stejný jako ve variantě současného stavu. C faktor je konstantní, jeho hodnota je 0,005.

Tato opatření snížila hodnotu ztráty půdy vodní erozí na minimální hodnoty. Uvádět histogram, jako u předchozích variant nemá své opodstatnění, protože se dlouhodobá průměrná ztráta půdy pohybuje okolo $0,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, tedy všechny EHP vyhovují požadavkům na přípustnou hodnotu. Jak toto a výše uvedená opatření ovlivňují retenční schopnost půdy, je posuzováno v následující kapitole 5.2



Obrázek 23 Ztráta půdy vodní erozí po návrhu „TTP“

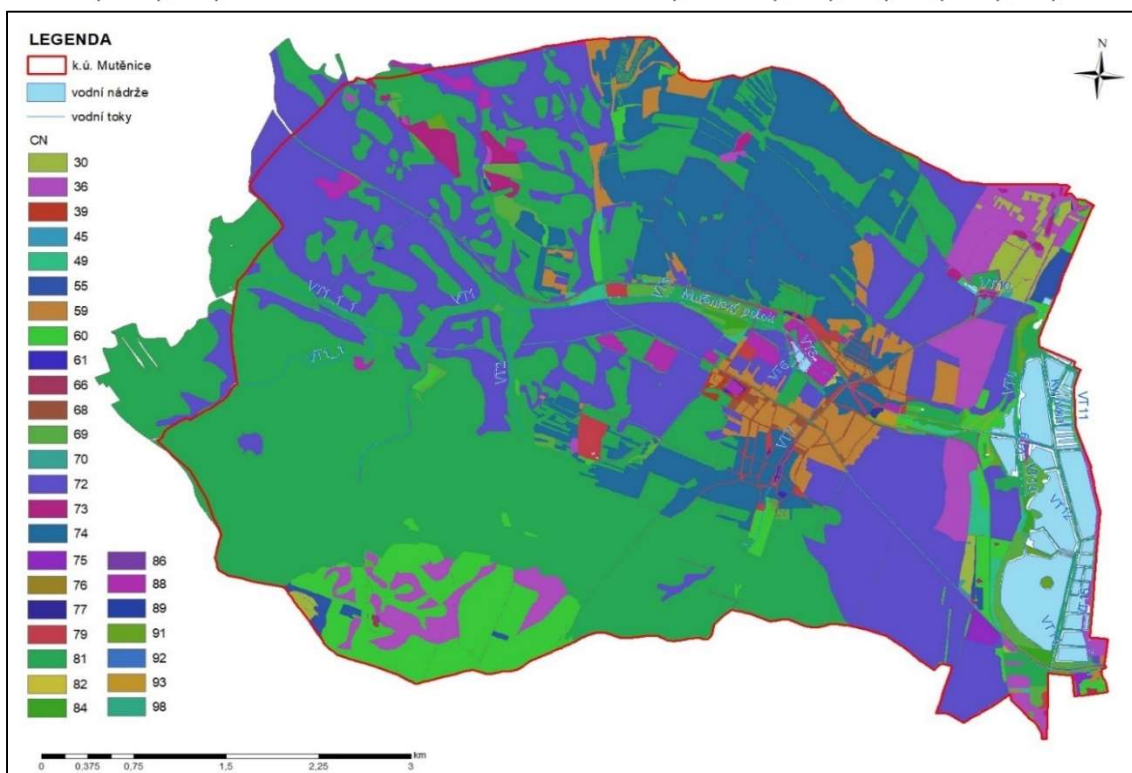
4.3.3 Posouzení variant – čísla odtokových křivek

Po posouzení erozních poměrů a provedení návrhu pro snížení ztráty půdy vlivem vodní eroze je pro zjištění objemu přímého odtoku zapotřebí znát i čísla odtokových křivek. Tyto hodnoty byly získány pomocí tabulky 23. Tabulka určuje hodnotu CN na základě způsobu využití půdy a její hydrologické skupiny.

Takto získané hodnoty CN pro jednotlivé EHP vytvořily podklad pro výpočet objemu přímého odtoku zpracovaný v MS Excel. Hodnoty CN byly stanoveny pro každé EHP ve všech pěti uvažovaných variantách. Jejich přehled je uveden v tabulce 24 v kapitole 5.

Tabulka 23 Určení kódu daného využití území a určení čísla CN [2]

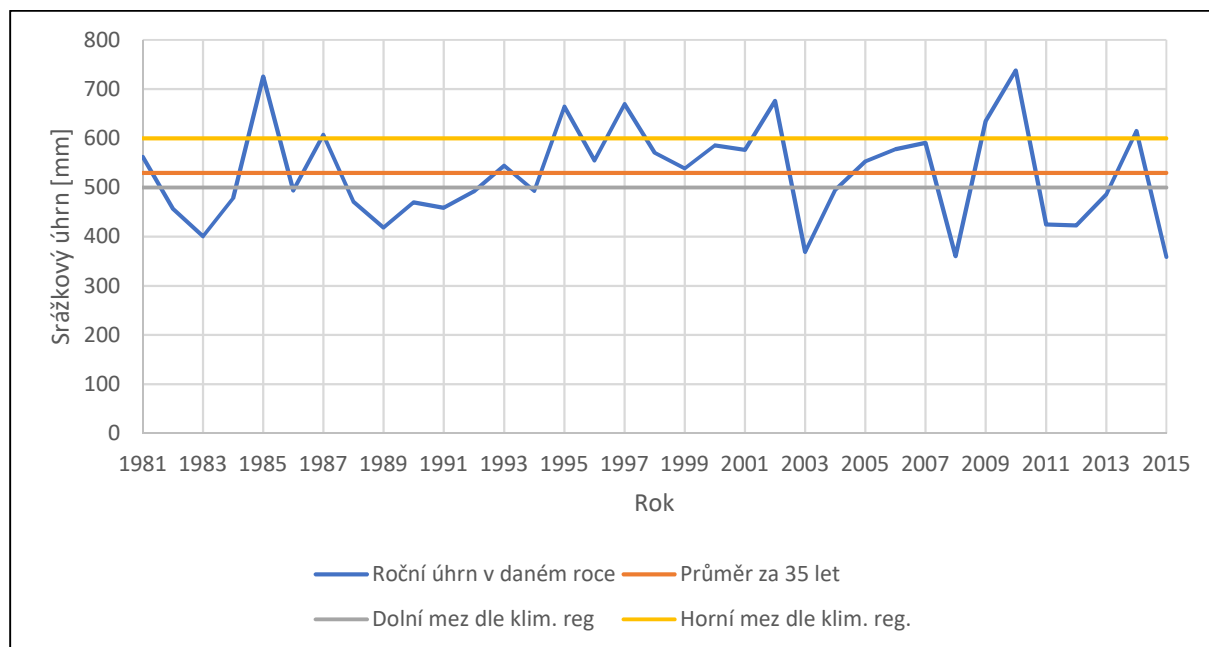
	CN			HSP				
				A	B	C	D	N
LPIS	2	lpis - orná půda	R	72	81	88	91	83
	3	lpis - chmelnice	C	72	81	88	91	83
	4	lpis - vinice	V	72	81	88	91	83
	6	lpis - ovocný sad	S	72	81	88	91	83
	7	lpis - travní porost	T	49	69	79	84	70
	9	lpis - jiná kultura	O	59	74	82	86	72
	99	lpis - zalesněno	L	45	66	77	83	67
lesy	21	les - porost bez rozlišení	LPOR	36	60	73	79	62
	22	les - bezlesí	LBEZ	45	66	77	83	68
	23	les - jiné pozemky (většinou lesní cesty)	LJIN	59	74	82	86	76
	24	les - ostatní	LOST	45	66	77	83	68
	26	les - porost st.1-dobré podm.	LPOR1	30	55	70	77	58
	27	les - porost st.2-střední podm.	LPOR2	36	60	73	79	62
	28	les - porost st.3-špatné podm.	LPOR3	45	66	77	83	68
ostatní	30	ostatní	OST	59	74	82	86	72
	31	intravilán	INT	59	74	82	86	75
	32	silnice, dálnice	SIL	98	98	98	98	98
	33	železnice vč. náspu	ZEL	59	74	82	86	75
	34	vodní plocha	VPL	-1	-1	-1	-1	-1
návrhy	141	záchytné průlehy	ZPRU	49	69	79	84	70
	142	protierozní meze	PMEZ	49	69	79	84	70
	161	vylocň. pěst. erozně nebezpečných plodin	VENP	63	75	83	87	77
	162	protierozní agrotechnik.-širokoř. kultury	PEAGT	64	74	81	85	76
	163	vylocň. pěst. erozně nebezpečných plodin a	VENP2	60	72	80	83	74
	171	plošné TTP	TTP	49	69	79	84	70
	172	stabilizace drah soustředěného odtoku	SDSO	39	61	74	80	64
	173	zasakovací pásy	ZPAS	39	61	74	80	64
	174	ochranné pásy podél toků	OPTOK	49	69	79	84	70
	175	zatravnění na speciálních kulturách	TTPS	49	69	79	84	70
	210	lesnicko pěstební opatření	LPO	30	55	70	77	58
	340	nádrže	VN	-1	-1	-1	-1	-1
	350	ochranné nádrže	ON	-1	-1	-1	-1	-1
	430	řízená inundace-zóny rozlivu	ZORO	49	69	79	84	70



Obrazek 24 CN – současný stav

4.3.4 Popis výpočtu objemu přímého odtoku

Data o naměřených srážkách byla získána od Ústavu výzkumu globální změny – CzechGlobe, který v minulosti prováděl odhad reálné retence v rámci projektu „Generel vodního hospodářství II“.

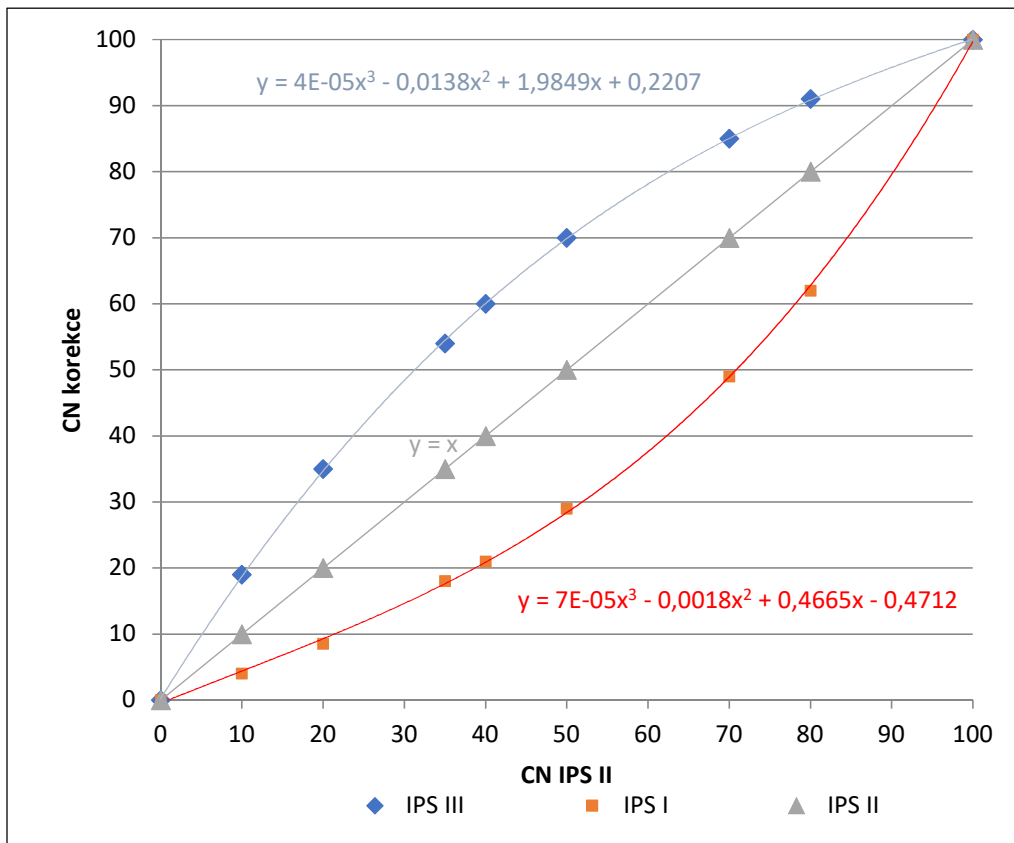


Graf 13 Srážkový úhrn v průběhu let 1981 – 2015

Z posuzovaných 35 let bylo 17 let s ročním srážkovým úhrnem menším než 500 mm, což je spodní hodnota intervalu průměrného ročního úhrnu srážek uváděného pro klimatický region 0. Větší srážkový úhrn než 600 mm, tedy nadprůměrný srážkový úhrn, byl zaznamenán v 8 letech.

Tato data naměřená od roku 1981 do roku 2015 byla použita jako podklad pro výpočet objemu přímého odtoku v zájmovém území. Pro výpočet bylo zvoleno období od února do listopadu. Všechny výpočty byly provedeny ve dvou variantách. Varianta první zohledňovala index předchozí srážky („s IPS“), druhá varianta uvažovala všude IPS II („IPS II“), který se v současnosti nejčastěji využívá pro návrhy. Hodnoty zpracovávaných dešťů ale ukázaly, že pokud se uvažují srážky 5 dní zpětně, v 90 % nedojde ve vegetačním období k překročení 36 mm a CN se upravuje na hodnotu nižší odpovídající CN s IPS I dle vzorce v grafu 14. Při zhodnocení naměřených dat bylo IPS III dosaženo průměrně 3 dny v roce a IPS II průměrně 7 dní v roce.

Na začátku samotného výpočtu bylo nutné stanovit hodnoty CN. Pro variantu, která uvažovala „IPS II“, byly hodnoty získány již v analýzách prováděných v programu ArcGIS. Pro variantu, kde se zohledňovaly předchozí srážky, byla následně spočítána nová hodnota CN. Korekce byla provedena podle vzorců uvedených v grafu 14. Hodnota „x“ ve vzorcích představuje CN získané pomocí zonální statistiky v programu ArcGIS, které bylo použito pro variantu „IPS II“.



Graf 14 Změna hodnot CN křivky dle předchozích srážek [18]

Po korekci CN se podle rovnice 3.6. spočítala pro každý den hodnota potenciální retence A [mm] a z té se určila dle rovnice 3.5. výška přímého odtoku H_0 [mm]. Byla dodržena podmínka, že přímý odtok začíná po počáteční ztrátě, která je součtem intercepce, infiltrace a povrchové retence. Tato ztráta byla stanovena na základě experimentálních měření na 20 % potenciální retence [2]. Rozdíl mezi srážkovým úhrnem a výškou přímého odtoku představuje retenci v daný den. Objem přímého odtoku byl spočítán podle rovnice 3.7.

Ve variantě druhé se neprováděla korekce CN a bylo jednotně uvažováno s IPS II. Ostatní výpočty byly stejné.

Vzorce použité pro výpočet jsou popsány v kapitole 3.3. Takto získané denní hodnoty byly statisticky zpracovány a jsou prezentovány kapitole 5.2. v tabulce 25.

5 VÝSLEDKY A INTERPRETACE

V práci bylo posuzováno 76 EHP a 3 povodí kritických bodů. Po vstupní analýze území a získání potřebných dat proběhla analýza erozních a odtokových poměrů, na jejímž základě byla navržena protierozní a protipovodňová opatření. Následně byla vyhodnocena jejich retenční schopnost.

5.1 VYHODNOCENÍ ÚČINNOSTI NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ Z HLEDISKA EROZNÍ OHROŽENOSTI

V tabulce 24 jsou uvedeny hodnoty ztráty půdy vlivem vodní eroze ve všech variantách. Dle uvedených výsledků je evidentní, že současný stav není vyhovující. V současnosti se na hodnocených plochách ročně ztratí 24 943 t půdy, což odpovídá průměrné ztrátě 12,3 t.ha⁻¹.rok⁻¹. Pokud by se současný stav nechal bez jakýchkoliv opatření, situace by se mohla zhoršit a dle varianty „BZ“ by na hodnoceném území roční ztráta byla téměř 30 000 t, tzn. průměrně 14,8 t.ha⁻¹.rok⁻¹. Při aplikaci navržených opatření se ztráta půdy vodní erozí sníží na čtvrtinu z původní hodnoty. U návrhu „KoPÚ“ dojde ke snížení ztráty půdy na 3,1 t.ha⁻¹.rok⁻¹, tj. 6 200 t ročně. U návrhu ve variantě „UŽI“ se ztráta půdy sníží na 3,0 t.ha⁻¹.rok⁻¹, tj. 6 100 t ročně. Pokud by se všechna zemědělsky využívaná půda zatravnila, průměrná hodnota ztráty půdy vodní erozí by byla kolem 0,2 t.ha⁻¹.rok⁻¹, tj. 446 t půdy z hodnoceného území ročně. Tato hodnota odpovídá 2 % původní ztráty. Efekt travního porostu je tedy obrovský.

Tabulka 24 Ztráta půdy vodní erozí pro vybrané varianty a změna v hodnotě CN

EHP	Plocha [ha]	G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]					CN				
		SS	BZ	KoPÚ	UŽI	TTP	SS	BZ	KoPÚ	UŽI	TTP
EHP1	3,3	15,07	18,09	3,57	3,39	0,26	81	88	74	74	69
EHP2	10,1	29,14	34,97	2,81	4,03	0,50	74	82	72	72	69
EHP3	10,3	40,36	48,43	0,46	0,46	0,46	74	82	69	69	69
EHP4	8,9	16,57	19,89	2,73	2,73	0,28	81	88	72	72	69
EHP5	24,6	5,44	6,52	4,17	2,46	0,09	76	84	75	73	59
EHP6	2,7	9,33	11,20	3,21	2,12	0,16	79	86	72	70	64
EHP7	19,0	6,26	7,52	2,15	2,91	0,11	73	82	65	66	52
EHP8	2,3	11,55	13,86	0,13	0,13	0,13	64	77	56	56	56
EHP9	3,1	7,79	9,35	0,09	0,09	0,09	74	82	62	62	62
EHP10	31,3	3,56	4,27	3,56	3,56	0,06	73	82	73	73	51
EHP11	2,5	1,27	1,52	1,27	1,27	0,02	72	81	72	72	49
EHP12	7,6	5,30	6,36	3,60	2,56	0,09	72	81	71	66	49
EHP13	9,0	1,75	2,11	1,75	1,75	0,03	72	81	72	72	49
EHP14	2,5	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	71	80	71	71	71
EHP15	5,5	1,11	1,33	1,11	1,11	0,02	81	88	81	81	69
EHP16	24,7	2,78	3,33	2,78	2,78	0,05	72	81	72	72	49
EHP17	5,1	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	75	83	49	49	49
EHP18	60,1	1,29	1,55	1,27	1,29	0,02	72	81	72	72	49
EHP19	9,7	1,70	2,03	1,70	1,70	0,03	72	81	72	72	49
EHP20	49,0	2,47	2,96	2,47	2,47	0,04	72	81	72	72	49

EHP	Plocha [ha]	G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]					CN				
		SS	BZ	KoPÚ	UŽI	TTP	SS	BZ	KoPÚ	UŽI	TTP
EHP21	88,5	6,72	8,07	3,47	3,88	0,12	76	84	75	75	59
EHP22	27,0	15,47	18,57	2,55	2,52	0,27	81	88	72	75	69
EHP23	78,2	21,31	25,57	3,21	3,33	0,37	81	88	71	74	68
EHP24	9,6	33,91	40,69	0,39	0,39	0,39	74	82	69	69	69
EHP25	6,8	12,01	14,42	4,13	3,92	0,21	81	88	75	78	69
EHP26	98,8	31,49	37,79	4,25	4,25	0,54	81	88	72	72	69
EHP27	2,5	8,15	9,79	1,53	2,58	0,14	81	88	72	73	69
EHP28	2,5	10,19	12,22	3,50	3,50	0,18	80	87	73	73	66
EHP29	2,9	9,87	11,84	1,63	3,39	0,17	79	87	70	73	65
EHP30	2,1	20,26	24,32	0,23	0,23	0,23	73	82	68	68	68
EHP31	67,8	8,50	10,20	2,79	3,42	0,15	76	84	67	69	57
EHP32	5,0	4,23	5,07	4,23	4,23	0,07	72	81	72	72	49
EHP33	3,5	3,62	4,35	3,62	3,60	0,06	80	87	80	80	68
EHP34	68,6	22,93	27,51	3,59	3,10	0,39	79	86	69	69	64
EHP35	82,3	28,51	34,21	2,79	3,92	0,49	81	88	71	71	69
EHP36	13,7	6,35	7,62	2,18	2,14	0,11	81	88	75	74	69
EHP37	25,1	9,69	11,63	3,33	3,33	0,17	81	88	75	75	69
EHP38	7,8	12,17	14,61	4,18	3,35	0,21	81	88	75	72	69
EHP39	9,4	7,94	9,53	2,73	2,73	0,14	81	88	75	75	69
EHP40	118,3	13,96	16,76	2,87	3,80	0,24	81	88	75	73	69
EHP41	79,7	16,75	20,10	3,43	2,70	0,29	81	88	75	73	68
EHP42	104,9	22,04	26,45	4,23	3,61	0,38	80	87	69	72	66
EHP43	31,5	16,05	19,25	2,10	2,27	0,28	78	86	68	67	62
EHP44	98,1	7,99	9,59	2,68	2,72	0,14	76	84	73	73	58
EHP45	41,3	5,28	6,34	4,18	3,76	0,09	77	85	76	75	59
EHP46	80,4	3,91	4,69	3,91	3,91	0,07	76	84	76	76	57
EHP47	22,0	3,40	4,08	3,40	3,40	0,06	76	84	76	76	59
EHP48	21,7	3,20	3,84	3,20	3,20	0,05	73	82	73	73	52
EHP49	24,4	5,70	6,84	3,39	1,57	0,10	73	82	67	61	51
EHP50	7,6	2,34	2,81	2,34	2,34	0,04	86	89	86	86	76
EHP51	5,0	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	72	80	72	72	72
EHP52	2,1	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	51	70	52	52	52
EHP53	9,9	2,22	2,67	2,22	2,20	0,04	79	87	79	79	65
EHP54	64,9	4,60	5,52	3,82	3,73	0,08	75	83	73	73	55
EHP55	142,2	9,89	11,87	3,92	2,47	0,17	77	85	71	70	59
EHP56	8,1	5,03	6,04	3,80	0,09	0,09	78	86	77	63	63
EHP57	8,5	7,78	9,34	3,90	0,13	0,13	80	87	75	66	66
EHP58	2,5	29,34	35,21	0,15	0,15	0,15	80	87	66	66	66
EHP59	57,0	7,13	8,56	4,03	4,00	0,12	78	86	76	76	63
EHP60	22,9	6,71	8,05	0,12	0,12	0,12	75	83	56	56	56
EHP61	7,7	8,46	10,15	0,10	0,10	0,10	69	79	61	61	61
EHP62	3,0	8,16	9,79	0,09	0,09	0,09	60	75	49	49	49
EHP63	16,6	15,31	18,37	0,26	2,07	0,26	80	87	66	69	66
EHP64	3,1	42,82	51,38	0,49	0,49	0,49	72	81	66	66	66

EHP	Plocha [ha]	G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]					CN				
		SS	BZ	KoPÚ	UŽI	TTP	SS	BZ	KoPÚ	UŽI	TTP
EHP65	4,6	48,05	57,66	0,55	0,55	0,55	74	82	69	69	69
EHP66	11,1	43,01	51,61	0,74	4,00	0,74	81	88	69	72	69
EHP67	4,4	22,99	27,59	0,26	0,26	0,26	81	88	69	69	69
EHP68	3,2	10,66	12,79	0,12	0,12	0,12	81	88	69	69	69
EHP69	2,8	6,75	8,10	0,08	0,08	0,08	74	82	69	69	69
EHP70	2,8	32,42	38,91	0,37	0,37	0,37	74	82	69	69	69
EHP71	3,8	24,95	29,94	0,28	0,28	0,28	63	76	54	54	54
EHP72	2,7	11,70	14,04	0,13	0,13	0,13	74	82	69	69	69
EHP73	6,2	8,52	10,22	0,10	0,10	0,10	61	75	52	52	52
EHP74	2,3	36,28	43,53	0,41	0,41	0,41	74	82	69	69	69
EHP75	75,6	4,09	4,09	4,09	4,09	0,41	74	74	74	74	68
EHP76	24,9	1,07	1,07	1,07	1,07	0,11	79	79	71	71	66

5.2 VYHODNOCENÍ RETENCE ŘEŠENÉHO ÚZEMÍ

Na celém zájmovém území byl pro jednotlivá EHP spočítán objem přímého odtoku pro každou z návrhových variant.

VARIANTA „S IPS“

Při uvažování předchozí srážky za současného stavu ze zájmového území za sledované období (únor – listopad) odteče celkem téměř 403 500 m³. Průměrně z jednoho hektaru za toto období odteče 200 m³. Zhoršení kvality půdy o 20 % se na celkovém objemu přímého odtoku projeví nárůstem o 240 500 m³, tedy o 59,6 % více. Z jednoho hektaru odteče 318 m³. Varianty „KoPÚ“ a „UŽI“ jsou ve výsledku celkového objemu odtoku téměř vyrovnané. Objem přímého odtoku z celého zájmového území se pohybuje kolem 290 000 m³. Průměrně z hektaru odteče 143 m³. Objem přímého odtoku se v porovnání se současným stavem sníží o 28 %. V případě zatravnění zemědělsky využívaných ploch na zájmovém území za sledované období objem přímého odtoku vychází téměř 159 000 m³, tj. 79 m³/ha/období.

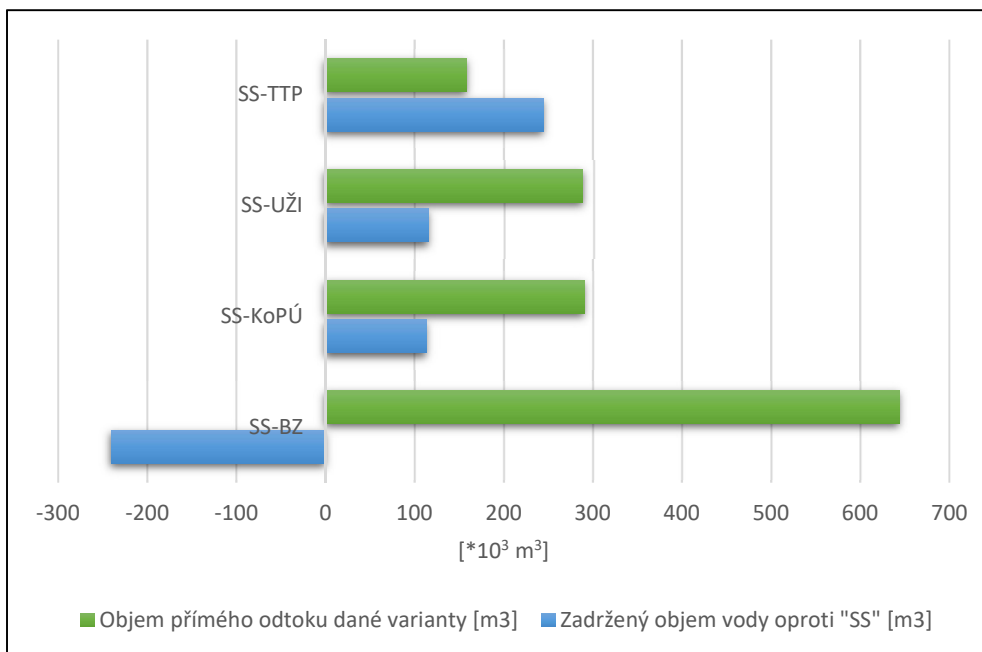
Navržená opatření tedy za uvažované desetiměsíční období v krajině zadrží o 115 000 m³ více vody než při současném stavu, tzn. o 56 m³/ha/období více. Účinnost zatravnění je dvojnásobná. Za uvažované období by se v půdě při navrženém zatravnění zadrželo o 244 700 m³ více, tj. o 121 m³/ha/období.

Účinnost navržených opatření ve všech variantách ukazuje tabulka 25. V tabulce 24 je uvedeno CN pro IPS II, které ve výpočtu objemu přímého odtoku bylo přepočteno na příslušnou hodnotu CN, dle vzorce uvedeného v grafu 14.

Tabulka 25 Objem přímého odtoku z EHP za období únor – listopad, varianta „s IPS“

EHP	Plocha [ha]	Objem přímého odtoku (m ³ /EHP/obd.)					Rozdíl přímého odtoku (m ³ /EHP/obd.)			
		SS	BZ	KoPÚ	UŽI	TTP	SS-BZ	SS-KoPÚ	SS-UŽI	SS-TTP
EHP1	3,3	810	1286	527	527	383	-476	283	283	427
EHP2	10,1	1613	2637	1422	1422	1173	-1025	191	191	440
EHP3	10,3	1645	2690	1196	1196	1196	-1045	448	448	448
EHP4	8,9	2185	3467	1253	1253	1034	-1283	932	932	1151
EHP5	24,6	4447	7288	4181	3689	1444	-2840	267	758	3003
EHP6	2,7	586	913	380	335	225	-326	206	252	361
EHP7	19,0	2849	4961	1697	1813	644	-2112	1153	1036	2205
EHP8	2,3	192	442	108	108	108	-250	84	84	84
EHP9	3,1	495	809	225	225	225	-314	270	270	270
EHP10	31,3	4694	8173	4694	4694	972	-3479	0	0	3722
EHP11	2,5	352	614	352	352	64	-262	0	0	287
EHP12	7,6	1070	1866	1004	725	196	-796	66	344	874
EHP13	9,0	1267	2209	1267	1267	232	-942	0	0	1035
EHP14	2,5	330	577	330	330	330	-247	0	0	0
EHP15	5,5	1350	2143	1350	1350	639	-793	0	0	711
EHP16	24,7	3477	6063	3477	3477	637	-2586	0	0	2840
EHP17	5,1	867	1418	132	132	132	-551	735	735	735
EHP18	60,1	8460	14753	8460	8460	1550	-6293	0	0	6910
EHP19	9,7	1365	2381	1365	1365	250	-1016	0	0	1115
EHP20	49,0	6898	12028	6898	6898	1264	-5130	0	0	5634
EHP21	88,5	15999	26218	15040	15040	5196	-10218	960	960	10804
EHP22	27,0	6628	10519	3801	4588	3136	-3892	2827	2039	3492
EHP23	78,2	19196	30467	10329	12486	8511	-11272	8866	6709	10684
EHP24	9,6	1533	2507	1115	1115	1115	-974	418	418	418
EHP25	6,8	1669	2649	1156	1390	790	-980	514	279	879
EHP26	98,8	24252	38493	13908	13908	11476	-14241	10344	10344	12777
EHP27	2,5	614	974	352	375	290	-360	262	239	323
EHP28	2,5	577	906	375	375	239	-329	202	202	339
EHP29	2,9	630	1051	359	435	259	-421	271	195	371
EHP30	2,1	315	548	229	229	229	-233	86	86	86
EHP31	67,8	12257	20085	6912	7875	3434	-7828	5345	4382	8823
EHP32	5,0	704	1227	704	704	129	-524	0	0	575
EHP33	3,5	808	1268	808	808	381	-460	0	0	427
EHP34	68,6	14901	23189	7968	7968	5726	-8288	6933	6933	9175
EHP35	82,3	20202	32065	10871	10871	9559	-11862	9331	9331	10643
EHP36	13,7	3363	5338	2328	2188	1591	-1975	1035	1175	1772
EHP37	25,1	6161	9779	4265	4265	2915	-3618	1896	1896	3246
EHP38	7,8	1915	3039	1326	1098	906	-1124	589	817	1009
EHP39	9,4	2307	3662	1597	1597	1092	-1355	710	710	1216
EHP40	118,3	29039	46090	20104	17740	13741	-17051	8935	11299	15299

EHP	Plocha [ha]	Objem přímého odtoku (m ³ /EHP/obd.)					Rozdíl přímého odtoku (m ³ /EHP/obd.)			
		SS	BZ	KoPÚ	UŽI	TTP	SS-BZ	SS-KoPÚ	SS-UŽI	SS-TTP
EHP41	79,7	19564	31052	13544	11951	8675	-11488	6020	7612	10889
EHP42	104,9	24219	38005	12184	14767	10012	-13785	12035	9453	14207
EHP43	31,5	6438	10648	3429	3211	2291	-4210	3009	3226	4147
EHP44	98,1	17735	29062	14711	14711	5353	-11327	3024	3024	12382
EHP45	41,3	7940	13057	7466	7019	2425	-5118	473	921	5515
EHP46	80,4	14535	23818	14535	14535	4073	-9283	0	0	10462
EHP47	22,0	3977	6517	3977	3977	1292	-2540	0	0	2686
EHP48	21,7	3254	5666	3254	3254	736	-2412	0	0	2518
EHP49	24,4	3659	6371	2488	1654	758	-2712	1171	2005	2901
EHP50	7,6	2569	3198	2569	2569	1374	-629	0	0	1195
EHP51	5,0	704	1154	704	704	704	-451	0	0	0
EHP52	2,1	65	260	71	71	71	-195	-6	-6	-6
EHP53	9,9	2150	3587	2150	2150	884	-1436	0	0	1266
EHP54	64,9	11029	18041	9732	9732	3810	-7012	1297	1297	7219
EHP55	142,2	27337	44957	18783	17617	8348	-17620	8554	9719	18988
EHP56	8,1	1655	2738	1557	631	631	-1083	98	1024	1024
EHP57	8,5	1962	3080	1444	811	811	-1117	518	1151	1151
EHP58	2,5	577	906	239	239	239	-329	339	339	339
EHP59	57,0	11649	19268	10305	10305	4443	-7619	1344	1344	7206
EHP60	22,9	3892	6366	1075	1075	1075	-2474	2816	2816	2816
EHP61	7,7	894	1673	522	522	522	-778	372	372	372
EHP62	3,0	189	510	77	77	77	-320	112	112	112
EHP63	16,6	3833	6014	1584	1928	1584	-2181	2248	1905	2248
EHP64	3,1	436	761	296	296	296	-325	140	140	140
EHP65	4,6	734	1201	534	534	534	-467	200	200	200
EHP66	11,1	2725	4325	1289	1563	1289	-1600	1435	1162	1435
EHP67	4,4	1080	1714	511	511	511	-634	569	569	569
EHP68	3,2	786	1247	372	372	372	-461	414	414	414
EHP69	2,8	447	731	325	325	325	-284	122	122	122
EHP70	2,8	447	731	325	325	325	-284	122	122	122
EHP71	3,8	296	687	152	152	152	-391	144	144	144
EHP72	2,7	431	705	314	314	314	-274	118	118	118
EHP73	6,2	420	1054	210	210	210	-633	210	210	210
EHP74	2,3	367	601	267	267	267	-233	100	100	100
EHP75	75,6	12071	12071	12071	12071	8229	0	0	0	3843
EHP76	24,9	5409	5409	3289	3289	2377	0	2120	2120	3032
Σ (*10 ³)	2,021	403,5	644,0	290,2	288,4	158,8	-240,5	113,3	115,1	244,7



Graf 15 Variantní porovnání objemu přímého odtoku – „s IPS“

Graf 15 uvádí objem přímého odtoku z celého zájmového území za uvažované desetiměsíční období při různých variantách návrhu (zelená barva). Také zobrazuje, o kolik vody více se na území zadrží při daném návrhu v porovnání se současným stavem (modrá barva).

VARIANTA „IPS II“

Za současného stavu ze zájmového území za sledované období (únor – listopad) při uvažování IPS II odteče celkem téměř 258 300 m³. Průměrně z jednoho hektaru za toto období odteče 128 m³. Zhoršení kvality půdy dle varianty „BZ“ se na celkovém objemu přímého odtoku projeví nárůstem o 400 000 m³, tedy o 155 % více. Z jednoho hektaru odteče 326 m³/období. Varianty „KoPÚ“ a „UŽI“ jsou ve výsledku celkového objemu odtoku téměř vyrovnané. Objem přímého odtoku z celého zájmového území se pohybuje kolem 130 000 m³. Průměrně z hektaru odteče 65 m³/období, tzn. 211 l/den. Objem přímého odtoku se tedy v porovnání se současným stavem sníží o polovinu. V případě zatravnění zemědělsky využívaných ploch objem přímého odtoku vychází na řešeném území 40 500 m³/období, tj. 20 m³/ha/období.

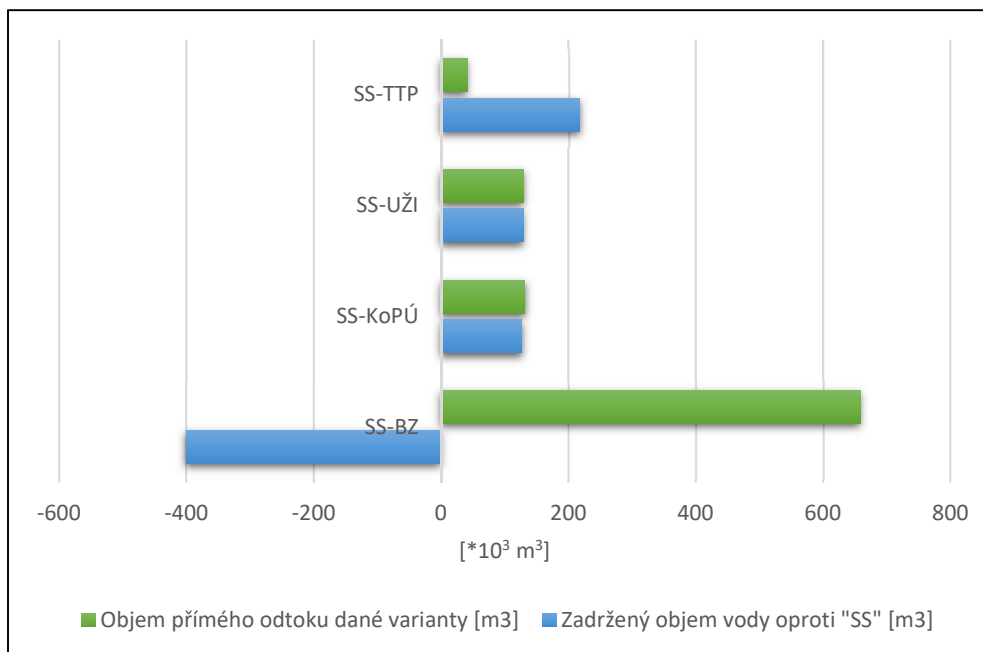
Navržená opatření za uvažované desetiměsíční období v krajině zadrží o 127 000 m³, tzn. o 63 m³/období více vody na každém hektaru. Zatravnění sníží objem přímého odtoku na 15,7 %.. Za uvažované období by se v půdě zájmového území při navrženém zatravnění zadrželo o 218 000 m³ více, tj. téměř 108 m³/ha/období.

Účinnost navržených opatření ve všech variantách ukazuje tabulka 26.

Tabulka 26 Objem přímého odtoku z EHP za období únor – listopad, varianta „IPS II“

EHP	Plocha [ha]	Objem přímého odtoku sumární (m ³ /ha/období)					Rozdíl přímého odtoku (m ³ /EHP/období)			
		SS	BZ	KoPÚ	UŽI	TTP	SS-BZ	SS-KoPÚ	SS-UŽI	SS-TTP
EHP1	3,3	619	1531	254	254	130	-911	365	365	489
EHP2	10,1	779	2151	599	599	399	-1372	180	180	380
EHP3	10,3	794	2194	406	406	406	-1400	388	388	388
EHP4	8,9	1671	4128	528	528	351	-2458	1143	1143	1319
EHP5	24,6	2455	6759	2159	1665	198	-4304	296	790	2257
EHP6	2,7	394	961	160	122	51	-567	234	272	343
EHP7	19,0	1286	4047	419	487	37	-2761	867	798	1248
EHP8	2,3	43	261	11	11	11	-217	33	33	33
EHP9	3,1	239	660	42	42	42	-421	197	197	197
EHP10	31,3	2118	6666	2118	2118	48	-4548	0	0	2070
EHP11	2,5	148	469	148	148	2	-321	0	0	146
EHP12	7,6	451	1427	394	195	7	-976	56	256	444
EHP13	9,0	534	1689	534	534	8	-1156	0	0	525
EHP14	2,5	130	414	130	130	130	-284	0	0	0
EHP15	5,5	1032	2551	1032	1032	217	-1519	0	0	815
EHP16	24,7	1465	4637	1465	1465	23	-3172	0	0	1442
EHP17	5,1	448	1233	5	5	5	-786	443	443	443
EHP18	60,1	3564	11282	3564	3564	56	-7718	0	0	3508
EHP19	9,7	575	1821	575	575	9	-1246	0	0	566
EHP20	49,0	2905	9198	2905	2905	46	-6293	0	0	2860
EHP21	88,5	8831	24317	7767	7767	711	-15486	1064	1064	8120
EHP22	27,0	5068	12524	1601	2370	1065	-7456	3467	2699	4003
EHP23	78,2	14679	36274	4057	6030	2681	-21595	10622	8649	11998
EHP24	9,6	740	2045	379	379	379	-1304	361	361	361
EHP25	6,8	1276	3154	597	875	268	-1878	680	402	1008
EHP26	98,8	18546	45829	5858	5858	3898	-27283	12688	12688	14648
EHP27	2,5	469	1160	148	169	99	-690	321	300	371
EHP28	2,5	414	1015	169	169	64	-601	245	245	350
EHP29	2,9	423	1177	131	196	64	-754	292	227	359
EHP30	2,1	142	447	72	72	72	-305	70	70	70
EHP31	67,8	6765	18629	2014	2675	378	-11864	4751	4090	6388
EHP32	5,0	296	939	296	296	5	-642	0	0	292
EHP33	3,5	579	1421	579	579	120	-841	0	0	459
EHP34	68,6	10012	24413	2707	2707	1294	-14401	7306	7306	8718
EHP35	82,3	15449	38176	4270	4270	3247	-22727	11179	11179	12202
EHP36	13,7	2572	6355	1202	1056	541	-3783	1369	1515	2031
EHP37	25,1	4712	11643	2203	2203	990	-6931	2509	2509	3721
EHP38	7,8	1464	3618	685	463	308	-2154	780	1002	1156
EHP39	9,4	1765	4360	825	825	371	-2596	940	940	1394
EHP40	118,3	22207	54875	10382	8005	4668	-32668	11824	14202	17539

EHP	Plocha [ha]	Objem přímého odtoku sumární (m ³ /ha/období)					Rozdíl přímého odtoku (m ³ /EHP/období)			
		SS	BZ	KoPÚ	UŽI	TTP	SS-BZ	SS-KoPÚ	SS-UŽI	SS-TTP
EHP41	79,7	14961	36970	6995	5393	2733	-22009	7966	9568	12228
EHP42	104,9	17362	42580	4139	6220	2691	-25218	13223	11142	14671
EHP43	31,5	4053	11210	1080	936	428	-7157	2973	3117	3625
EHP44	98,1	9789	26954	6638	6638	657	-17165	3151	3151	9132
EHP45	41,3	4681	12907	4121	3625	332	-8226	560	1057	4350
EHP46	80,4	8023	22091	8023	8023	448	-14068	0	0	7575
EHP47	22,0	2195	6045	2195	2195	177	-3850	0	0	2019
EHP48	21,7	1468	4622	1468	1468	43	-3153	0	0	1426
EHP49	24,4	1651	5197	725	280	38	-3546	926	1371	1613
EHP50	7,6	2705	4038	2705	2705	758	-1333	0	0	1946
EHP51	5,0	296	828	296	296	296	-531	0	0	0
EHP52	2,1	3	95	4	4	4	-92	-1	-1	-1
EHP53	9,9	1445	4019	1445	1445	218	-2574	0	0	1227
EHP54	64,9	5696	15693	4391	4391	521	-9997	1304	1304	5174
EHP55	142,2	16119	44440	7377	6441	1142	-28321	8741	9677	14976
EHP56	8,1	1042	2883	918	130	130	-1840	124	912	912
EHP57	8,5	1407	3450	746	218	218	-2043	661	1189	1189
EHP58	2,5	414	1015	64	64	64	-601	350	350	350
EHP59	57,0	7334	20285	5688	5688	915	-12951	1646	1646	6418
EHP60	22,9	2010	5537	105	105	105	-3528	1904	1904	1904
EHP61	7,7	304	1124	88	88	88	-820	216	216	216
EHP62	3,0	29	263	3	3	3	-234	26	26	26
EHP63	16,6	2748	6738	426	655	426	-3991	2322	2093	2322
EHP64	3,1	184	582	80	80	80	-398	104	104	104
EHP65	4,6	355	980	182	182	182	-625	173	173	173
EHP66	11,1	2084	5149	438	658	438	-3065	1646	1425	1646
EHP67	4,4	826	2041	174	174	174	-1215	652	652	652
EHP68	3,2	601	1484	126	126	126	-884	474	474	474
EHP69	2,8	216	596	110	110	110	-380	105	105	105
EHP70	2,8	216	596	110	110	110	-380	105	105	105
EHP71	3,8	61	379	12	12	12	-318	49	49	49
EHP72	2,7	208	575	107	107	107	-367	102	102	102
EHP73	6,2	71	544	12	12	12	-473	59	59	59
EHP74	2,3	177	490	91	91	91	-313	87	87	87
EHP75	75,6	5829	5829	5829	5829	2592	0	0	0	3237
EHP76	24,9	3634	3634	1292	1292	639	0	2342	2342	2995
Σ (*10³)	2,021	258,3	658,3	131,6	129,5	40,5	-400,1	126,7	128,7	217,7



Graf 16 Variantní porovnání objemu přímého odtoku – „IPS II“

Graf 16 uvádí objem přímého odtoku z celého zájmového území za uvažované desetiměsíční období při různých variantách návrhu (zelená barva). Dále také zobrazuje, o kolik se sníží objem přímého odtoku při daném návrhu v porovnání se současným stavem (modrá barva).

Porovnání variant („s IPS“ a „IPS II“)

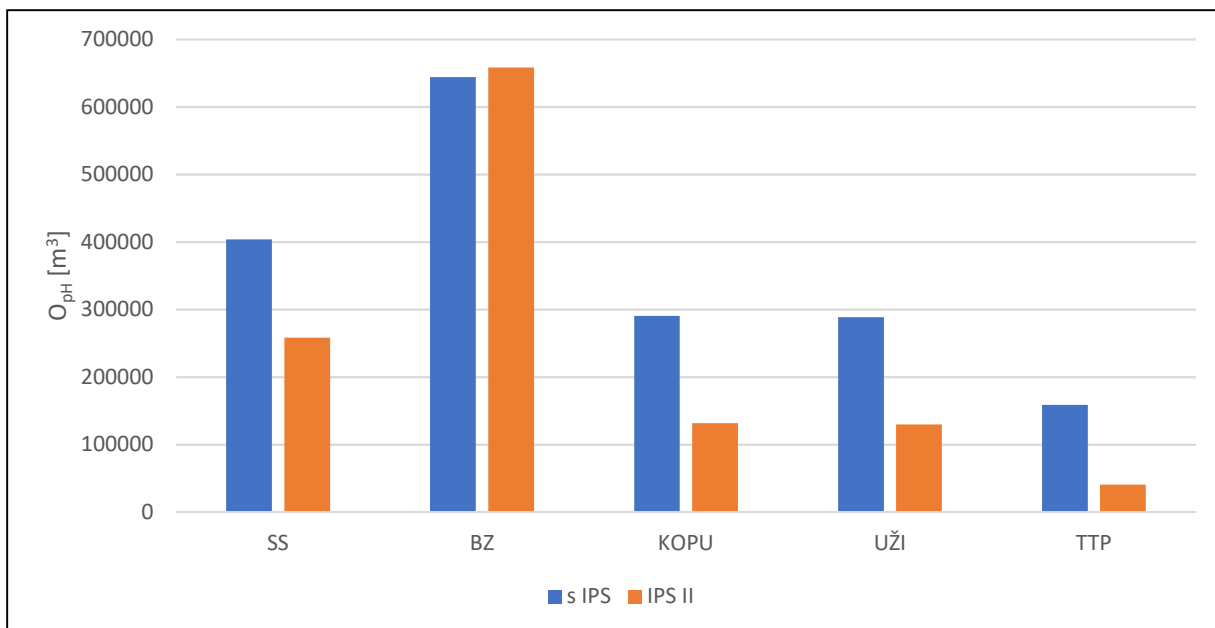
Výsledky ukazují, že velmi záleží na tom, zda je uvažováno s indexem předchozí srážky či nikoliv. Objem přímého odtoku, kde se ve výpočtu uvažovalo konstantní číslo CN (IPS II), je v některých případech dvojnásobně menší, u „TTP“ dokonce čtyřnásobně menší než objem přímého odtoku vypočítaný s CN korigovaným dle předchozích srážek.

I v takto suché oblasti jako je Hodonínsko, kde většina srážek padá na nenasycenou půdu a pouze u desetin případů je uvažováno s jiným IPS než IPS I (var. „s IPS“), je v konečném průměru a součtu za jedno období objem přímého odtoku paradoxně větší než při konstantním uvažování IPS II (var. „IPS II“).

Tabulka 27 Porovnání účinností dle způsobu uvažování IPS

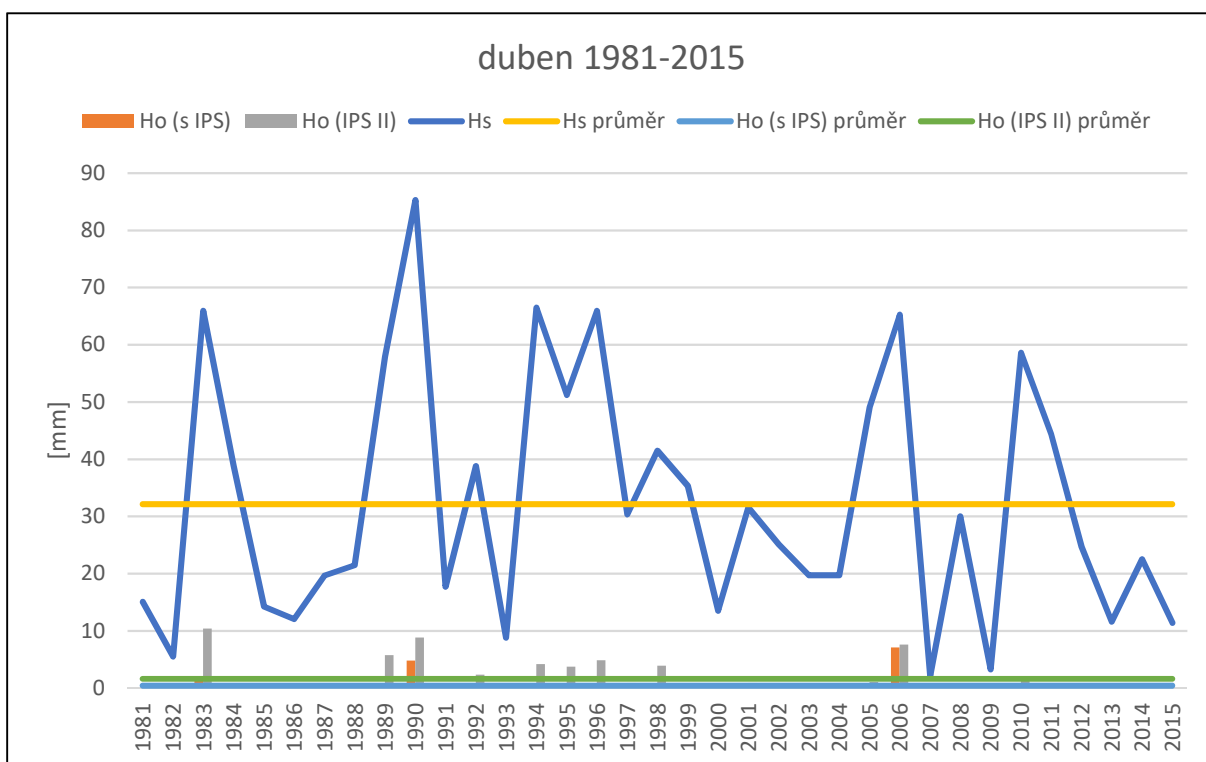
Var.	Objem přímého odtoku [m ³ /území/období]					Účinnost [%]			
	SS	BZ	KoPÚ	UŽI	TTP	BZ	KoPÚ	UŽI	TTP
„s IPS“	403 499	643 977	290 221	288 413	158 804	-59,6	28,1	28,5	60,6
„IPS II“	258 256	658 311	131 595	129 543	40 509	-154,9	49,0	49,8	84,3

Výsledky obou variant jsou dále porovnány v grafu 17. Objem přímého odtoku je v grafu 17 uvažován za celé hodnocené období (10 měsíců) na celém zájmovém území.

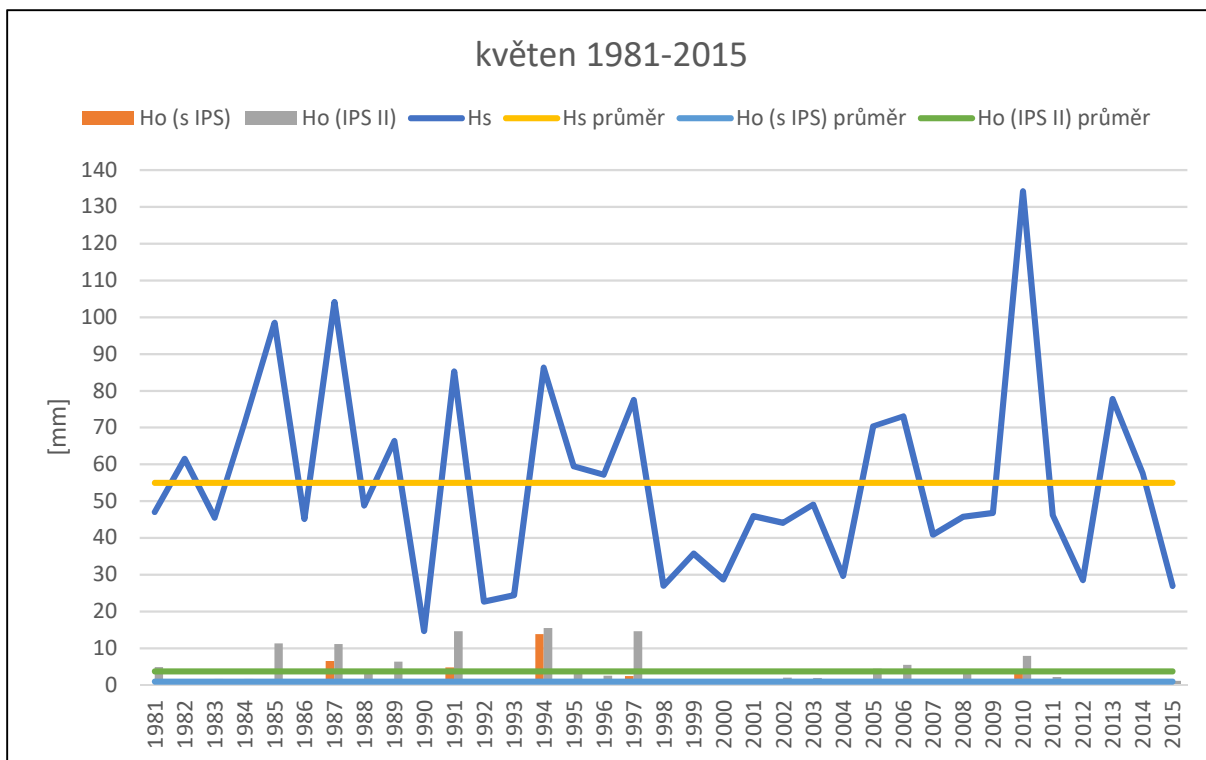


Graf 17 Variantní porovnání objemu přímého odtoku ze zájmového území

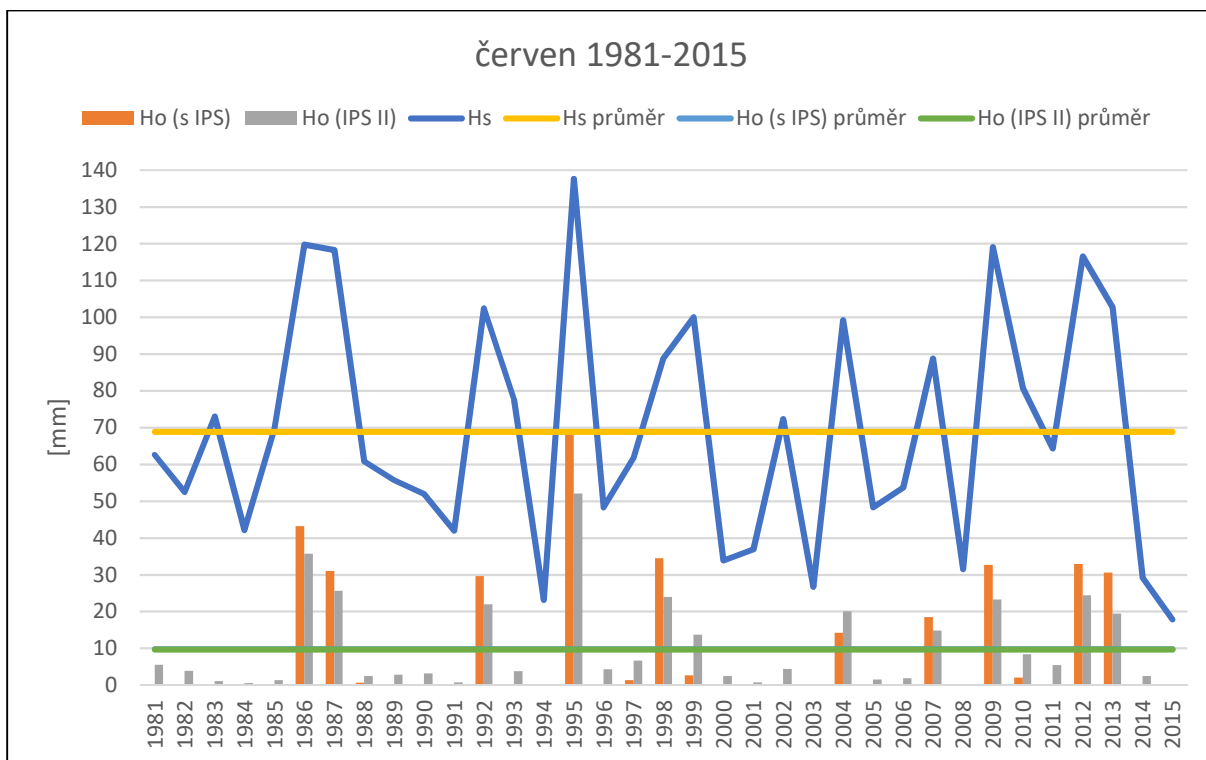
Pro potvrzení a větší názornost této skutečnosti jsou níže uvedeny grafy představující srážkový úhrn (H_s) od měsíce dubna po říjen. Pro data použitá v této práci má na množství přímého odtoku největší vliv období od začátku června do poloviny září. Hodnoty přímého odtoku (H_o) v uvedených grafech byly spočítány pro plochu jednoho hektaru orné půdy v HSP C, což odpovídá hodnotě $CN = 88$.



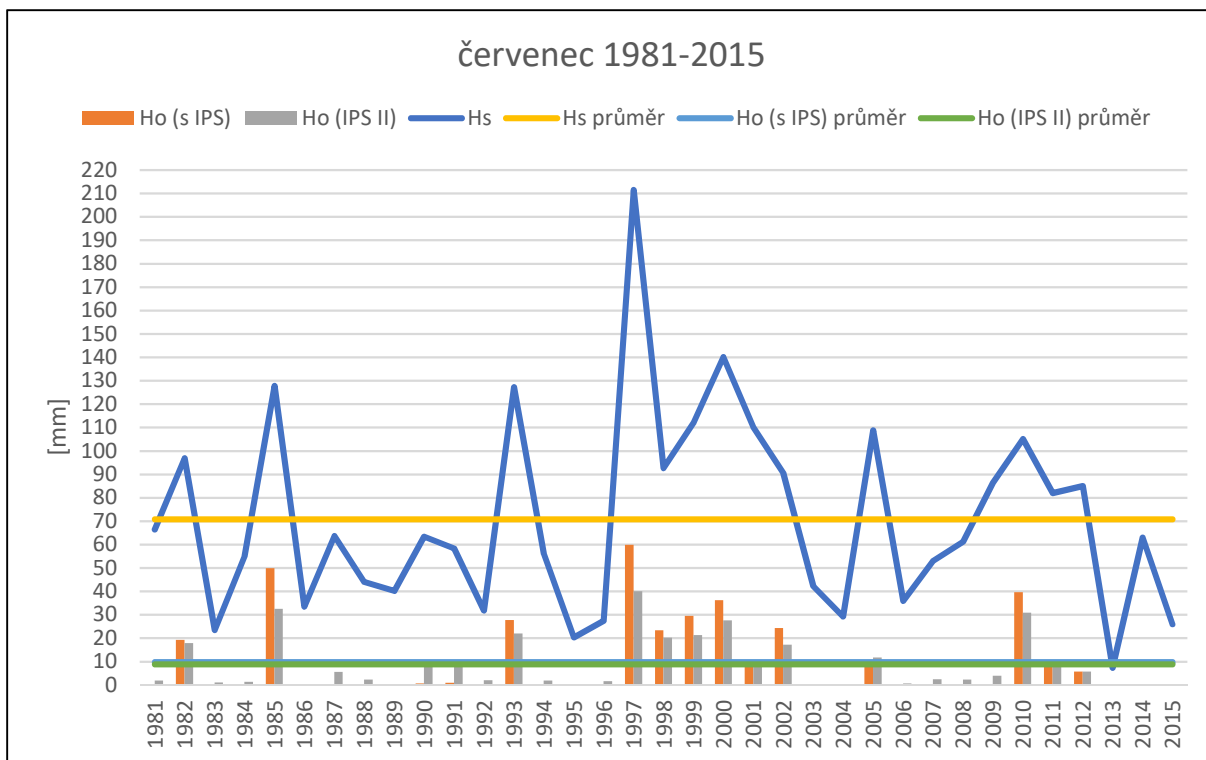
Graf 18 Srážkový úhrn a přímý odtok v letech 1981 až 2015 pro měsíc duben



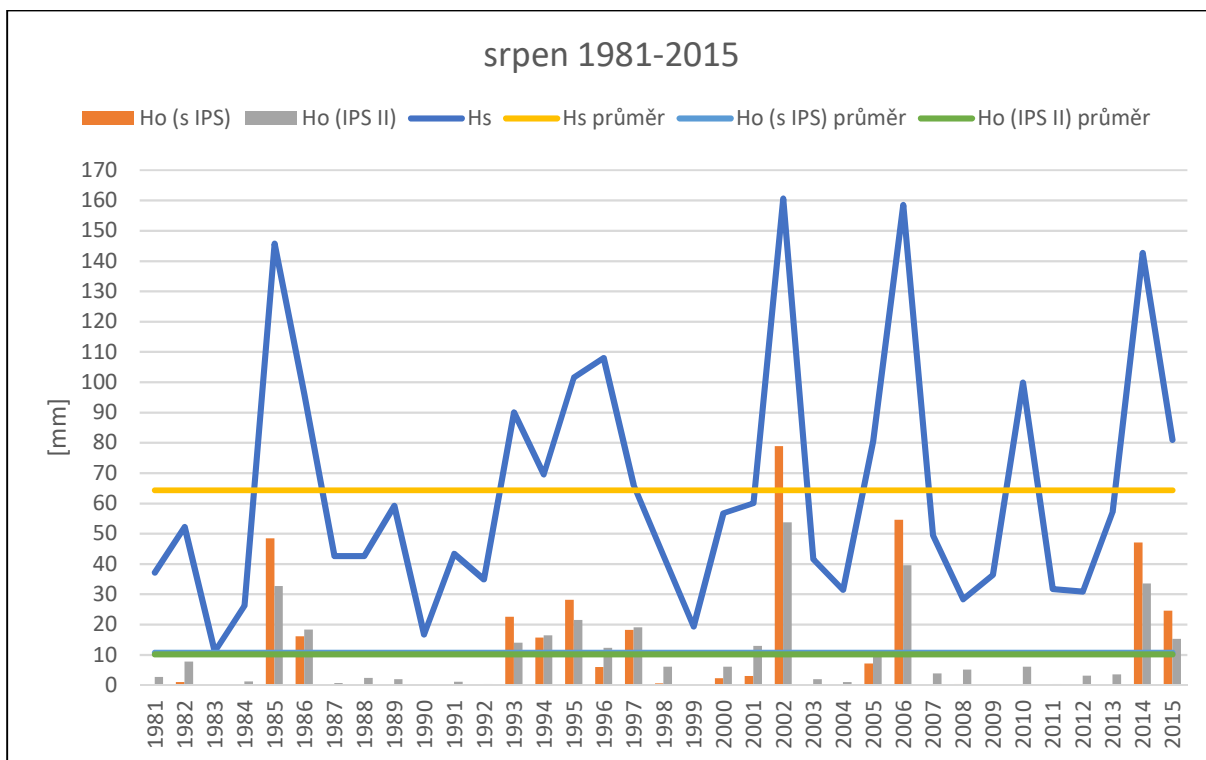
Graf 19 Srážkový úhrn a přímý odtok v letech 1981 až 2015 pro měsíc květen



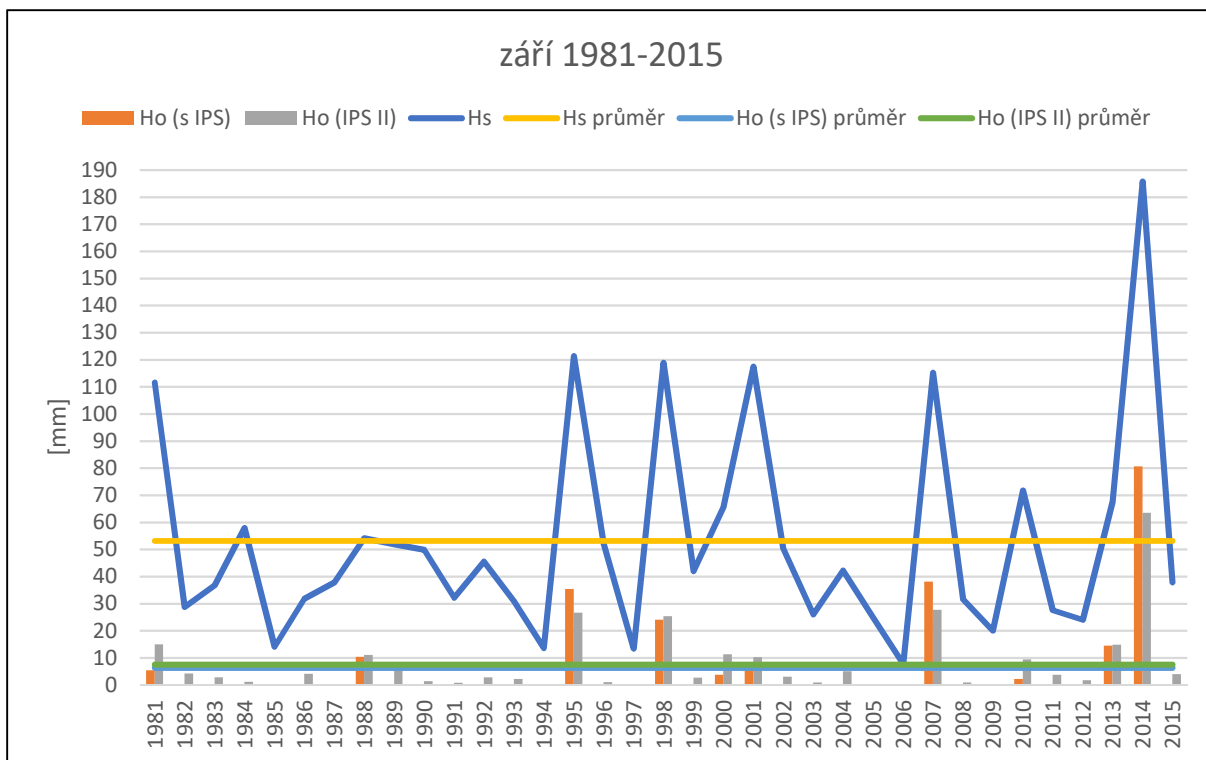
Graf 20 Srážkový úhrn a přímý odtok v letech 1981 až 2015 pro měsíc červen



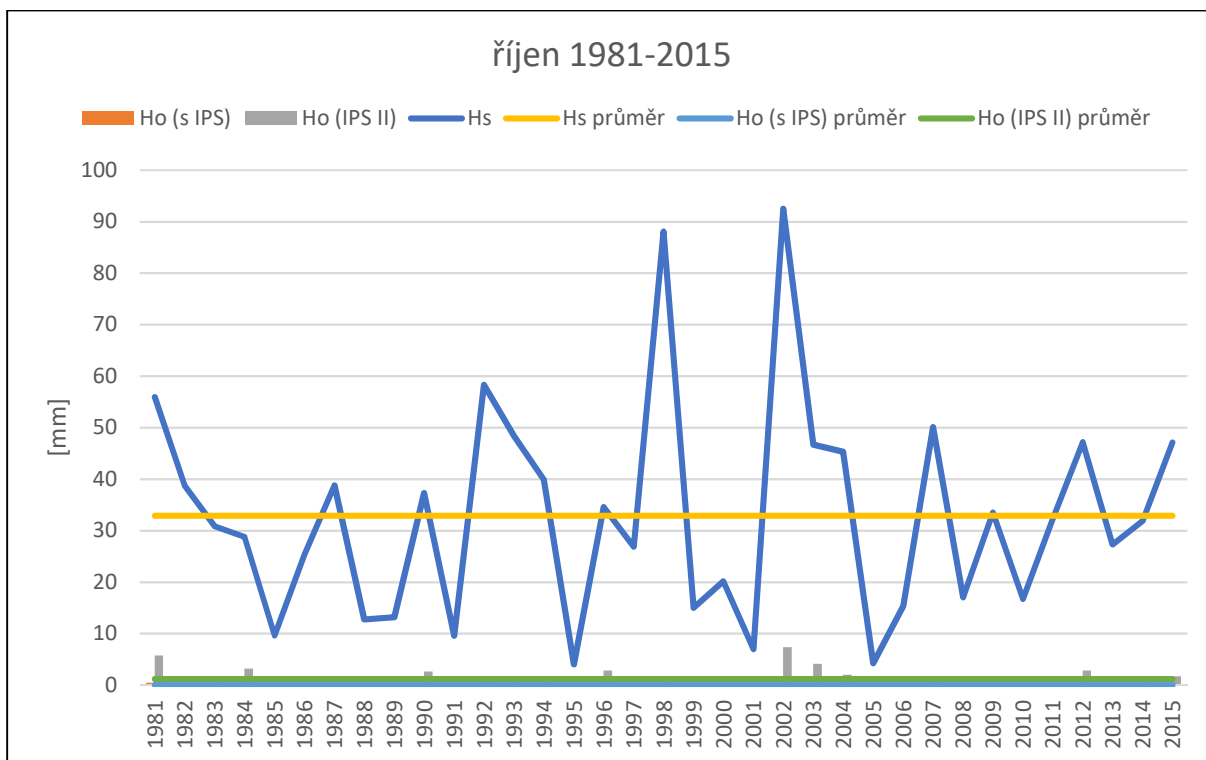
Graf 21 Srážkový úhrn a přímý odtok v letech 1981 až 2015 pro měsíc červenec



Graf 22 Srážkový úhrn a přímý odtok v letech 1981 až 2015 pro měsíc srpen

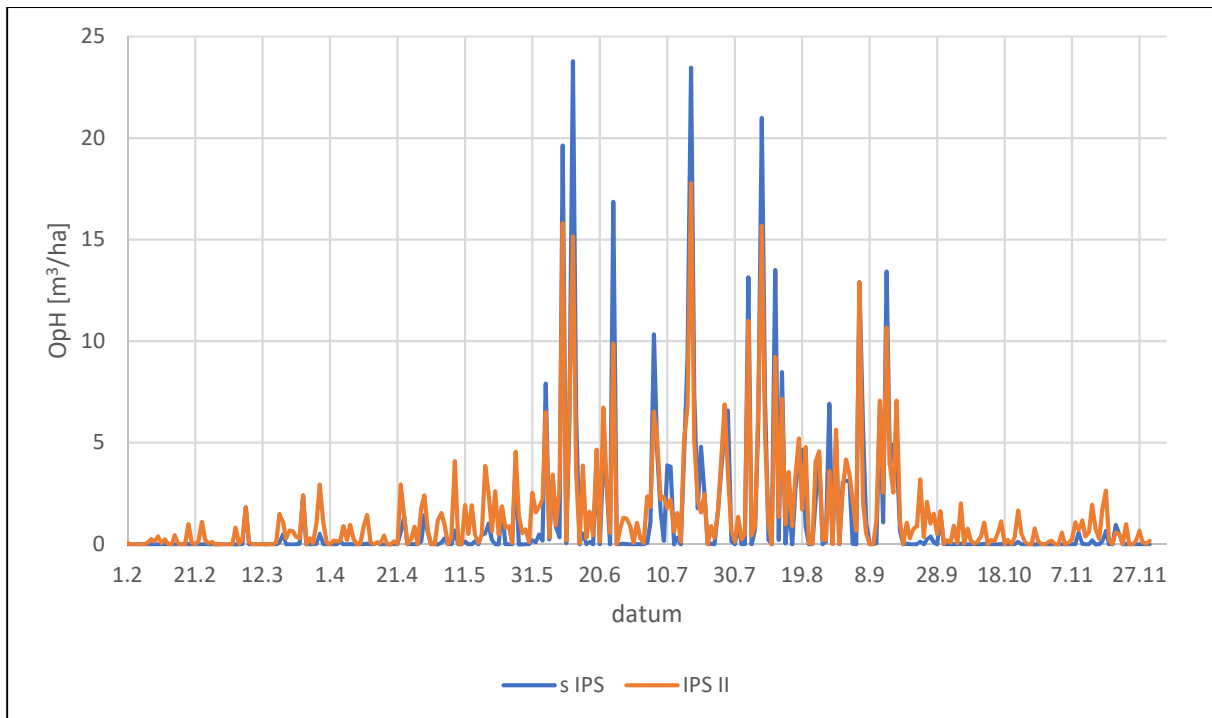


Graf 23 Srážkový úhrn a přímý odtok v letech 1981 až 2015 pro měsíc září



Graf 24 Srážkový úhrn a přímý odtok v letech 1981 až 2015 pro měsíc říjen

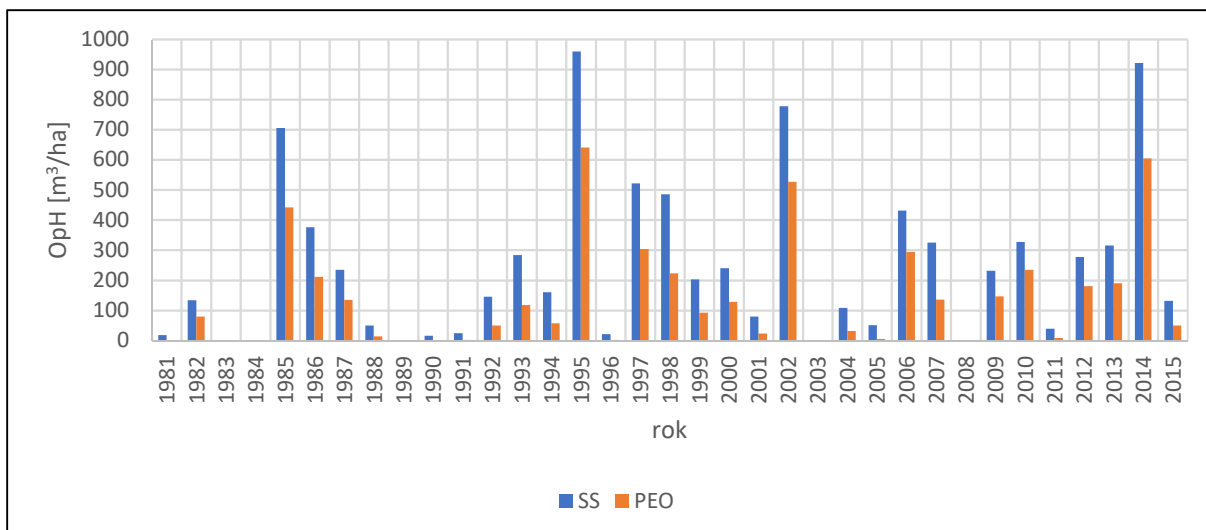
V měsíci červnu, červenci, srpnu i září je průměrný přímý odtok za 35 let u obou variant velmi podobný. V hodnotách přímého odtoku pro jednotlivé roky je vidět obrovský vliv přechodu na IPS III v první variantě („s IPS“). V případě malých srážkových úhrnů je přímý odtok vyšší při uvažování IPS II. S intenzivnějšími a vydatnějšími srážkami v měsíci červnu, červenci, srpnu i září je přímý odtok u varianty „s IPS“ výrazně větší.



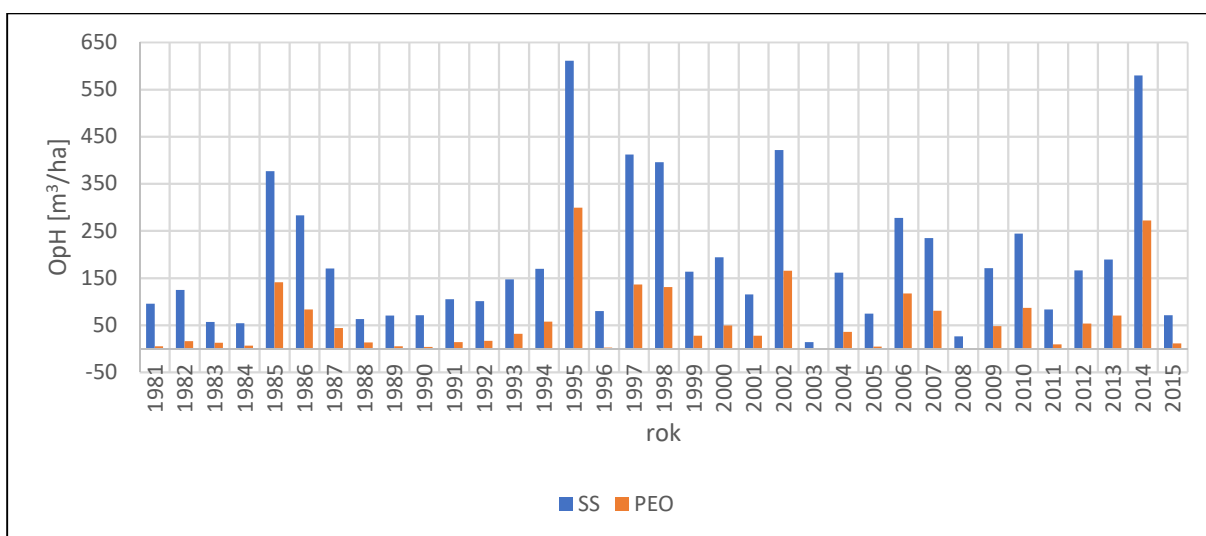
Graf 25 Objem přímého odtoku v průběhu roku z jednoho hektaru orné půdy (CN=88)

Výsledné hodnoty objemu přímého odtoku u variant „s IPS“ a „IPS II“ se liší v některých případech i o 100 %. Při porovnání zadrženého objemu přímého odtoku při aplikaci protierozních opatření není ve výsledných hodnotách tak obrovský rozdíl. Při aplikaci protierozních opatření se ročně na hodnoceném území dle varianty „s IPS“ zadrží přibližně o 115 000 m³ více vody, dle varianty „IPS II“ o 127 000 m³ více vody. Při uvažování trvalého zatravnění zemědělských ploch se v krajině zadrží dle varianty „s IPS“ přibližně o 245 000 m³ více vody a dle varianty „IPS II“ o 218 000 m³ více vody.

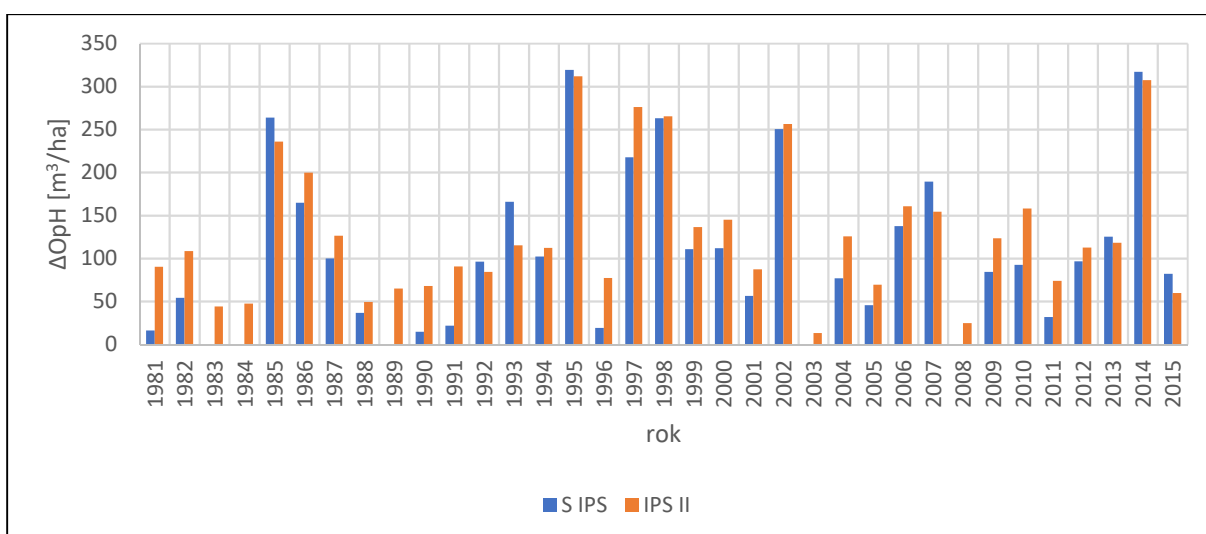
Pro doplnění jsou uvedeny grafy 26 až 28. Hodnoty objemu přímého odtoku jsou uvažovány pro variantu „SS“ z jednoho hektaru orné půdy s hodnotou CN = 81 a průměrnou hodnotou CN = 72 pro protierozní opatření (PEO).



Graf 26 O_{pH} z 1 ha – porovnání současného stavu a stavu s PEO u varianty „s IPS“



Graf 27 O_{pH} z 1 ha – porovnání současného stavu a stavu s PEO u varianty „IPS II“



Graf 28 Zadržný objem v krajině při aplikaci PEO – porovnání variant

5.3 VLIV NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ NA SNÍŽENÍ KULMINAČNÍHO PRŮTOKU

Pro vyhodnocení účinnosti navržených opatření z hlediska protipovodňové ochrany byly na zájmovém území zvoleny 3 kritické profily. U těchto profilů se provedl výpočet hydrologických charakteristik pomocí programu DesQ-MaxQ. Variantně posuzován byl kulminační průtok a objem povodňové vlny (vyvolané H_{1d100}). Hodnoty maximálních jednodenních srážkových úhrnů byly použity ze stanice Hodonín. Hodnoty byly vyhodnoceny pouze pro IPS II.

5.3.1 Povodí KB1

Povodí (P1) kritického bodu 1 je tvořeno převážně EHP22 a EHP23, okrajově EHP21 a EHP26. Půda je využívána jako orná. Ve spodní části jsou pozemky v drobné držbě a pramení zde bezejmenný vodní tok (VT7), který teče do obce.

Tabulka 28 Vstupní veličiny pro výpočet v DesQ-MaxQ pro povodí KB1

Vstupní veličiny		Jednotky	Povodí	Levý svah	Pravý svah
P_p	plocha povodí	[km ²]	1,12		
P_s	plocha svahu	[km ²]		0,67	0,46
I_s	průměrný sklon svahu	[%]		7	7,1
g	drsnotní charakteristika	[sec]		8	8
L_u	délka údolnice	[km]	1,72		
I_u	průměrný sklon údolnice	[%]	4,35		

Ztráta půdy vodní erozí je za současného stavu 20,6 t.ha⁻¹.rok⁻¹. Maximální průtok při $N = 100$ je 7,43 m³/s, objem povodňové vlny 49 400 m³. Při zhoršení půdních vlastností může dojít ke zvýšení maximálního stoletého průtoku na 11,2 m³/s a objemu povodňové vlny na 62 900 m³. Ve variantě „KoPÚ“ je na území EHP22, EHP23 a EHP26 navrženo agrotechnické opatření (AGT3). Toto opatření je na EHP23 doplněno protierozní mezí a zasakovacím pásem. Díky těmto opatřením se sníží hodnota ztráty půdy na 3,8 t.ha⁻¹.rok⁻¹. Maximální průtok se sníží o 42 % na 4,28 m³/s a objem povodňové vlny na 35 700 m³. Ve variantě „UŽI“ je na EHP22 a EHP23 navrženo vyloučení erozně nebezpečných plodin a jsou zatravněny údolnice. Ztráta půdy vodní erozí se sníží na 3,8 t.ha⁻¹.rok⁻¹. Maximální průtok se sníží o 33 % na 5,01 m³/s a objem povodňové vlny o 20 % na 29 200 m³.

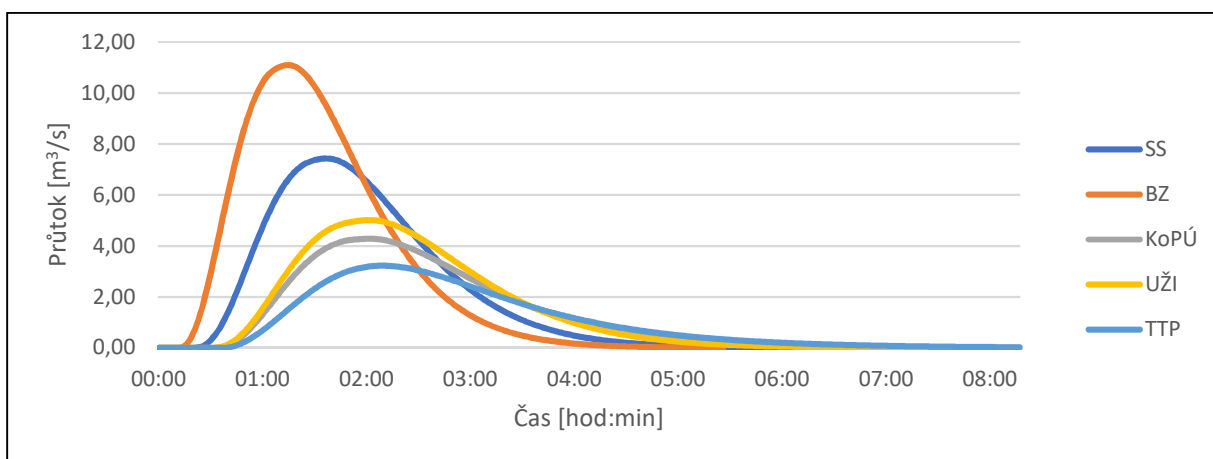
Dle získaných výsledků lze říct, že účinnost varianty „KoPÚ“ a UŽI ve snížení maximálního průtoku se pohybuje mezi 30 – 42 % a ve snížení objemu povodňové vlny mezi 16 – 26 %. Trvalé zatravnění sníží maximální průtok přibližně na polovinu a objem povodňové vlny o více než třetinu.

Tabulka 29 Maximální průtok a objem povodňové vlny při dané N-letosti a variantě – KB1

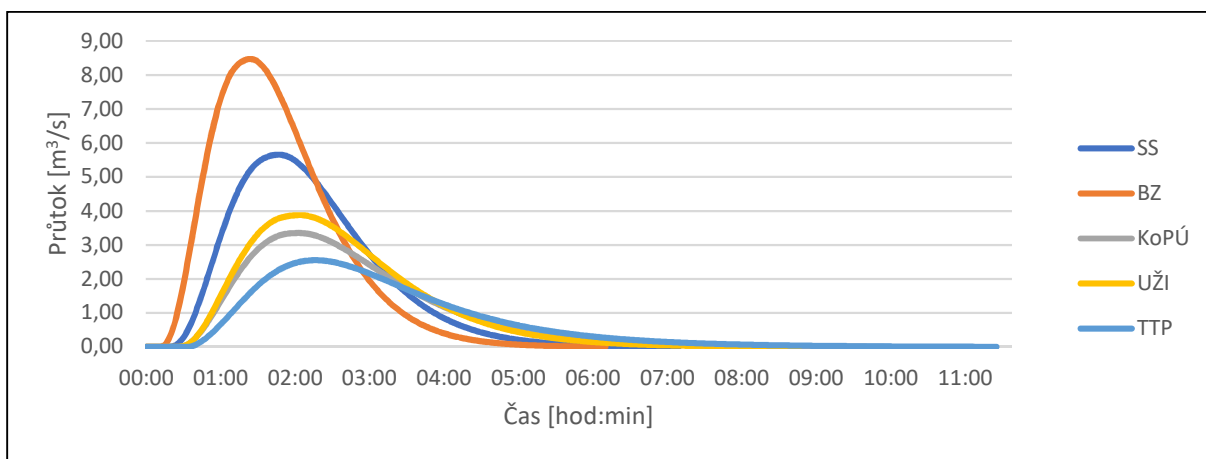
N-leté maximální průtoky a objemy PV		Jednotky	SS	BZ	KoPÚ	UŽI	TTP	SS-BZ	SS-KoPÚ	SS-UŽI	SS-TTP	
N	doba opakování	[roky]										
5	Q_{max}	maximální průtok	[m ³ .s ⁻¹]	1,48	2,21	0,95	1,06	0,78	-0,73	0,53	0,42	0,70
	$W_{PV,T}$	objem PV	[10 ³ .m ³]	14,60	17,90	11,60	12,30	10,60	-3,30	3,00	2,30	4,00
	$W_{PV,T,1d}$	objem PV vyv. H_{1d5}	[10 ³ .m ³]	26,20	32,50	20,50	22,00	18,30	-6,30	5,70	4,20	7,90
10	Q_{max}	maximální průtok	[m ³ .s ⁻¹]	2,42	3,58	1,52	1,73	1,23	-1,16	0,90	0,69	1,19

N-leté maximální průtoky a objemy PV			Jednotky	SS	BZ	KoPÚ	UŽI	TTP	SS-BZ	SS-KoPÚ	SS-UŽI	SS-TTP
	W_{PVT}	objem PV	[103.m ³]	19,10	24,40	14,70	15,70	13,30	-5,30	4,40	3,40	5,80
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyv. H _{1d5}	[10 ³ .m ³]	32,60	40,20	25,40	27,20	22,60	-7,60	7,20	5,40	10,00
20	Q_{max}	maximální průtok	[m ³ .s ⁻¹]	3,74	5,52	2,31	2,62	1,79	-1,78	1,43	1,12	1,95
	W_{PVT}	objem PV	[103.m ³]	24,90	30,40	18,10	19,40	16,00	-5,50	6,80	5,50	8,90
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyv. H _{1d5}	[10 ³ .m ³]	38,30	47,60	29,20	31,60	25,60	-9,30	9,10	6,70	12,70
50	Q_{max}	maximální průtok	[m ³ .s ⁻¹]	5,69	8,48	3,35	3,88	2,55	-2,79	2,34	1,81	3,14
	W_{PVT}	objem PV	[103.m ³]	30,70	37,60	22,70	25,10	19,10	-6,90	8,00	5,60	11,60
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyv. H _{1d5}	[10 ³ .m ³]	44,30	56,00	32,60	35,70	27,80	-11,7	11,70	8,60	16,50
100	Q_{max}	maximální průtok	[m ³ .s ⁻¹]	7,43	11,20	4,28	5,01	3,22	-3,77	3,15	2,42	4,21
	W_{PVT}	objem PV	[103.m ³]	35,00	43,00	26,20	29,20	21,50	-8,00	8,80	5,80	13,50
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyv. H _{1d5}	[10 ³ .m ³]	49,40	62,90	35,70	39,30	29,90	-13,5	13,70	10,10	19,50

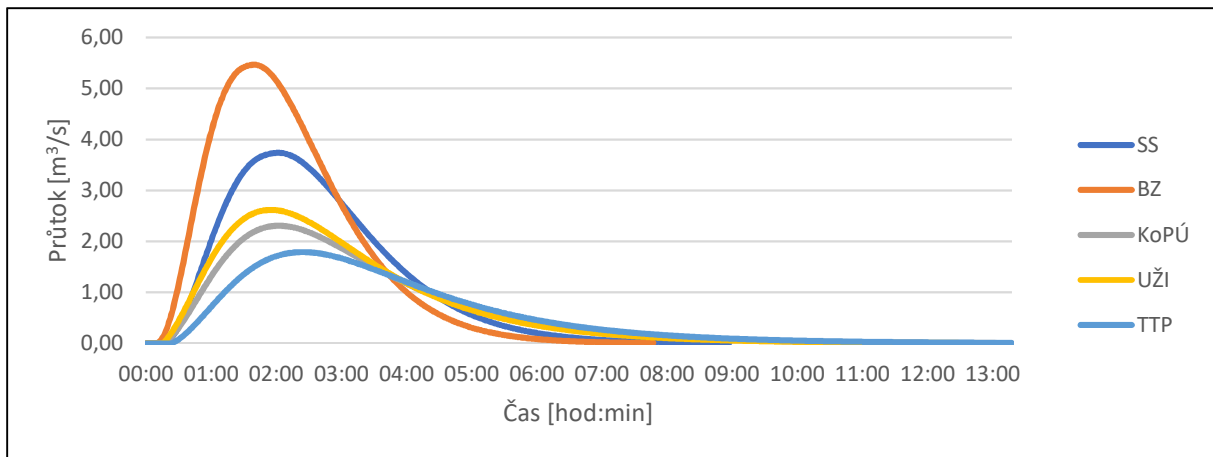
Průběh a účinnost daných variant jsou znázorněny na následujících grafech pro jednotlivé N-letosti.



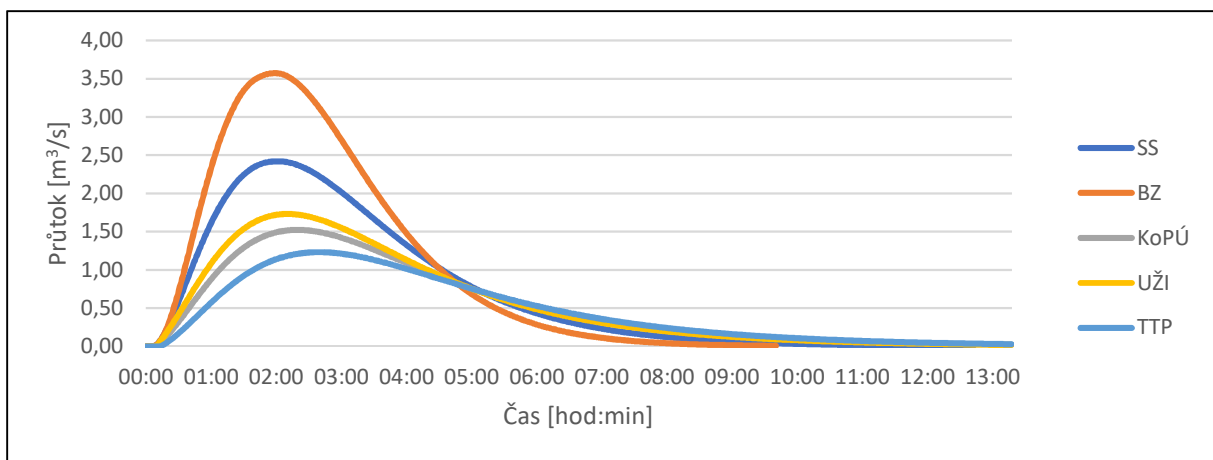
Graf 29 Hydrogram povodňové vlny P1, N=100



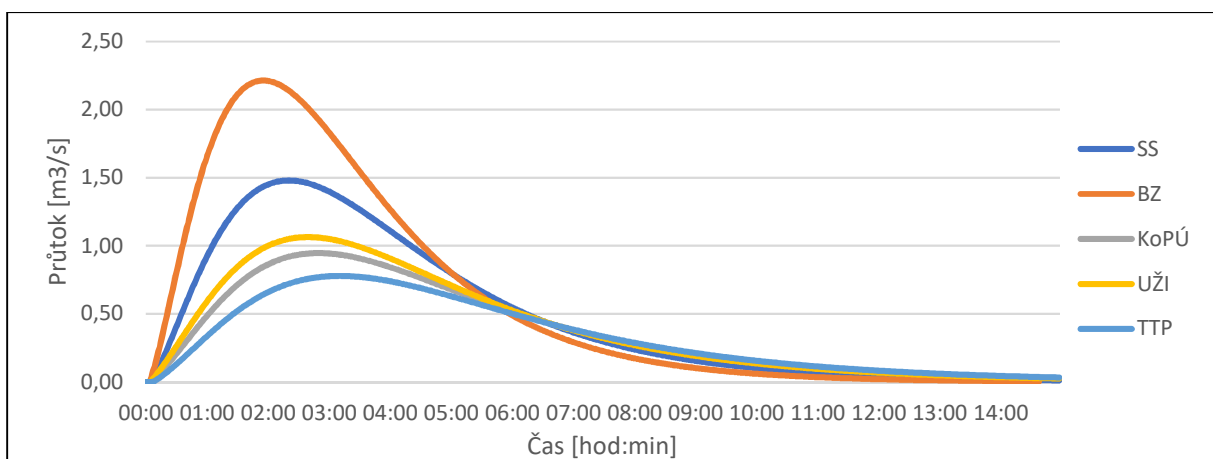
Graf 30 Hydrogram povodňové vlny P1, N=50



Graf 31 Hydrogram povodňové vlny P1, N=20



Graf 32 Hydrogram povodňové vlny P1, N=10



Graf 33 Hydrogram povodňové vlny P1, N=5

5.3.2 Povodí KB2

Povodí (P2) kritického bodu 2 je tvořeno EHP36 a EHP34 na levé straně povodí a EHP26 na pravé straně povodí. V horní části je téměř polovina povodí zalesněna. Druhá, spodní, část je využívána jako orná půda. Pramení zde bezejmenný vodní tok (VT2), který se před intravilánem obce vlévá do Mutěnického potoka.

Tabulka 30 Vstupní veličiny pro výpočet v DesQ-MaxQ pro povodí KB2

Vstupní veličiny		Jednotky	Povodí	Levý svah	Pravý svah
P_p	plocha povodí	[km ²]	1,46		
P_s	plocha svahu	[km ²]		0,7	0,76
I_s	průměrný sklon svahu	[%]		10,5	11,3
g	drsnostní charakteristika	[sec]		8	8
L_u	délka údolnice	[km]	2,21		
I_u	průměrný sklon údolnice	[%]	3,85		

Ztráta půdy vodní erozí je za současného stavu 31,1 t.ha⁻¹.rok⁻¹. Maximální průtok při N = 100 je 4,65 m³/s, objem povodňové vlny 38 000 m³. Při zhoršení půdních vlastností může dojít ke zvýšení maximálního stoletého průtoku na 6,37 m³/s a objemu povodňové vlny na 46 800 m³. Ve variantě „KoPÚ“ je na území EHP26 a EHP35 navrženo agrotechnické opatření (AGT3) a stabilizace drah soustředěného odtoku zatravněním. Na přispívající ploše EHP34 je navrženo mírnější agrotechnické opatření (AGT1) a na jižním svahu je dále navržena vinice se zatravněným meziřadím. Tato opatření sníží hodnotu na přípustnou hodnotu. Maximální průtok se sníží o 34 % na 3,05 m³/s a objem povodňové vlny na 29 200 m³. Ve variantě „UŽI“ je na přispívajících EHP taktéž navrženo agrotechnické opatření (AGT3), které je doplněno zatravněnými plochami a zatravněním údolnic. Na EHP35 je také navržena vinice se zatravněným meziřadím, nad kterou je agrotechnické opatření (AGT1). Maximální průtok se sníží o 39 % na 2,85 m³/s a objem povodňové vlny o 26 % na 28 300 m³.

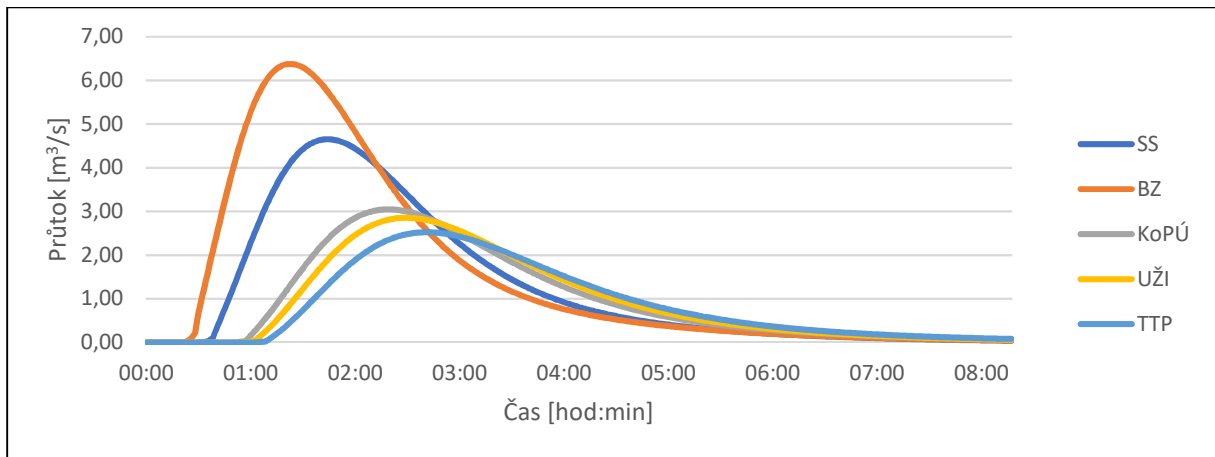
Dle získaných výsledků lze říct, že účinnost variant „KoPÚ“ a „UŽI“ ve snížení maximálního průtoku se pohybuje mezi 23 – 39 % a ve snížení objemu povodňové vlny mezi 14 – 26 %. Trvalé zatravnění sníží maximální průtok o třetinu až polovinu a objemu povodňové vlny o pětinu až čtvrtinu.

Tabulka 31 Maximální průtok a objem povodňové vlny při dané N-letosti a variantě – KB2

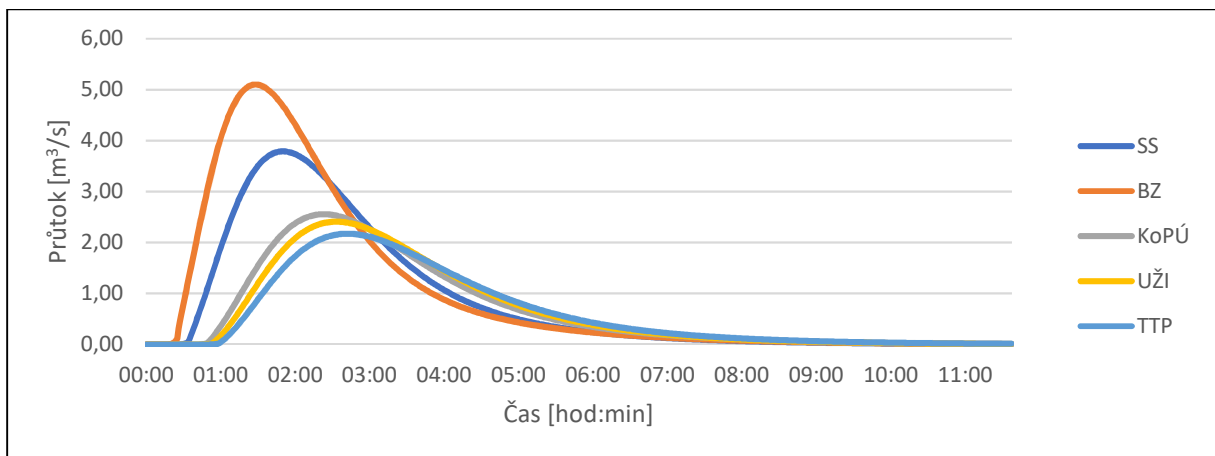
N-leté maximální průtoky a objemy PV		Jednotky	SS	BZ	KoPÚ	UŽI	TTP	SS-BZ	SS-KoPÚ	SS-UŽI	SS-TTP	
N	doba opakování	[roky]										
5	Q_{max}	maximální průtok	[m ³ .s ⁻¹]	1,21	1,53	0,94	0,91	0,86	-0,32	0,28	0,30	0,35
	W_{PVT}	objem PV	[10 ³ .m ³]	13,00	14,60	11,50	11,30	11,00	-1,60	1,50	1,70	2,00
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyv. H _{1d5}	[10 ³ .m ³]	23,50	27,00	20,20	19,90	19,20	-3,50	3,30	3,60	4,30
10	Q_{max}	maximální průtok	[m ³ .s ⁻¹]	1,91	2,45	1,44	1,39	1,31	-0,54	0,47	0,52	0,60
	W_{PVT}	objem PV	[10 ³ .m ³]	16,30	18,40	14,20	14,00	13,60	-2,10	2,10	2,30	2,70
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyv. H _{1d5}	[10 ³ .m ³]	28,90	33,30	24,60	24,20	23,30	-4,40	4,30	4,70	5,60
20	Q_{max}	maximální průtok	[m ³ .s ⁻¹]	2,77	3,59	1,96	1,88	1,75	-0,82	0,81	0,89	1,02
	W_{PVT}	objem PV	[10 ³ .m ³]	19,60	22,10	16,50	16,20	15,60	-2,50	3,10	3,40	4,00

	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyv. H_{1d5}	$[10^3.m^3]$	32,70	38,40	27,10	26,50	25,40	-5,70	5,60	6,20	7,30
50	Q_{max}	maximální průtok	$[m^3.s^{-1}]$	3,79	5,10	2,56	2,41	2,17	-1,31	1,23	1,38	1,62
	W_{PVT}	objem PV	$[103.m^3]$	22,70	26,00	18,70	18,30	17,30	-3,30	4,00	4,40	5,40
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyv. H_{1d5}	$[10^3.m^3]$	35,40	42,90	28,10	27,30	25,80	-7,50	7,30	8,10	9,60
100	Q_{max}	maximální průtok	$[m^3.s^{-1}]$	4,65	6,37	3,05	2,85	2,52	-1,72	1,60	1,80	2,13
	W_{PVT}	objem PV	$[103.m^3]$	25,10	29,30	20,30	19,80	18,60	-4,20	4,80	5,30	6,50
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyv. H_{1d5}	$[10^3.m^3]$	38,00	46,80	29,20	28,30	26,50	-8,80	8,80	9,70	11,50

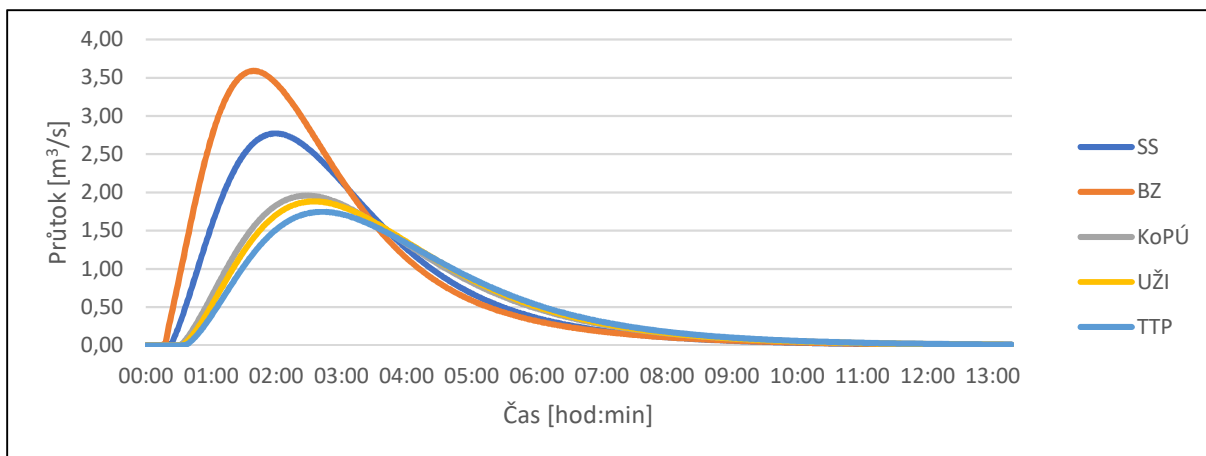
Průběh a účinnost daných variant jsou znázorněny na následujících grafech pro jednotlivé N-letosti.



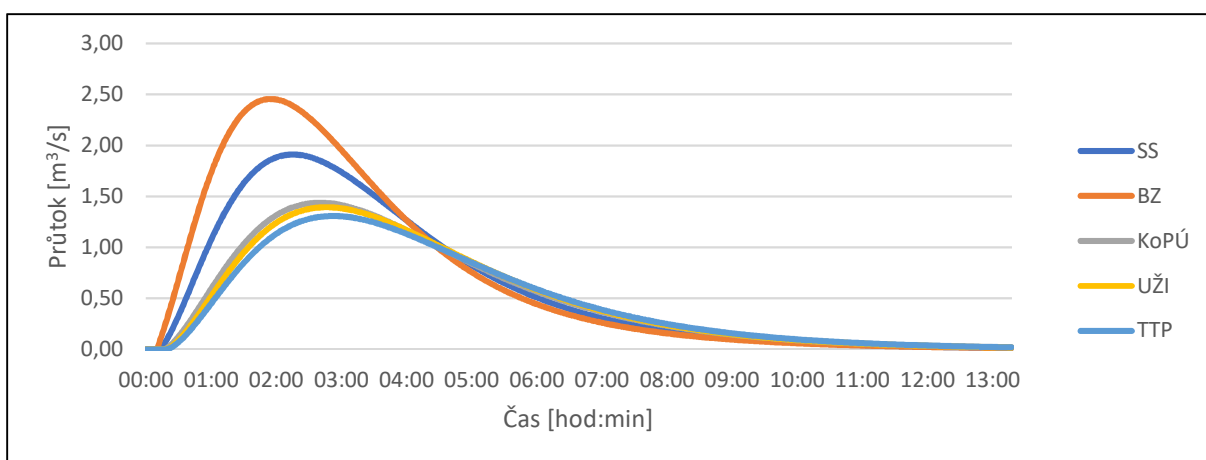
Graf 34 Hydrogram povodňové vlny P2, N=100



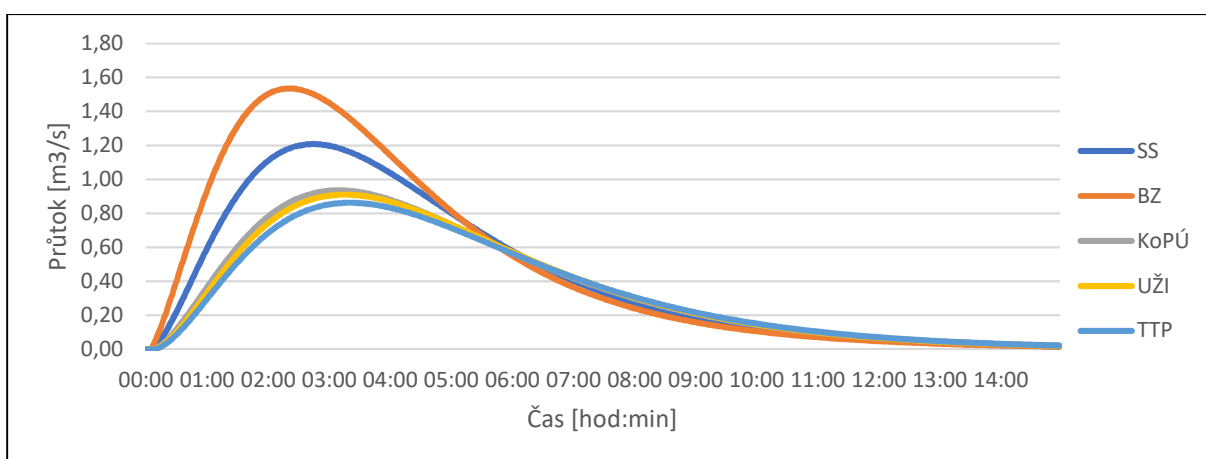
Graf 35 Hydrogram povodňové vlny P2, N=50



Graf 36 Hydrogram povodňové vlny P2, N=20



Graf 37 Hydrogram povodňové vlny P2, N=10



Graf 38 Hydrogram povodňové vlny P2, N=5

5.3.3 Povodí KB3

Povodí (P3) kritického bodu 3 je tvořeno EHP40 v horní části a EHP41 v dolní části. Celá plocha povodí je využívána jako orná půda. Voda z hodnoceného povodí teče do bezejmenného vodního toku (VT1), který se před intravilánem obce vlévá do Mutěnického potoka.

Tabulka 32 Vstupní veličiny pro výpočet v DesQ-MaxQ pro povodí KB3

Vstupní veličiny		Jednotky	Povodí	Levý svah	Pravý svah
P_p	plocha povodí	[km ²]	0,47		
P_s	plocha svahu	[km ²]		0,17	0,29
I_s	průměrný sklon svahu	[%]		7,9	7
g	drsnostní charakteristika	[sec]		8	8
L_u	délka údolnice	[km]	1,25		
I_u	průměrný sklon údolnice	[%]	1,85		

Ztráta půdy vodní erozí je za současného stavu 15,1 t.ha⁻¹.rok⁻¹. Maximální průtok při N = 100 je 4,41 m³/s, objem povodňové vlny 21 500 m³. Při zhoršení půdních vlastností může dojít ke zvýšení maximálního stoletého průtoku na 7,33 m³/s a objemu povodňové vlny na 28 300 m³. Ve variantě „KoPÚ“ je navrženo agrotechnické opatření (AGT2) a zatravnění údolnice. Tato opatření sníží ztrátu půdy na přípustnou hodnotu, v tomto případě 3 t.ha⁻¹.rok⁻¹. Maximální průtok se sníží o 36 % na 2,82 m³/s a objem povodňové vlny na 16 300 m³. Ve variantě „UŽI“ je na přispívajících EHP taktéž navrženo zatravnění údolnice a agrotechnické opatření, na EHP 40 (AGT1) a na EHP41 (AGT2). Do přispívající plochy povodí zasahuje i část nově navržené vinice se zatravněným meziřadím. Maximální průtok se sníží o 40 % na 2,64 m³/s a objem povodňové vlny o 27 % na 15 800 m³.

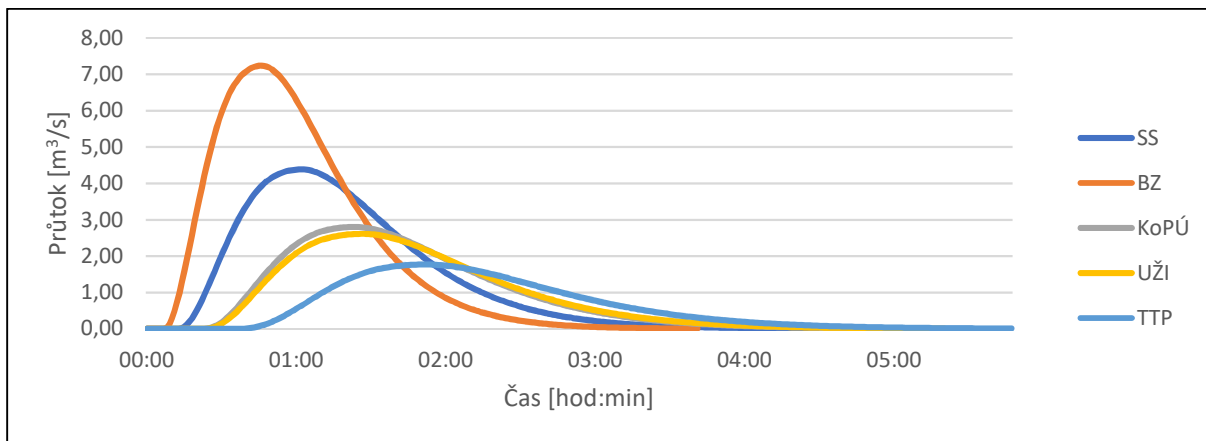
Dle získaných výsledků lze říct, že účinnost variant „KoPÚ“ a „UŽI“ ve snížení maximálního průtoku se pohybuje mezi 32 – 40 % a ve snížení objemu povodňové vlny mezi 19 – 27 %. Trvalé zatravnění sníží maximální průtok o více než polovinu a objem povodňové vlny o více než třetinu.

Tabulka 33 Maximální průtok a objem povodňové vlny při dané N-letosti a variantě – KB3

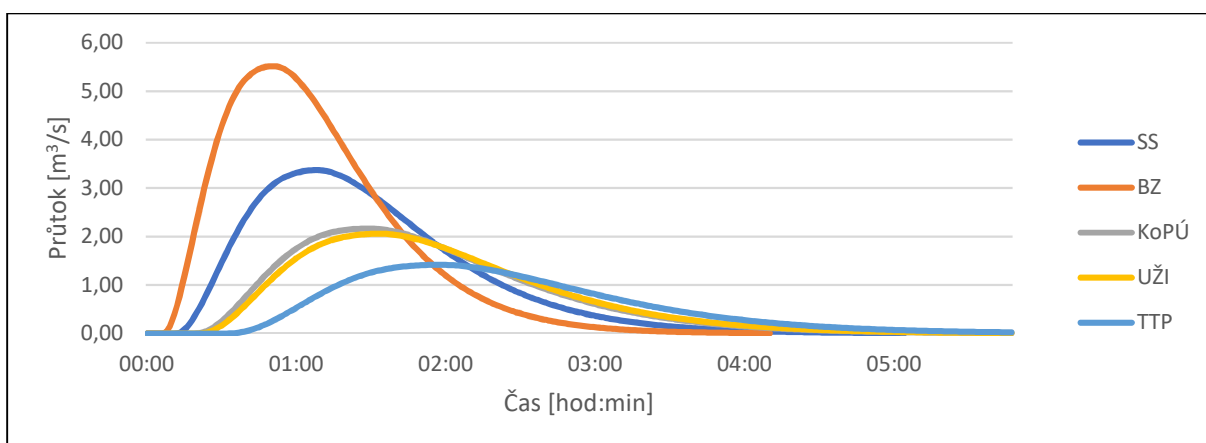
N-leté maximální průtoky a objemy PV		Jednotky	SS	BZ	KoPÚ	UŽI	TTP	SS-BZ	SS-KoPÚ	SS-UŽI	SS-TTP	
N	doba opakování	[roky]										
5	Q_{max}	maximální průtok	[m ³ .s ⁻¹]	0,91	1,47	0,62	0,59	0,44	-0,56	0,29	0,32	0,47
	W_{PVT}	objem PV	[10 ³ .m ³]	5,97	7,57	4,89	4,81	4,10	-1,60	1,08	1,16	1,87
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyv. H _{1d5}	[10 ³ .m ³]	11,30	14,60	9,11	8,91	7,45	-3,30	2,19	2,39	3,85
10	Q_{max}	maximální průtok	[m ³ .s ⁻¹]	1,47	2,35	1,00	0,96	0,69	-0,88	0,47	0,51	0,78
	W_{PVT}	objem PV	[10 ³ .m ³]	7,57	9,57	6,22	6,12	5,16	-2,00	1,35	1,45	2,41
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyv. H _{1d5}	[10 ³ .m ³]	14,10	18,00	11,30	11,00	9,16	-3,90	2,80	3,10	4,94
20	Q_{max}	maximální průtok	[m ³ .s ⁻¹]	2,24	3,60	1,49	1,43	1,02	-1,36	0,75	0,81	1,22
	W_{PVT}	objem PV	[10 ³ .m ³]	9,36	11,90	7,56	7,46	6,23	-2,54	1,80	1,90	3,13
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyv. H _{1d5}	[10 ³ .m ³]	16,60	21,30	13,10	12,80	10,40	-4,70	3,50	3,80	6,20
50	Q_{max}	maximální průtok	[m ³ .s ⁻¹]	3,38	5,60	2,19	2,07	1,43	-2,22	1,19	1,31	1,95
	W_{PVT}	objem PV	[10 ³ .m ³]	11,50	14,80	9,12	8,97	7,35	-3,30	2,38	2,53	4,15
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyv. H _{1d5}	[10 ³ .m ³]	19,30	25,20	14,80	14,40	11,20	-5,90	4,50	4,90	8,10

N-leté maximální průtoky a objemy PV			Jednotky	SS	BZ	KoPÚ	UŽI	TTP	SS-BZ	SS-KoPÚ	SS-UŽI	SS-TTP
100	Q _{max}	maximální průtok	[m ³ .s ⁻¹]	4,41	7,33	2,82	2,64	1,78	-2,92	1,59	1,77	2,63
	W _{PVT}	objem PV	[103.m ³]	13,10	16,90	10,30	10,10	8,17	-3,80	2,80	3,00	4,93
	W _{PVT,1d}	objem PV vyv. H _{1d5}	[10 ³ .m ³]	21,50	28,30	16,30	15,80	12,00	-6,80	5,20	5,70	9,50

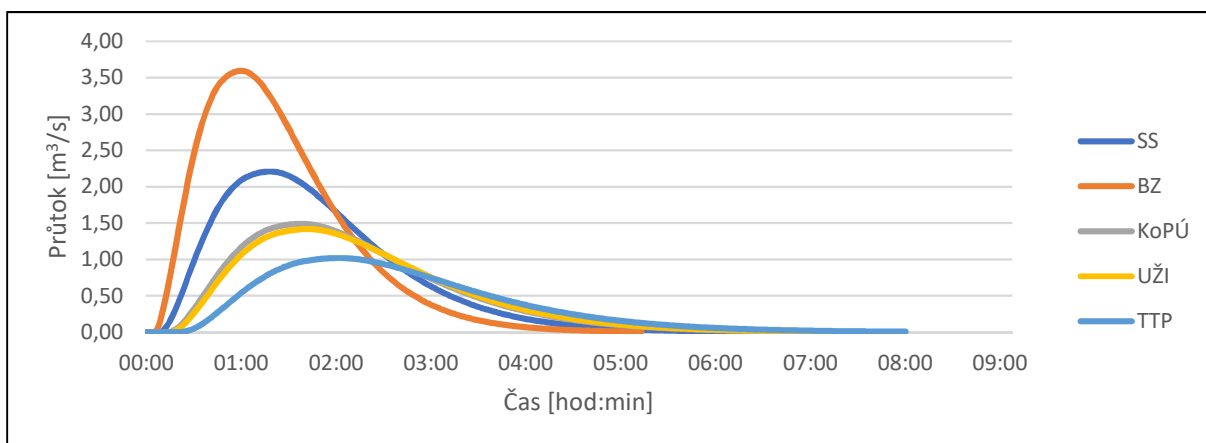
Průběh a účinnost daných variant jsou znázorněny na následujících grafech pro jednotlivé N-letosti.



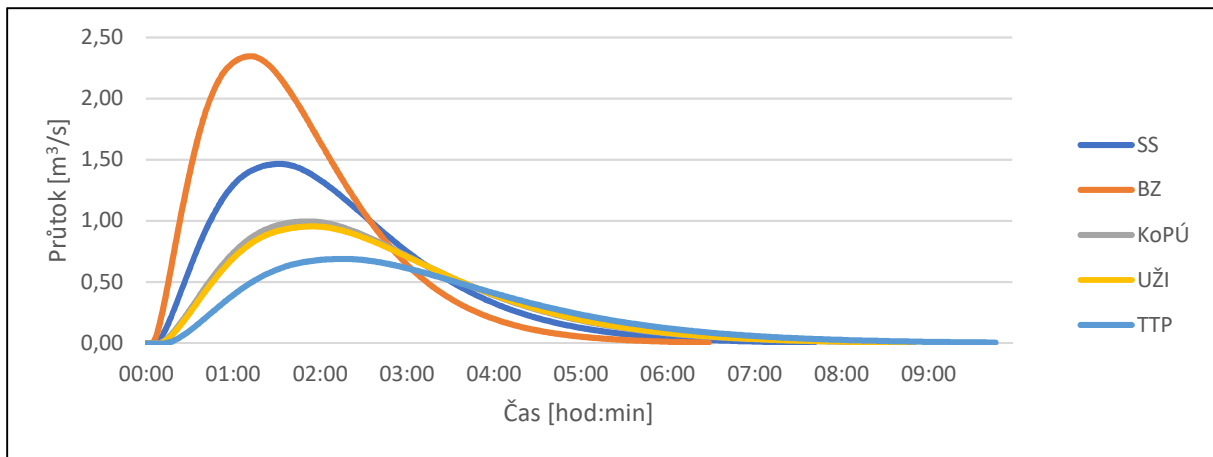
Graf 39 Hydrogram povodňové vlny P3, N=100



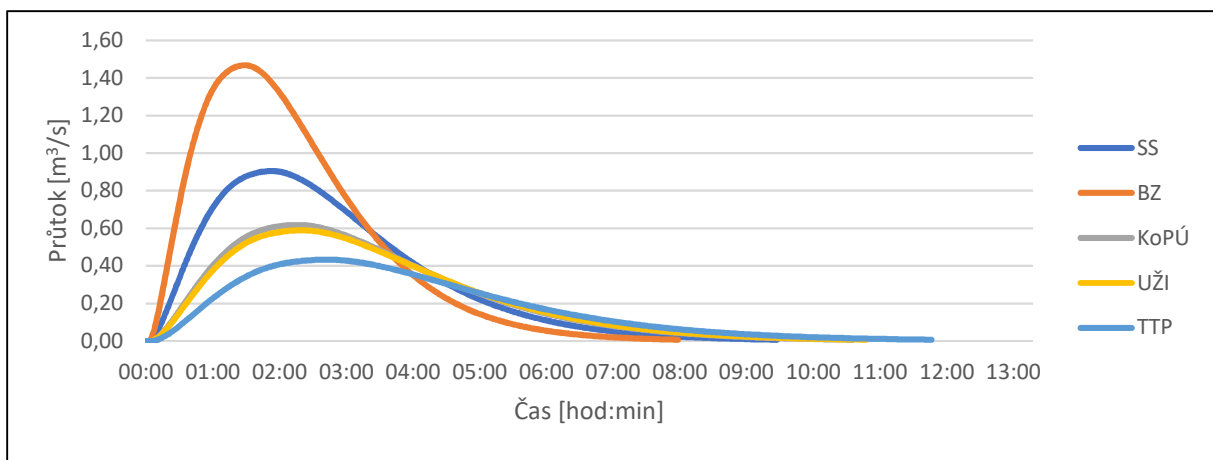
Graf 40 Hydrogram povodňové vlny P3, N=50



Graf 41 Hydrogram povodňové vlny P3, N=20



Graf 42 Hydrogram povodňové vlny P3, N=10



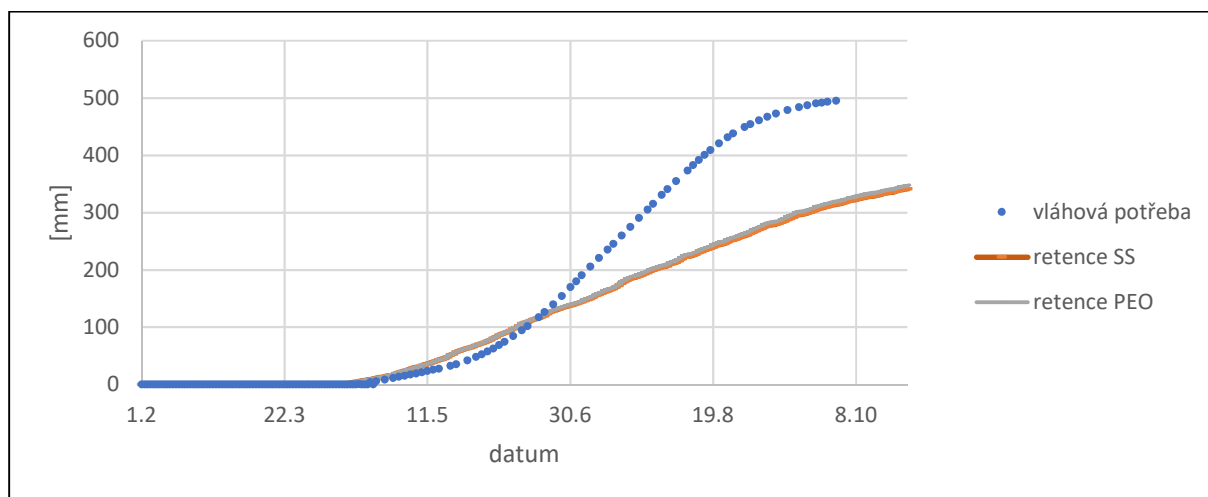
Graf 43 Hydrogram povodňové vlny P3, N=5

Účinnost navržených opatření je u těchto hodnocených povodí kritických bodů podobná. Dochází ke snížení maximálního průtoku na 60 – 75 % současného stavu. Objem povodňové vlny po návrhu „KoPÚ“ nebo „UŽI“ dosahuje 75 – 85 % současného stavu.

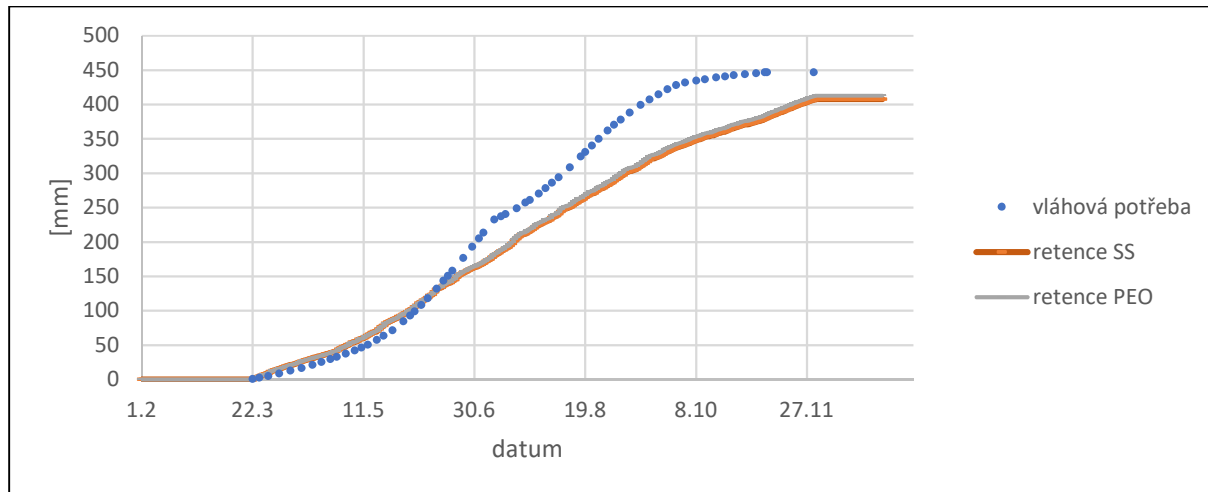
5.4 VYHODNOCENÍ VLÁHOVÉ POTŘEBY

V následující kapitole je porovnána vláhová potřeba vybraných plodin a retenční schopnost půdy v zájmové lokalitě. Grafy jsou vyhodnoceny pro typový pozemek o ploše jeden hektar v hydrologické skupině půd B. Data ukazující vláhovou potřebu půdy byla získána pomocí vláhové kalkulačky, kterou poskytuje VÚMOP, v.v.i. [31].

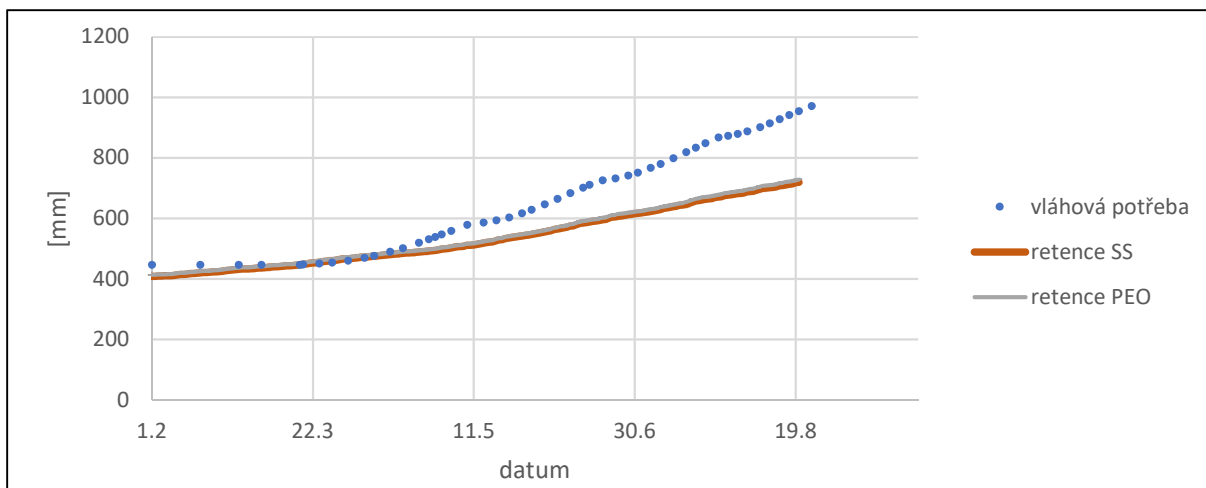
Dle zpracovaných dat na zájmové území spadne za sledované období 471,6 mm, což odpovídá 4716 m³/ha/období.



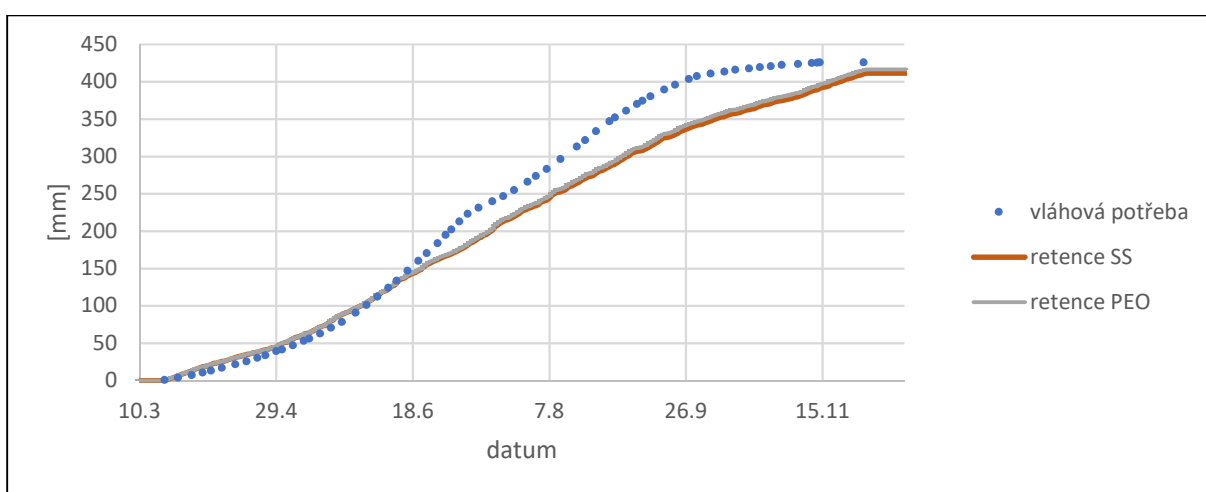
Graf 44 Variantní porovnání vláhové potřeby kukuřice na zrno a retence typového pozemku



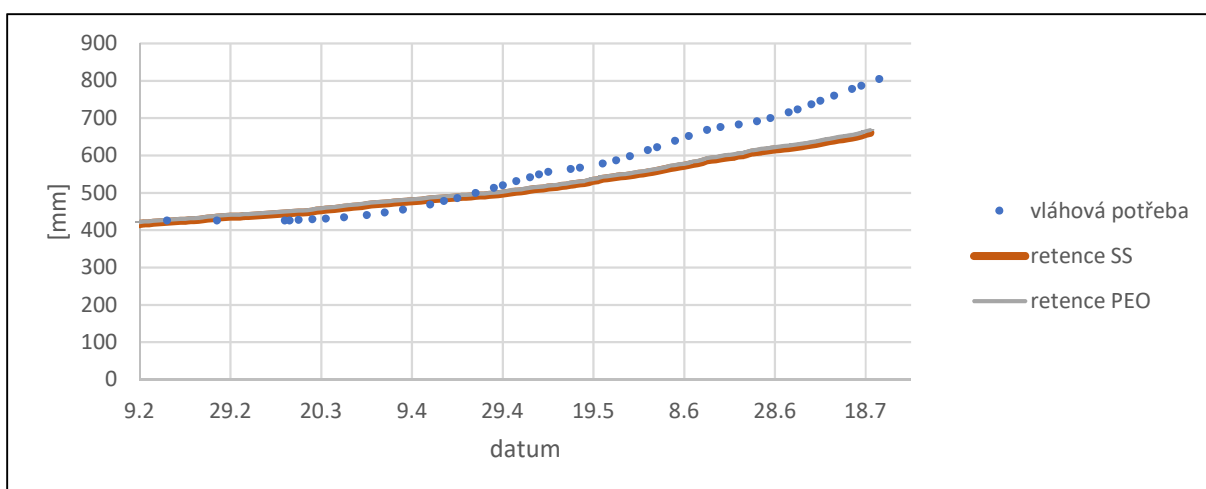
Graf 45 Variantní porovnání vláhové potřeby vojtěšky seté (1. rok) a retence typového pozemku



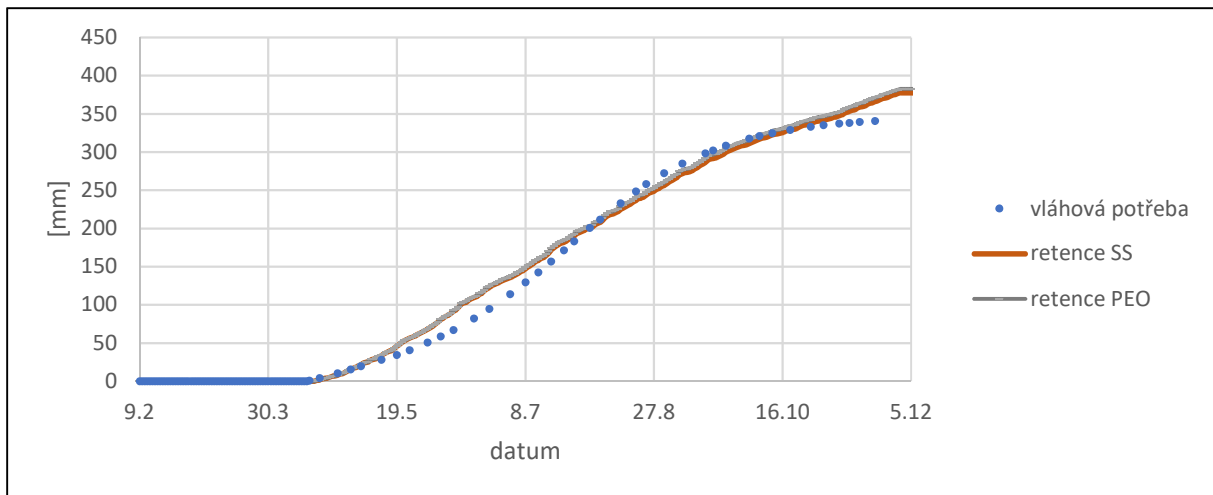
Graf 46 Variantní porovnání vláhové potřeby vojtěšky seté (2.rok) a retence typového pozemku



Graf 47 Variantní porovnání vláhové potřeby jetelotravní směsi (1.rok) a retence typového pozemku



Graf 48 Variantní porovnání vláhové potřeby jetelotravní směsi (2.rok) a retence typového pozemku

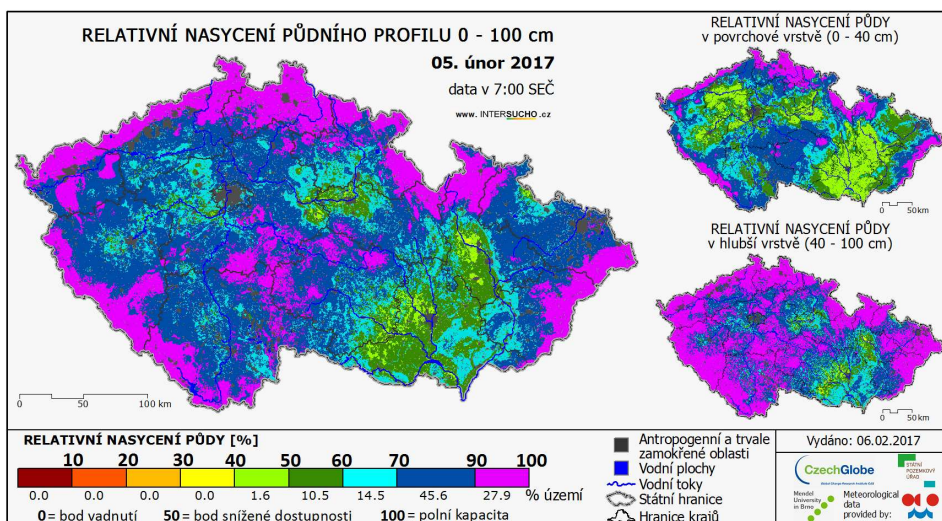


Graf 49 Porovnání vláhové potřeby vinice a retence typového pozemku

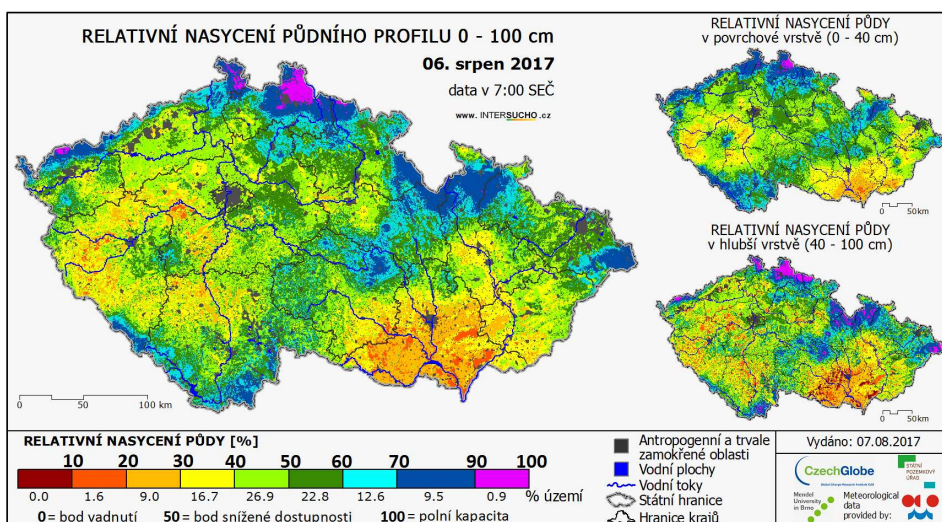
Grafy ukazují, že žádná hodnocená plodina nemá po celý rok ze srážkových úhrnů dostatečný přísun vláhy. Zvláště v letních měsících se vláhový deficit prohlubuje. Tento stav nezmění ani navržená protierozní opatření. U širokořádkových plodin jako je kukuřice, je vláhový deficit obrovský. Dle výše uvedených grafů situace není vyhovující ani u jetelotravních směsí ani u vinic. Tyto vzniklé vláhové deficity lze zmírnit například vhodnými závlahovými systémy. Mezi vhodné řešení se řadí i vybudování závlahových nádrží, které by svým retenčním prostorem sloužily i k protipovodňové ochraně. V obci Mutěnice byly zbudovány ochranné přehrážky za účelem omezení transportu splavenin do zastavěného území. Jejich stav pár let po realizaci jen potvrzuje nutnost komplexního přístupu navrhovaných opatření. Tyto přehrážky jsou v povodí kritického bodu 1.

Je nutné ještě poznamenat, že v grafech 44 až 49 není uvažováno s vláhovou potřebou vláhově konkurenčních plodin jako meziplodin nebo ochranného zatravnění. Tato skutečnost ještě zvýší vláhový deficit.

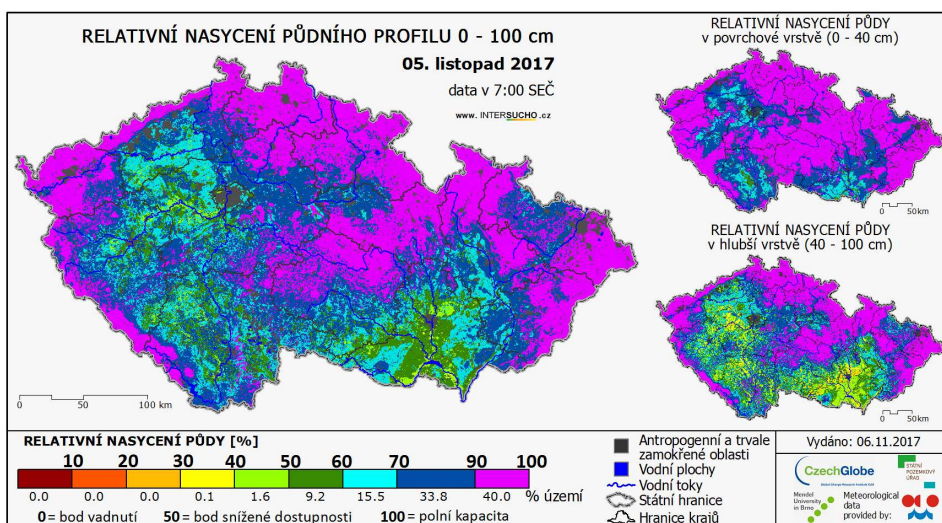
Tyto výsledky potvrzují i informace dostupné na portále „Intersucho“. Na začátku roku, 5.2.2017, bylo na zájmovém území relativní nasycení půdního profilu přibližně 60 %. O půl roku později, ale relativní nasycení půdního profilu pokleslo k přibližně 20 %, což značí nedostatek vláhy (hranice 50 %) a má velmi blízko k bodu vadnutí (0 %). V listopadu se již relativní nasycení půdního profilu opět dostalo těsně nad hranici dostatku vláhy, nad 50 % [19].



Obrázek 25 Relativní nasycení půdního profilu 5.2.2017 [19]



Obrázek 26 Relativní nasycení půdního profilu 6.8.2017 [19]



Obrázek 27 Relativní nasycení půdního profilu 5.11.2017 [19]

6 DISKUSE

Účinnost navržených opatření ve snížení roční průměrné ztráty půdy vodní erozí je zjevná. Navržená opatření ve variantě „KoPÚ“ a „UŽI“ sníží původní roční ztrátu z 25 000 t.ha⁻¹.rok⁻¹ na čtvrtinu, zatravnění tuto ztrátu dokáže snížit dokonce na 2 %. Pro posuzování vlivu opatření na retenční schopnost půdy bylo využito dvou variant („s IPS“ a „IPS II“), u kterých se výsledné hodnoty objemu přímého odtoku výrazně lišily. Při porovnání zadržovaného objemu přímého odtoku při aplikaci protierozních opatření oproti současnému stavu nebyl ve výsledných hodnotách tak výrazný rozdíl. Při aplikaci protierozních opatření se za hodnocené období na řešeném území dle varianty „s IPS“ zadrží přibližně o 115 000 m³ více vody, tj. 56,9 m³/ha, dle varianty „IPS II“ o 127 000 m³ více vody, tj. 62,8 m³/ha. Při uvažování trvalého zatravnění zemědělských ploch se v krajině zadrží dle varianty „s IPS“ přibližně o 245 000 m³ více vody, tj. 121,2 m³/ha a dle varianty „IPS II“ o 218 000 m³ více vody, tj. 107,9 m³/ha.

K podobným výsledkům došli autoři článku „Modelování efektu přírodě blízkých opatření na hydrologickou bilanci v povodí Trkmanky“ uvedeném v časopise VTEI. Bylo zjištěno, že na povodí Trkmanky by navržená opatření na 43 % celkové plochy, tj. na 132 km², pomohla v průměru za rok zadržet o 943 950 m³ vody více. Na desetiměsíční období tedy připadá 59,60 m³/ha [17]. Dále autoři článku uvádí, že zvýšení celkové retence je na úkor celkového odtoku z povodí a pravděpodobně by se zvýšila četnost, velikost a trvání deficitních objemů. V článku je doporučeno na povodích tohoto typu, kde je nízký úhrn srážek a poměrně vysoký výpar, aplikovat přírodě blízká opatření za účelem snižování eroze a zlepšení kvality půdy než za účelem zvyšování celkové retence [17]. I když jsem podrobně nevyhodnotila řešené území tohoto článku, dle mého názoru dochází v závěru k protiřečení. Zadržovaná voda se v půdě uvolňuje, část odeberou rostliny a část odtéká v podobě podzemního odtoku a odtoku základního. Lze tedy předpokládat, že část infiltrované vody se do vodních toků stejně dostane. Pouze dojde k určitému zpoždění. Pokud není na zájmovém území akumulční nádrž, hodnotím prodloužení doby odtoku pozitivně, protože voda neodteče pryč v tak krátké době jako by tomu bylo u povrchového odtoku. Eroze, zjednodušeně řečeno, vzniká tehdy, když intenzita srážky je větší než infiltrace. Aplikací protierozních opatření dojde vždy kromě snížení ztráty půdy i ke snížení a zpomalení povrchového odtoku a tím i ke zvýšení retenční schopnosti půdy. Dle výsledků této práce lze říci, že protierozní opatření sice nemají dostatečný vliv na zlepšení retenční schopnosti povodí, ale zároveň v této problematice plní nezastupitelnou funkci. Proto vzniká potřeba vhodné kombinace různých opatření.

Na základě získaných informací lze souhlasit s tím, že opatření vedoucí ke zvýšení retenční schopnosti krajiny nejsou samostatně schopna výrazně zvýšit produktivitu hospodaření v suchých oblastech, jako je například zájmové území této práce. Vláhový deficit je větší než potenciální přínos opatření pro zvýšení retence [18]. Z toho vyplývá potřeba zadržet vodu v krajině také jinými typy opatření, zejména technicky (vodní nádrže), v návaznosti na správnou péči o půdu. Zadržování vody v nádržích je nutné

především pro nadlepšování průtoků ve vodních tocích a pro zajištění dodávek pitné vody (v součinnosti s řešením kvality vod, omezením erozního smyvu a transportu splavenin). Pro zemědělství je nezbytné především zadržetí vody v půdě, která může být využita pro rostliny i v déle trvajícím bezdeštném období [18].

V článku „Potenciál aplikace přírodě blízkých opatření pro zadržetí vody v krajině a zlepšení ekologického stavu vodních útvarů“ uvedeném v časopise VTEI uvádí, že protierozní opatření (organizační a agrotechnická) sníží kulminační průtok na 91 %, stejně tak objem odtoku [17]. V této práci vyšlo, že navržená opatření přispějí ke snížení maximálního průtoků na 60 – 75 % současného stavu. U objemu odtoku dochází ke snížení na 75 – 85 %. Další přidanou hodnotou aplikace opatření je zpoždění kulminace o desítky minut.

Výše uvedené práce se shodují na tom, že v problematice sucha je vhodné kombinovat všechny typy opatření, jenž se vzájemně doplňují.

7 ZÁVĚR

V diplomové práci byl vyhodnocen vliv variantně navržených protierozních a protipovodňových opatření. Jednalo se především o změnu užívání krajiny – vyloučení erozně nebezpečných plodin, používání vhodné agrotechnologie, vrstevnicové obdělávání, zatravnění velmi svažitéch částí pozemků, údolnic, ochranných pásů podél vodních toků, případně zasakovací pásy a dále opatření snižující délku pozemku – ochranné hrázky a meze. Tato opatření jsou běžnou součástí návrhu komplexních pozemkových úprav a převážnou část může aplikovat uživatel pozemku, aniž by potřeboval povolení. Základní struktura návrhu byla podmíněna snížením ztráty půdy vlivem vodní eroze na přípustnou hodnotu $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Bylo vytvořeno a posuzováno 76 EHP. Erozní a odtokové poměry byly vyhodnoceny pro současný stav, pro stav budoucí, uvažující zhoršení kvality půdy a dále pro 3 další varianty – KoPÚ, UŽI, TTP. Pro vybrané EHP s uvažováním daného návrhu byly následně spočítány objem přímého odtoku a retence. Tyto údaje byly spočítány pro každý den uvažovaného období, které bylo od února do listopadu, od roku 1981 do 2015. Podkladem pro tento výpočet byla data naměřená v průběhu těchto 35 let na území obce Bulhary. Bylo předpokládáno s podobným uspořádáním srážek. Výpočty byly provedeny ve dvou variantách. Ve variantě první bylo uvažováno s měnícím číslem CN dle indexu předchozí srážky uvažující pětidenní srážkový úhrn. V druhé variantě bylo uvažováno s konstantní hodnotou čísla CN, která odpovídala IPS II. Tato hodnota se v praxi běžně využívá. Dle výsledků práce lze konstatovat, že neuvažování předchozích srážek vede k velkým rozdílům. I na takto suchém území při uvažování IPS je objem odtoku při konečném průměru větší než při konstantním uvažování IPS II.

Navržená opatření snížila ztrátu půdy vodní erozí na přípustnou hodnotu a zároveň podpořila retenční schopnost krajiny. Bohužel, „měkká“ opatření v ploše nezvládnou podpořit retenci dostatečně. Přes zjištěné částečné pozitivní ovlivnění tato opatření půdní sucho neovlivní natolik, aby nedocházelo jak k suchu zemědělskému, tak zejména k suchu hydrologickému. Proto je vhodné budovat například vodní nádrže. Na místě je však důkladnost a důsledné prozkoumání hydrologické bilance. Je nutné si uvědomit, že zbudovaná vodní nádrž ovlivní své okolí.

Vláhu pro rostliny lze zajišťovat i jinými doplňujícími způsoby. Mnohé země jsou na tom se zásobou vody hůře než my. S nedostatkem vody se potýkají již delší dobu, mají proto větší zkušenosti a my se od nich můžeme učit. Například v Srbsku nově zalesňují sterilní písky v suchých oblastech pomocí speciální folie, kterou eliminují konkurenční plodiny spotřebovávající vláhu. Touto metodou, kterou mají patentovanou, dosahují mnohem rychlejšího nárůstu dřevin a zkracují nejkritičtější období růstu, kdy v nižších patrech dřeviny mají silnou konkurenci. I u nás by tato problematika mohla být v následujících letech aktuální. Problémy s kůrovcem, které s sebou nesou kácení lesů, v ČR přetrvávají již několik let.

Všechna doporučení a návrhy ovšem ztrácí smysl, pokud se nezrealizují. Je zapotřebí zmínit nejdůležitější faktor ovlivňující nejen retenci krajiny, faktor lidský. Pro uživatele musí být aplikace opatření motivující. Zatravněné plochy jsou např. pro zemědělce neefektivní, protože trátí na okamžitém výnosu. Neohleduplné zacházení s půdou však může vést k mnohem horším scénářům. Následná ztráta úrodnosti půdy může vést k fatálním škodám, které budou hůře napravitelné.

8 POUŽITÉ ZDROJE A LITERATURA

- [1] HOLÝ, Miloš. *Eroze a životní prostředí*. Praha: České vysoké učení technické, 1994. ISBN 80-01-01078-3.
- [2] JANEČEK, Miloslav. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: ČZU, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.
- [3] Základní data o obci. *Mutěnice oficiální web vinařské obce* [online]. [cit. 2017-12-31]. Dostupné z: <http://mutenice.cz/zakladni-data-o-obci/>
- [4] SMRČEK, Lubomír, ed. *Eroze půdy a protierozní ochrana půdy: sborník ze semináře*. Praha: Institut vzdělávání v zemědělství, 2011. ISBN 978-80-87262-11-5.
- [5] ČHMÚ: *Sucho* [online]. [cit. 2017-12-31]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/sucho>
- [6] ČHMÚ: *Evidenční list hlásného profilu č.403* [online]. [cit. 2018-01-02]. Dostupné z: http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_prfbk_detail.php?seq=307009
- [7] VYHLÁŠKA č. 546/2002, kterou se mění vyhláška č. 327/1998 Sb., kterou se stanoví charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup pro jejich vedení a aktualizaci. Praha, 2002
- [8] DUMBROVSKÝ, Miroslav. *Geografické informační systémy*. Brno, 2009.
- [9] HRÁDEK, František a Karel KUŘÍK. *Maximální odtok z povodí: teorie svahového odtoku a hydrologický model DesQ-MAX Q*. Praha: Credit, 2001. ISBN 80-213-0782-X.
- [10] STARÝ, Miloš. *Hydrologie*. Studijní opora M01. Brno: VUT. 2005
- [11] *Rizika ve vodním hospodářství 2007: sborník příspěvků :[Brno 26.-27.11.2007]*. Brno: ECON publishing, 2007. ISBN 978-80-86433-43-1.
- [12] MÁCHOVÁ, Jana a Petr HOVORKA. *Protipovodňová opatření: metodika*. Vodňany: Střední rybářská škola a Vyšší odborná škola vodního hospodářství a ekologie, 2013. ISBN 978-80-87096-17-8.
- [13] KADLEC, M, TOMAN, F. Závislost faktoru protierozní účinnosti vegetačního pokryvu (c) na klimatickém regionu, Česko-slovenská bioklimatologická konference, Lednice na Moravě 2.-4. září 2002, ISBN 80-85813-99-8, s. 544-550
- [14] MATOUŠEK, Václav a Petr HOVORKA. *Poznávání odtokových vlastností malých povodí za regionálních dešťů: metodika*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2010. ISBN 978-80-87402-08-5.
- [15] MILERSKI, Rudolf. *Vodohospodářské stavby*. Studijní opora M04. Brno: VUT. 2005
- [16] *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2015, 57(4-5). ISSN 0322-8916.
- [17] *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2017, 59(4). ISSN 0322-8916.

- [18] TRNKA, Miroslav., a kol. *Generel vodního hospodářství krajiny České republiky*: Praha: SPÚ, 2014-2017
- [19] Intersucho. *Intersucho* [online]. Ústav výzkumu globální změny AV ČR, 2017 [cit. 2017-12-31]. Dostupné z: <http://www.intersucho.cz>
- [20] MORGAN, R. P. C. *Soil erosion and conservation*. 3rd ed. Malden, MA: Blackwell Pub., 2005. ISBN 14-051-1781-8.
- [21] ČSN 75 0110. *Vodní hospodářství – Terminologie hydrologie a hydrogeologie*. 2010.
- [22] ČSN 75 0101. *Vodní hospodářství – základní terminologie*. 2003.
- [23] KULHAVÝ, Zbyněk. DOLEŽAL, František. a SOUKUP, Mojmír. *Separace složek drenážního odtoku a její využití při klasifikaci existujících drenážních systémů*. Vědecké práce VÚMOP. Praha: VÚMOP, 2001,
- [24] KUTÍLEK, Miroslav., *Vodohospodářská pedologie*. SNTL/ALFA, Praha, Bratislava, 1978,
- [25] CHMELOVÁ, R. *Historická a environmentální analýza změn využití krajiny a jejich vliv na odtokové poměry v povodí*. Ostrava, 2006. 126 s. Disertační práce. Ostravská univerzita, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie
- [26] PAVLÍK, František. *Kvantifikace přirozené vodní retenční schopnosti krajiny ve vybraných povodích*. Brno, 2014. 140 s. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny.
- [27] ZÁKON č. 254/2001 Sb. ze dne 28. června 2001 o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)
- [28] *Centrální evidence vodních toků* [online]. [cit. 2018-01-02]. Dostupné z: http://voda.gov.cz/mapsphere/MapWin.aspx?M_Site=mze&M_Lang=cs
- [29] DUMBROVKÝ, Miroslav a Rudolf MILERSKI. *Vodní hospodářství krajiny II*. FAST VUT Brno, 2005. 117 s
- [30] KAPINUSOVÁ, Lea. *Komplexní pozemkové úpravy v katastrálním území Jevišovice: Plán společných zařízení – Základní část dokumentace PSZ*. Brno, 2017.
- [31] *Vláhová kalkulačka: webová aplikace* [online]. VÚMOP, 2017 [cit. 2017-12-31]. Dostupné z: <https://kalkulacka.vumop.cz/vlaha/?zoom=0&er=-737835.4923376513,-1024148.8866311065>
- [32] *Mapy - WMS služby. Národní geoportál INSPIRE*. [Online]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/wms/>.

8.1 MAPOVÉ PODKLADY

Základní mapa 1:50 000

(Získané z: http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM50_PUB/WMSservice.aspx?)

Ortofotomapa ČR (Získané z:

http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM50_PUB/WMSservice.aspx?)

Povrchové vodní toky, vodní nádrže a záplavová území

(Získané z: <http://www.dibavod.cz/index.php?id=27>)

Půdní bloky LPIS (Získané z: <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny/>)

Mapa BPEJ (Získané z: <http://www.spucr.cz/bpej/celostatni-databaze-bpej>)

Geologická mapa

(Získané z: <http://mapy.geology.cz/arcgis/services/Geologie/geocr50/MapServer/WmsServer?>)

Půdní mapa ČR

(Získané z: http://geoportal.gov.cz/ArcGIS/services/CENIA/cenia_typy_pud/MapServer/WMSserver?)

Výškopis (Získané ze Základní báze geografických dat ČR – ZABAGED)

Naměřené srážkové úhrny Získané od Ústavu výzkumu globální změny – CzechGlobe

8.2 POUŽITÝ SOFTWARE

ArcGIS 10.2.

Desq-MaxQ 6.0

Microsoft Office aplikace EXCEL 2016

LS-converter

USLE 2D

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ

AGT	agrotechnické opatření
aj.	a jiné
apod.	a podobně
BPEJ	bonitované půdně ekologické jednotky
BZ	varianta „Bez změny“
CENIA Czech	Environmental Information Agency
CEVT	Centrální evidence vodních toků
CN	Curve number (číslo odtokových křivek)
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČHP	číslo hydrologického pořadí
ČR	Česká republika
DMT	digitální model terénu
EHP	erozně hodnocený pozemek
HLGP-CHAR	označení hydrologického povodí
HPJ	hlavní půdní jednotka
HSP	hydrologická skupina půd
char.	charakteristika
IPS	index přechozích srážek
KB	kritický bod
k.ú.	katastrální území
KoPÚ	Komplexní pozemková úprava
LPIS	Land Parcel Identification System (Registr využití půdy)
např.	například
obd.	období
ozn.	označení
Pi	povodí, i=1-3
PM	protierozní mez
PEO	protierozní opatření
prům.	průměrný
PV	povodňová vlna
Sb.	Sbírka
SDSO	stabilizace drah soustředěného odtoku
SPÚ	Státní pozemkový úřad
SS	varianta „Současný stav“
tj.	to je
TTP	trvalý travní porost
tzn.	to znamená
USLE	universal soil loss equation (univerzální rovnice ztráty půdy)
ÚSES	územní systém ekologické stability
UŽI	varianta „Uživatel“
var.	varianta
veg.	vegetační
VENP	vyloučení erozně nebezpečných plodin
vláh.	vláhová
VIN	navržení nových vinic

VT	velmi teplý klimatický region
VTi	vodní tok, $i = 1 - 15$
VTEI	Vodohospodářské technicko-ekonomické informace
VÚMOP, v.v.i.	Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i.
VÚV TGM, v. v.i.	Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.
v.v.i.	veřejná výzkumná instituce
vyv.	vyvolaná
ZAPAS	zasakovací pás
ZATR	zatravnění
ZM	základní mapa

veličina	název	jednotka
A	potenciální retence	[mm]
C	faktor ochranného vlivu vegetace	[MJ.ha ⁻¹ .cm.h ⁻¹]
G	průměrná dlouhodobá ztráta půdy	[t/ha/rok]
g	drsnostní charakteristika	[sec]
H_s	úhrn návrhového deště	[mm]
H_o	přímý odtok	[mm]
H_{1d100}	1-denní max. sráž. úhrn pro $N=100$	[mm]
I_s	průměrný sklon svahu	[%]
I_u	průměrný sklon údolnice	[%]
K	faktor náchylnosti půdy k erozi	[-]
l	horizontální projekce délky svahu	[m]
L	faktor délky svahu	[-]
L_u	délka údolnice	[km]
m	exponent sklonu svahu	[-]
N	průměrná doba opakování	[roky]
P	faktor účinnosti protierozních opatření	[-]
R	faktor erozní účinnosti deště	[-]
S	faktor sklonu svahu	[-]
O_{pH}	objem přímého odtoku	[m ³]
P_p	plocha povodí	[km ²]
P_s	plocha svahu	[km ²]
Q_{max}	maximální průtok	[m ³ /s]
W_{PVT}	objem povodňové vlny	[m ³]
$W_{PVT,1d}$	objem povodňové vlny vyvolaný H_{1d20}	[m ³]
θ	úhel sklonu svahu	[rad; m/m]

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Srážkoodtokový proces v povodí [10].....	14
Obrázek 2 Hydrologická a hydraulická transformace [10]	14
Obrázek 3 Schéma složek odtoku [21]	15
Obrázek 4 Sezónní cyklus dešťových srážek, vegetačního pokryvu a eroze v mírném klimatu [20].....	20
Obrázek 5 Mapa regionalizovaného R faktoru (ČHMÚ – MŽP)	23
Obrázek 6 Vliv obsahu vody v půdě na změnu čísla odtokové křivky (CN) [2]	27
Obrázek 7 Přehledná mapa	28
Obrázek 8 Sklonitostní poměry	29
Obrázek 9 Geomorfologické členění ČR – okrsky [32]	30
Obrázek 10 Geologické poměry	31
Obrázek 11 Půdní typy	32
Obrázek 12 HPJ.....	33
Obrázek 13 HSP	36
Obrázek 14 Mapa hydrologických poměrů.....	37
Obrázek 15 Využití půdy na řešeném území	40
Obrázek 16 Vybrané EHP	41
Obrázek 17 Ztráta půdy vodní erozí – varianta „SS“	46
Obrázek 18 Ztráta půdy vodní erozí – varianta „BZ“	48
Obrázek 19 Návrh opatření u varianty „KoPÚ“	51
Obrázek 20 Ztráta půdy vodní erozí po návrhu opatření „KoPÚ“	54
Obrázek 21 Návrh opatření ve variantě „UŽI“	56
Obrázek 22 Ztráta půdy vodní erozí po návrhu „UŽI“	60
Obrázek 23 Ztráta půdy vodní erozí po návrhu „TTP“	62
Obrázek 24 CN – současný stav.....	63
Obrázek 25 Relativní nasycení půdního profilu 5.2.2017 [19]	93
Obrázek 26 Relativní nasycení půdního profilu 6.8.2017 [19]	93
Obrázek 27 Relativní nasycení půdního profilu 5.11.2017 [19]	93

11 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Kategorie erozní ohroženosti dle hodnoty dlouhodobé průměrné ztráty půdy [5]	23
Tabulka 2 Průměrné roční hodnoty faktoru C pro jednotlivé klimatické regiony [13].....	24
Tabulka 3 Rozdělení skupin IPS dle úhrnu srážek za 5 dní [2].....	27
Tabulka 4 Základní údaje o obci [3]	28
Tabulka 5 Sklonitost	29
Tabulka 6 Geomorfologické členění [32].....	30
Tabulka 7 HSP [2].....	35
Tabulka 8 Příslušný klimatický region [7].....	36
Tabulka 9 Meteorologické údaje [3].....	36
Tabulka 10 Povodí IV. řádu v zájmovém území a příslušné vodní nádrže	38
Tabulka 11 Povodí IV. řádu v zájmovém území a příslušné vodní toky.....	39
Tabulka 12 Povodí IV. řádu bez vodních toků a nádrží	39
Tabulka 13 Seznam vybraných EHP	42
Tabulka 14 Faktor C a P použitý pro daná opatření	50
Tabulka 15 Návrh protierozních osevních postupů [30].....	50
Tabulka 16 Plošné zastoupení jednotlivých opatření - „KoPÚ“	51
Tabulka 17 Výkaz výměr jednotlivých plošných opatření konkretizovaných na dané EHP – „KoPÚ“	52
Tabulka 18 Výkaz výměr jednotlivých liniových opatření konkretizovaných na dané EHP – „KoPÚ“	53
Tabulka 19 Faktor C a P použitý pro daná opatření	56
Tabulka 20 Plošné zastoupení jednotlivých opatření - „UŽI“	57
Tabulka 21 Výkaz výměr jednotlivých plošných opatření konkretizovaných na dané EHP – „UŽI“	58
Tabulka 22 Výkaz výměr jednotlivých plošných a liniových opatření konkretizovaných na dané EHP	59
Tabulka 23 Určení kódu daného využití území a určení čísla CN [2]	63
Tabulka 24 Ztráta půdy vodní erozí pro vybrané varianty a změna v hodnotě CN	66
Tabulka 25 Objem přímého odtoku z EHP za období únor – listopad, varianta „s IPS“	69
Tabulka 26 Objem přímého odtoku z EHP za období únor – listopad, varianta „IPS II“....	72
Tabulka 27 Porovnání účinností dle způsobu uvažování IPS	74
Tabulka 28 Vstupní veličiny pro výpočet v DesQ-MaxQ pro povodí KB1	81
Tabulka 29 Maximální průtok a objem povodňové vlny při dané N-letosti a variantě – KB1	81
Tabulka 30 Vstupní veličiny pro výpočet v DesQ-MaxQ pro povodí KB2	84
Tabulka 31 Maximální průtok a objem povodňové vlny při dané N-letosti a variantě – KB2	84
Tabulka 32 Vstupní veličiny pro výpočet v DesQ-MaxQ pro povodí KB3	87
Tabulka 33 Maximální průtok a objem povodňové vlny při dané N-letosti a variantě – KB3	87

12 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Zastoupení HSP na řešeném území.....	35
Graf 2 Druh pozemku na řešeném území.....	40
Graf 3 ID uživatele na řešeném území.....	40
Graf 4 Způsob využití půdy na zvolených EHP	45
Graf 5 Histogram ztráty půdy vodní erozí k variantě „SS“	47
Graf 6 Histogram ztráty půdy vodní erozí k variantě „BZ“	49
Graf 7 Plošné zastoupení jednotlivých opatření - „KoPÚ“	51
Graf 8 Porovnání ztráty půdy vlivem vodné eroze – varianta „SS“ a „KoPÚ“	54
Graf 9 Histogram ztráty půdy vodní erozí k variantě „KoPÚ“	55
Graf 10 Plošné zastoupení jednotlivých opatření – „UŽI“	57
Graf 11 Porovnání ztráty půdy vlivem vodní eroze – varianta „SS“ a „UŽI“	60
Graf 12 Histogram ztráty půdy vodní erozí k variantě „UŽI“	61
Graf 13 Srážkový úhrn v průběhu let 1981 – 2015	64
Graf 14 Změna hodnot CN křivky dle předchozích srážek [18]	65
Graf 15 Variantní porovnání objemu přímého odtoku – „s IPS“	71
Graf 16 Variantní porovnání objemu přímého odtoku – „IPS II“	74
Graf 17 Variantní porovnání objemu přímého odtoku ze zájmového území.....	75
Graf 18 Srážkový úhrn a přímý odtok v letech 1981 až 2015 pro měsíc duben.....	75
Graf 19 Srážkový úhrn a přímý odtok v letech 1981 až 2015 pro měsíc květen	76
Graf 20 Srážkový úhrn a přímý odtok v letech 1981 až 2015 pro měsíc červen	76
Graf 21 Srážkový úhrn a přímý odtok v letech 1981 až 2015 pro měsíc červenec	77
Graf 22 Srážkový úhrn a přímý odtok v letech 1981 až 2015 pro měsíc srpen	77
Graf 23 Srážkový úhrn a přímý odtok v letech 1981 až 2015 pro měsíc září.....	78
Graf 24 Srážkový úhrn a přímý odtok v letech 1981 až 2015 pro měsíc říjen	78
Graf 25 Objem přímého odtoku v průběhu roku z jednoho hektaru orné půdy (CN=88) 79	
Graf 26 O_{pH} z 1 ha – porovnání současného stavu a stavu s PEO u varianty „s IPS“	80
Graf 27 O_{pH} z 1 ha – porovnání současného stavu a stavu s PEO u varianty „IPS II“	80
Graf 28 Zadržovaný objem v krajině při aplikaci PEO – porovnání variant	80
Graf 29 Hydrogram povodňové vlny P1, N=100	82
Graf 30 Hydrogram povodňové vlny P1, N=50.....	82
Graf 31 Hydrogram povodňové vlny P1, N=20.....	83
Graf 32 Hydrogram povodňové vlny P1, N=10.....	83
Graf 33 Hydrogram povodňové vlny P1, N=5.....	83
Graf 34 Hydrogram povodňové vlny P2, N=100	85
Graf 35 Hydrogram povodňové vlny P2, N=50.....	85
Graf 36 Hydrogram povodňové vlny P2, N=20.....	86
Graf 37 Hydrogram povodňové vlny P2, N=10.....	86
Graf 38 Hydrogram povodňové vlny P2, N=5.....	86
Graf 39 Hydrogram povodňové vlny P3, N=100	88
Graf 40 Hydrogram povodňové vlny P3, N=50.....	88
Graf 41 Hydrogram povodňové vlny P3, N=20.....	88

Graf 42 Hydrogram povodňové vlny P3, N=10.....	89
Graf 43 Hydrogram povodňové vlny P3, N=5.....	89
Graf 44 Variantní porovnání vláhové potřeby kukuřice na zrno a retence typového pozemku	90
Graf 45 Variantní porovnání vláhové potřeby vojtěšky seté (1.rok) a retence typového pozemku	90
Graf 46 Variantní porovnání vláhové potřeby vojtěšky seté (2.rok) a retence typového pozemku	91
Graf 47 Variantní porovnání vláhové potřeby jetelotravní směsi (1.rok) a retence typového pozemku.....	91
Graf 48 Variantní porovnání vláhové potřeby jetelotravní směsi (2.rok) a retence typového pozemku.....	91
Graf 49 Porovnání vláhové potřeby vinice a retence typového pozemku	92