



PŘÍPRAVA LISTŮ OPATŘENÍ TYPU A LOKALIT PLOŠNÉHO ZEMĚDĚLSKÉHO ZNEČIŠTĚNÍ PRO PLÁNY DÍLČÍCH POVODÍ

ETAPA M

- **Etapa (M):**
Tvorba listů opatření typu A pro vybrané kategorizované lokality způsobující plošné zemědělské znečištění pro dílčí povodí Horní Vltavy, Berounky, Dolní Vltavy, ostatních přítoků Dunaje a subpovodí Želivky, k omezení plošného zemědělského znečištění ze ZPF.

Dle Smlouvy o dílo č. 1886/2015-SML, ze dne 23. 11. 2015 a dodatku č. 2 ze dne 23. 6. 2017

Termín plnění: 30. 6. 2019

Zpracovali:

České vysoké učení technické v Praze



DHI a.s.



Sweco Hydroprojekt a.s.



Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.



Výzkumný ústav meliorací
a ochrany půdy, v.v.i.

Výzkumný ústav vodohospodářský, T. G. Masaryka,
veřejná výzkumná instituce



Praha, červen 2019

Řešitelský kolektiv:

ČVUT v Praze

Tomáš Dostál

Josef Krása

Miroslav Bauer

Barbora Jáchymová

Jan Devátý

DHI a.s.

Pavel Tachecí

Marek Mařa

Sweco Hydroprojekt a.s.

Martin Pavel

Vladimír Burian

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

Antonín Zajíček

Petr Fučík

Tomáš Hejduk

Markéta Kaplická

Jana Maxová

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce

Pavel Rosendorf

OBSAH

1.	Úvod	8
2.	Principy výběru lokalit vhodných pro návrhy opatření	9
2.1	Kritický bod.....	9
2.2	Kategorizace lokalit z hlediska povrchových zdrojů znečištění.....	10
2.3	Kategorizace lokalit z hlediska podpovrchových zdrojů znečištění.....	11
3.	Koncepce a postup navrhování ochranných opatření.....	13
4.	Přehled navržených opatření	16
5.	Návrhy protierozních opatření.....	19
5.1	Výběr povodí IV. řádu pro návrh PEO.....	19
5.2	Navrhovaná PEO	19
5.3	Popis implementovaných PEO do modelu WaTEM/SEDEM	21
5.4	Liniová opatření.....	22
5.4.1	Prvky přerušující povrchový odtok	22
5.4.2	Prvky modelované jako nové úseky vodního toku.....	24
5.4.3	Prvky modelované jako nové úseky vodního toku s ochranným zatravněním ..	26
5.4.4	Prvky, které nebyly do modelu implementovány.....	28
5.5	Plošná opatření	28
5.5.1	Prvky implementované jako změna využití území	28
5.5.2	Záchytné prvky na hydrografické síti a v ploše povodí	30
5.6	Bodová opatření.....	32
5.7	Vyhodnocení účinnosti navržených PEO	32
5.8	Vyhodnocení účinnosti PEO z hlediska transportu splavenin do hydrografické sítě... 33	
5.8.1	Účinnost 1 - odtok splavenin z uzávěrového profilu povodí IV. řádu	34
5.8.2	Účinnost 2 – vstup splavenin z plochy povodí do stávající hydrografické sítě .	36
5.8.3	Účinnost 3 – množství erodovaného (uvolněného) materiálu v ploše povodí ...	38
5.9	Vyhodnocení účinnosti PEO z hlediska transportu erozního fosforu do hydrografické sítě.....	40
5.9.1	Účinnost 1 – odtok erozního fosforu uzávěrovým profilem povodí IV. řádu	40
5.9.2	Účinnost 2 – vstup erozního fosforu do stávající hydrologické sítě	42
5.10	Příčiny nízké účinnosti navrženého systému PEO na celkový odtok splavenin a erozního fosforu z povodí IV. řádu	44
5.11	Celková účinnost v uzávěrovém profilu povodí Vlašimské Blanice, uzávěrový profil Radonice	47
5.12	Efektivita dílčích PEO a jejich soustav	48

5.13	Dílčí shrnutí.....	53
6.	Opatření omezující znečištění z podpovrchových zdrojů	54
6.1	Výběr povodí IV. řádu pro návrh opatření na systémech odvodnění.....	54
6.2	Popis navrhovaných opatření na podpovrchových zdrojích znečištění.....	54
6.3	Vyhodnocení účinnosti navržených opatření	56
7.	Bilanční simulace modelovým prostředkem MIKE BASIN	68
8.	Listy opatření typu A – charakteristika a popis.....	73
8.1	Finanční analýza.....	75
8.2	Ekonomická analýza.....	75
9.	Rekapitulace a závěr.....	80
10.	Seznam tabulek.....	83
11.	Seznam obrázků.....	84
12.	Seznam literatury.....	85
13.	Seznam příloh.....	85

Seznam použitých zkratk a symbolů

C faktor	Crop faktor (faktor ochranného účinku vegetace)
CBA	Cost-Benefit Analysis (analýzy nákladů a užitků)
ČOV	Čistírna Odpadních Vod
HOZ	Hlavní Odvodňovací Zařízení
MZe	Ministerstvo Zemědělství
MŽP	Ministerstvo Životního Prostředí
N	dusík
NL	Nerozpuštěné Látky
N-NO3	dusičnanový dusík
N-NH4	amoniakální dusík
OPŽP	Operační Program Životní Prostředí
Pcelk	celkový fosfor
PEO	ProtiErozní Opatření
P-PO4	fosforečnanový fosfor
USLE	Universal Soil Loss Equation
WaTEM/SEDEM	WaterandTillageErosionModel/SEdimentDELiveryModel
VT	Vodní Tok
VN	Vodní Nádrž
VÚMOP, v.v.i	Výzkumný Ústav Meliorací a Ochrany Půdy, veřejná výzkumná instituce
ZPF	Zemědělský půdní fond

TEXTOVÁ ČÁST

1. Úvod

Etapa M je závěrečnou etapou projektu, který byl zahájen v roce 2015 a jehož úkolem bylo v prvních fázích vytvořit unikátní metodiku pro identifikaci plošných zdrojů znečištění vod v povodí Vltavy, v dalším kroku pak identifikovat nejvýznamnější z nich a nejohroženější části území – jak co do zdrojů, tak co do ohrožených vodních toků a nádrží. Následně pak kvantifikovat vnos znečištění z plošných zdrojů do vodních toků a provést návrh efektivních opatření.

Každá z etap projektu byla podrobně popsána a shrnuta v samostatné zprávě. Řešení zpočátku probíhalo odděleně pro zdroje znečištění povrchové (povrchový odtok, erozní splaveniny a erozní fosfor) a zdroje podpovrchové (drenážní odtok, celkový dusík). Následně proběhla syntéza obou postupů a řešení bylo sumarizováno ve fázi celkové klasifikace jednotlivých povodí IV. řádu a výběru, kam byla následně navrhována ochranná opatření. Výběr povodí pro návrh opatření jednak zahrnoval ta nejrizikovější (z hlediska transportu znečištění povrchovým a podpovrchovým odtokem) a dále ta s vysokým potenciálem zlepšení retence vody a její kvality a to tak, aby opatření, resp. jejich systémy, byly navrženy s optimální, resp. co nejvyšší účinností, pokud možno v hydrologicky souvislém území. Výběr povodí také zahrnoval, pro ověření správnosti výpočtu, výsledky monitoringu kvality povrchových a drenážních vod, který proběhl v rámci tohoto projektu v letech 2017-2018. Ten spočíval v podrobných terénních kampaních, zaměřených na sledování stop po erozních jevech a povrchovém odtoku, funkčnosti drenážních systémů a odtokových a jakostních charakteristikách drenážních vod, především v povodí Sázavy.

Celé povodí Vltavy bylo tedy klasifikováno z hlediska produkce plošného znečištění a z hlediska ohrožení vodních zdrojů. Podle této kategorizace a dle potenciálu zlepšení byla následně vybrána povodí IV. řádu a subpovodí, ve kterých byla navržena ochranná opatření formou listů opatření typu A. Ze strany zadavatele byl požadován návrh ochranných opatření v počtu 3 000, přičemž ze strany řešitelského týmu byl proveden návrh 3 440 ochranných opatření, která mají za cíl snížit transport plošného znečištění ze zemědělských pozemků, a to z povrchového i podpovrchového odtoku, do vodních toků a nádrží.

Pro návrhy opatření bylo z důvodu efektivity návrhů zvoleno povodí Sázavy a zejména povodí vlašimské Blanice, ve kterém byly identifikovány výše uvedené rizikové hydrologické jednotky ve značném zastoupení. Dále byl návrh opatření realizován v některých navazujících vodních útvarech vodního toku Sázavy - viz Obr. č. 1.

V rámci předchozích etap projektu byl sestaven a optimalizován katalog ochranných opatření, z nichž pak byla opatření v rámci listů opatření typu A navrhována. Katalog zahrnuje opatření k omezení jak povrchových tak podpovrchových zdrojů znečištění při akcentování zvýšení retence vody v povodí. Zpracovaný katalog přináší z hlediska ČR i zahraničí inovativní podklad pro navrhování biotechnických opatření na zemědělské půdě a v její návaznosti, neboť jednak uvádí přehled opatření pro snížení povrchového i podpovrchového odtoku, vč. hodnocení jejich účinnosti na vodní režim a jakost vod, ale hlavně přichází s tzv. systémy opatření, tedy vhodnými kombinacemi různých typů opatření ve vzájemné návaznosti.

V rámci etapy M byly také provedeny vzorové návrhy na několika vytipovaných ohrožených povodích IV. řádu pro posouzení jejich účinnosti, resp. nákladů v přínosů. Pro navržená opatření byly pomocí matematických modelů znovu kvantifikovány transporty erozních produktů a dusičnanového dusíku do hydrografické sítě a dále vodními toky do vodních nádrží. Navržená opatření a jejich efektivita byla následně hodnocena pomocí CBA.

Náplní závěrečné etapy M bylo jednak navrhnout a zpracovat 3 000 listů opatření typu A (navrženo a zpracováno bylo 3 440) pro nejvíce ohrožené oblasti povodí Vltavy a pro vybraná navržená opatření následně pomocí kalibrovaných matematických modelů posoudit jejich efektivitu. V případě nízkého ochranného efektu byl návrh upraven tak, aby bylo dosaženo optimální účinnosti.

2. Principy výběru lokalit vhodných pro návrhy opatření

2.1 Kritický bod

Pro určení bodů a lokalit přispívajících ke znečištění recipientů plošným zemědělským znečištěním z povrchových i podpovrchových zdrojů byla použita metoda kritických bodů (Kvítek, 2015). Pojem kritický bod je převzat z anglického systému HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) a je široce užíván v mnoha oblastech, zejména v potravinářství a ochraně vodních zdrojů, a definuje body, ve který s největší pravděpodobností může dojít ke kontaminaci potravního řetězce, resp. vodního zdroje. Z hlediska zdrojů plošného zemědělského znečištění byl kritický bod (KB) definován jako průnik povrchového či drenážního odtoku s recipientem. Ke každému kritickému bodu byla dále vymezena jeho přispívající plocha a kategorizována z hlediska ohrožení plošným zemědělským znečištěním.

Vzhledem ke skutečnosti, že řešení projektu probíhalo paralelně pro povrchové (část A) a podpovrchové (část B) zdroje znečištění, kritické body a jejich přispívající plochy byly v rámci řešení projektu kategorizovány odděleně.

V rámci řešení tohoto projektu byly KB vymezeny ve třech prostorových úrovních. Jako nejvyšší úroveň (KB A1 a KB B1) byly definovány uzávěrové profily vodních útvarů (VÚ) a jako přispívající lokality jejich povodí. V zájmovém území bylo v této prostorové úrovni definováno celkem **383** kritických bodů a k nim příslušných povodí v kategorii vodní útvar (označeno A1 a B1).

Prostřední prostorovou úroveň představují v tomto projektu kritické body úrovně KB A2 a KB B2, které byly definovány jako uzávěrové profily povodí IV. řádu a jejich přispívající plocha jako plocha dotčeného povodí. Celkem bylo v této prostorové úrovni vymezeno a **2 941** kritických bodů a k nim příslušných povodí v kategorii povodí IV. řádu (označeno A2 a B2), které byly dále kategorizovány.

Kritické body a lokality dvou nejvyšších úrovní byly vymezeny stejným způsobem a jsou tedy společné pro řešení povrchových i podpovrchových zdrojů znečištění. Naopak KB nejnižší úrovně (KB A3 a KB B3) byly definovány pro oba typy znečištění rozdílně. Vzhledem k odlišnosti principu řešení části za povrchový a podpovrchový odtok je počet bodů a subpovodí kategorie B3 nižší než počet bodů A3, nicméně platí, že každý bod B3 je zároveň bodem A3). Stejně tak v rámci uvedené struktury platí, že každý bod kategorie A1 je současně i bodem kategorií A2 a A3 a každý bod kategorie A2 je současně i bodem kategorie A3.

Kritické body úrovně A3 a B3 jejich přispívající plochy představují nejmenší řešené prostorové jednotky v krajině. Pro úroveň A3 představují tyto body všechny soutoky

jakýchkoliv dvou vodních toků, vstupy vodních toků do vodních nádrží a jejich odtoky z vodních nádrží a další důležité body na vodních tocích. Tímto způsobem bylo v zájmovém území definováno **116 611** kritických bodů kategorie A3. Kritické body úrovně B3 byly definovány jako uzávěrové profily subpovodí o velikosti přibližně 50 ha, která jsou typicky odvodňována jednou drenážní skupinou. Tyto body a lokality byly definovány pouze v rámci vodních útvarů, které byly vyhodnoceny jako ohrožené podpovrchovými zdroji znečištění. Celkem bylo kategorizováno **12 819** subpovodí kritických bodů úrovně KB 3.

2.2 Kategorizace lokalit z hlediska povrchových zdrojů znečištění

Výpočet vstupu a transportu povrchového plošného znečištění (erozních splavenin a erozního fosforu) do hydrografické sítě a touto sítí pak dále byl proveden následujícím způsobem:

K výpočtům je využit matematický simulační model WATEM/SEDEM. Jedná se o plně distribuovaný semi - empirický model pracující v kontinuálním režimu. Model počítá v rastru zvoleného rozlišení pro každý element hodnotu průměrné roční ztráty půdy pomocí rovnice USLE a porovnává ji s transportní kapacitou povrchového odtoku. Tím je určena jednak ztráta půdy a jednak depozice uvolněných částic v každém elementu. Pro prezentovaný výpočet byl použit na základě předchozích zkušeností optimální rastr 10x10 m.

Model řeší trajektorii povrchového odtoku moderním přístupem více - směrného dělení odtoku v závislosti na morfologii povrchu.

Pomocí modelu byl vypočten transport erozních splavenin do vodních toků, kterými je pak transportován dále ve směru proudění.

Jako redukce transportovaných erozních splavenin v hydrografické síti se uplatňují pouze vodní nádrže, u nichž je jednotlivě pro každou zvlášť určen poměr zachycení, vycházející z dlouhodobé průměrné doby zdržení. Zachycení transportovaných erozních splavenin ve vodních tocích je v dlouhodobé bilanci zanedbáno, protože se předpokládá redepozice sedimentu směrem po toku při následujících srážko-odtokových událostech. V řešené oblasti se navíc nevyskytují velké vodní toky, na nichž probíhá kontinuální těžba sedimentu. Hydrografická síť včetně vodních nádrží je sjednocena do podoby orientovaného grafu a erozní splaveniny jsou touto sítí posouvány a bilancovány od uzlu k uzlu. Jejich celkový objem je redukován v každé jednotlivé vodní nádrži v závislosti na její teoretické době zdržení (poměr celkového ročního proteklého množství vody a objemu nádrže).

Pro každý uzel sítě (v případě tohoto projektu tedy pro každý kritický bod úrovně A3 a tedy i A2 a A1) je tak známa bilance ročního průměrného transportu erozních splavenin, procházejících daným bodem.

Velmi podobný výpočet je následně proveden i pro erozní fosfor. U něj se vychází z průměrné koncentrace celkového fosforu v půdách, převzatého z databáze AZPP. V závislosti na celkové ztrátě půdy (bez depozice) je pro každý element vypočtena hodnota poměru obohacení. Zjištěným poměrem obohacení je pak upraveno celkové množství fosforu, transportované ve vazbě na půdní částice.

Jak erozní splaveniny, tak erozní fosfor jsou pak bilancovány k uzlům sítě subpovodí (kritické body úrovně A3), dále pak k uzávěrovým profilům povodí IV. řádu (kritické body úrovně A2) a k uzávěrovým profilům vodních útvarů (kritické body úrovně A1).

Primárně jsou hodnoty získávány jako kumulativní ($t.\text{rok}^{-1}$), pro lepší srovnání je možno je prezentovat rovněž jako poměrné ($t.\text{ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$).

Hlavním výsledkem řešení transportu plošného znečištění z povrchových zdrojů je komplexně sestavený model celého zájmového území, kde každému elementu výpočetní sítě v rozlišení 10x10 m jsou přiřazeny 4 výstupní hodnoty:

- Vstup erozních splavenin z plochy dílčího povodí příslušné úrovně do vodního toku nebo nádrže.
- Vstup erozního fosforu z plochy dílčího povodí příslušné úrovně do vodního toku nebo nádrže.
- Transport erozních splavenin ze zemědělské půdy daným kritickým bodem – kumulativní hodnota (zahrnuje v sobě příspěvky všech výše ležících dílčích povodí).
- Transport erozního fosforu ze zemědělské půdy daným kritickým bodem – kumulativní hodnota (zahrnuje v sobě příspěvky všech výše ležících dílčích povodí).

Tyto hodnoty jsou pak vztaženy k sadám kritických bodů = uzávěrových bodů dílčích subpovodí všech tří řešených prostorových úrovní A1 – A3.

Zatímco detailní měřítko, popisované v úrovni subpovodí (A3) může sloužit pro přesné adresování kompenzačních opatření navrhovaných v listech opatření typu A, přehledové měřítko A2 a A1 může být použito zejména pro možné bilancování, všeobecnou prostorovou orientaci a pak zejména pro prokazování efektu navržených opatření.

Absolutní hodnoty vstupu i transportu erozních splavenin a fosforu mohou být (díky použitým metodám i zdrojovým datům) zatíženy určitou chybou a zároveň se jejich absolutní hodnoty vyznačují značným rozptylem. Proto byly veškeré výsledky klasifikovány do pětistupňové škály od kategorie 1 (zanedbatelné riziko), až po kategorii 5 (velmi vysoké riziko). Veškeré další hodnocení je pak prováděno již pro výstupy převedené do této jednotné klasifikace.

Výsledky této kategorizace jsou veřejně dostupné na webové prohlížečce na adrese <https://atlaspv1.vumop.cz/>

2.3 Kategorizace lokalit z hlediska podpovrchových zdrojů znečištění

Výběr lokalit ohrožených z hlediska plošného podpovrchového odtoku byl provedeno primárně v rámci vodních útvarů (VÚ), vybraných jako kritické lokality úrovně B1 ohrožené podpovrchovým znečištěním na základě dat monitoringu, vyhodnoceného VÚV TGM. Celkem bylo kategorizováno 138 VÚ a do nich spadajících 1 119 povodí IV. řádu. Kategorizace lokalit úrovně B2 (povodí IV. řádu) byla provedena pro celé území povodí Vltavy (za účelem provedení syntézy zranitelnosti území znečištěním z povrchových i podpovrchových zdrojů). Takto bylo kategorizováno 2 901 lokalit úrovně B2. Plošné jednotky úrovně B 3, tedy subpovodí o velikost desítek ha byly opět kategorizovány pouze ve vybraných vodních útvarech. Celkem bylo kategorizováno 12 819 subpovodí kritických bodů úrovně KB 3.

Kategorizace lokalit zranitelných podpovrchovým znečištěním byla provedena na základě indexů definovaných v etapě C a upřesněných v rámci etapy G. Hodnota každého z těchto indexů byla klasifikována do stupňů rizika 1 – 5 se slovním hodnocením 1 – zanedbatelné riziko, 2 – malé riziko, 3 – střední riziko, 4 – velké riziko, 5 – velmi významné riziko. Základní použité indexy byly:

- Index podílu orné půdy - jeho klasifikace byla provedena na základě předpokladu, že s rostoucím podílem orné půdy roste riziko znečištění vod, tedy s rostoucí hodnotou indexu roste stupeň rizika.
- Index podílu ploch odvodnění - klasifikace území byla provedena na základě předpokladu, že s rostoucím podílem odvodnění v územní jednotce roste znečištění vod, tedy s rostoucí hodnotou indexu roste stupeň rizika.
- Index podílu infiltračně zranitelných půd, který udává podíl půd zranitelných vyplavováním živin kategorie 1 a 2 dle metodiky VÚMOP, v.v.i. v rámci plošné jednotky. Klasifikace hodnot indexu byla provedena na základě předpokladu, že s rostoucím podílem půd zranitelných vyplavováním živin v posuzované lokalitě roste riziko znečištění vod, tedy s rostoucí hodnotou indexu roste stupeň rizika.
- Index zatravněných infiltračně zranitelných půd, který udává podíl zatravněných půd 1. a 2. kategorie zranitelnosti v územní jednotce. Váha zlepšujícího vlivu indexu byla provedena na základě předpokladu, že s rostoucím podílem zatravněných půd zranitelných vyplavováním živin v posuzované lokalitě klesá riziko znečištění vod.
- Index zlepšujícího vlivu vodních nádrží, který udává podíl vodních ploch v rámci řešené územní jednotky. Klasifikace hodnot indexu byla provedena na základě předpokladu, že s rostoucím podílem vodních ploch v posuzované lokalitě obecně klesá riziko znečištění vod, tedy s rostoucí hodnotou indexu klesá stupeň rizika.

Na základě těchto základních indexů byly tedy souhrnně stanoveny:

- Stupeň rizika zatížení kritických lokalit; tj. ploch s vysokým podílem odvodnění a zorněné půdy, který kombinuje podíl zorněné půdy a odvodněných ploch v hodnocené lokalitě a vyjadřuje celkový stupeň rizika zatížení kritických lokalit B1, B2 a B3 hlavními faktory nepříznivě působícími na jakost podpovrchových vod v povodí.
- Stupeň rizika indexu opatření, který určuje vliv zlepšujícího vlivu realizovaných opatření (zatravnění ve zranitelných oblastech).

Hlavním výsledkem kategorizace je Souhrnný index potřebnosti opatření (SIPO), který byl vypočten kombinací „Stupně rizika zatížení kritických lokalit vysokým podílem odvodnění a zorněné půdy“, se „Zlepšujícím stupněm Indexu opatření“ a „Stupněm rizika dle zlepšujícího vlivu vodních ploch“. Hodnota tohoto souhrnného indexu tedy zahrnuje kromě faktorů zvyšujících riziko zatížení podpovrchových vod také faktory zlepšující, jako je vliv již aplikovaných opatření (zatravnění) a vodních nádrží v řešené lokalitě. Z tohoto indexu lze odvodit potřebnost návrhu dalších opatření, snižujících zátěž vod plošným zemědělským znečištěním v dané lokalitě úrovně B1, B2 nebo B3.

Výsledky této kategorizace jsou veřejně dostupné na webové prohlížeče na adrese <https://atlaspl.vumop.cz/>

3. Koncepce a postup navrhování ochranných opatření

Postup navrhování opatření vycházel z Katalogu opatření, zpracovaného v rámci Etapy J. Tento katalog zahrnuje přednostně opatření technická, biotechnická a vybraná opatření organizační. Jednotlivá opatření byla navrhována ve vzájemných kombinacích, popřípadě řetězena do tzv. systémů opatření, které umožní efektivnější dosažení cílových návrhových parametrů a to především zpomalením či transformací složek odtoku a snížením transportu živin a sedimentů do vodních toků a nádrží přímo v kritických lokalitách.

Každý katalogový list k jednotlivému opatření obsahuje:

- popis opatření a jeho funkce; princip fungování pro cílovou oblast (P, D, K)
- možnosti a vhodnost kombinace s dalšími typy opatření
- odhad efektivity navržených opatření v ochraně pozemku před erozí a transportem splavenin a vázaných látek do hydrografické sítě; pro příslušné návrhové srážky
- vyčíslení realizačních nákladů opatření
- nároky na údržbu
- nezbytné a doporučené podklady pro návrh
- předpokládaný nositel opatření
- grafickou přílohu – schéma opatření a/nebo schéma širších vazeb
- fotodokumentaci.

Vzorový katalog obsahuje celkem 32 katalogových listů, v členění do čtyř kategorií. Jedná se o kategorie opatření

- pro povrchové vody
- pro drenážní vody
- kombinovaná opatření (povrchové i drenážní vody)
- krajínotvorná opatření

Seznam katalogových listů uvádí Tab. č. 1.

Tab. č. 1 Seznam katalogových listů

Katalogové číslo	Název katalogového listu
P01	Záchytný - odváděcí příkop
P02	Svodný odvodňovací příkop
P03	Odváděcí průleh
P04	Retenční průleh
P05	Svodný průleh
P06	Ochranná hrázka

Katalogové číslo	Název katalogového listu
P07	Protierozní sedimentační nádrž/sedimentační jímka
P08	Suchá nádrž
P09	Polní cesta s protierozní funkcí
P10	Protierozní mez
P11	Terasování
P12	Zatravnění údolnice
P13	Zatravněný pás
D01	Regulace odtoku z pramenních jímek s ochranným zatravněním
D02	Odkrytí zatrubněných hlavních odvodňovacích zařízení
D03	Kontrolované spontánní stárnutí drenáže
D04	Zalesnění zemědělské půdy; alternativně: výsadba plantáží RRD - na odvodněných pozemcích
D05	Lokální eliminace drénu (části drénu) – zaslepení
D06	Odkrytí drénu a jeho úplné odstranění
D07	Snížení intenzity drenážního odvodnění – clony
D08	Tůň dotovaná drenážní vodou nebo tůň na drenážní výusti
D09	Objekt na drenáži typu kořenové čistírny
D10	Biofiltr v návaznosti na drenážní systém
D11	Převody vod na úrovni hlavních odvodňovacích zařízení
D12	Regulace na úrovni hlavních odvodňovacích zařízení
D13	Převody drenážních vod na úrovni podrobného odvodňovacího zařízení
D14	Regulace na úrovni podrobného odvodňovacího zařízení
D15	Zasakovací drén
K01	Zatravnění infiltrační oblasti s návazností na odvodnění
K02	Mokřad v dolní části drenážního systému (či v návaznosti na něj) s předřazeným objektem pro zpomalení odtoku
E01	Liniová zeleň
E02	Vegetační doprovod

Legenda k použitému písmennému značení a barevnému rozlišení katalogových položek

P	opatření pro povrchový odtok x erozní smyv
D	opatření pro drenážní vody
K	kombinovaná opatření (pro P a D)
E	krajinotvorná opatření

Navržená opatření mají být schopna zpomalit a zachytit **povrchový** odtok z kritických lokalit především při přívalových srážkách a takto zachycený objem povrchové vody postupně odpouštět (uplatní se zde soubor/systém opatření). Dalším efektem těchto opatření bude snížení intenzity zanášení vodních toků a nádrží vlivem vstupu erozního smyvu do vodních toků nebo dokonce přímo do vodních nádrží. Základním parametrem pro dimenzování objektů byl průtok (opatření odváděcí) nebo objem odtoku (opatření retenční) ve vazbě na ekonomickou efektivnost pro návrhové srážky N=20, N= 50 a N=100 a návrhové cíle jednotlivých kritických lokalit, resp. povodí. Tento postup je dokumentován v kapitole 8.

Pro identifikaci a klasifikaci ohrožených lokalit byla využita metoda USLE/RUSLE pro výpočet ztráty půdy a model WATEM/SEDEM (v němž je uvedená metoda zahrnuta) pro transport erozních splavenin a vázaných látek do vodních toků, ve vodní trati a zachycení sedimentu a látek vázaných na něm ve významných průtočných nádržích.

Poloha liniových prvků s cílem přerušení volné délky svahu byla určena z důvodu konzistence výpočtu a možnosti následného vyhodnocení účinnosti návrhu metodou USLE. Výstupem byla návrhová délka svahu pro uvažovanou hodnotu přípustné délky svahu

Dimenzování jak liniových tak retenčních prvků bylo provedeno na návrhovou srážku s dobou opakování 20, 50 a 100 let (variantní návrh - za efektivní nicméně zpracovatelé považují dobu opakování 5 – 20 let, pokud se nejedná o ochranu mimořádně významných lokalit). Výsledky jsou popsány v kapitole č. 8 a přílohách č. 2 – 5.

U všech odváděcích prvků byla řešena eliminace zachyceného erozního sedimentu tak aby se nedostal až do hydrografické sítě. Množství těchto splavenin z pozemku by proto mělo být minimalizováno.

K návrhu/dimenzování opatření bylo využito metody CN a v mimořádně významných lokalitách fyzikálně založeného modelu SMODERP.

Opatření pro snížení znečištění z **podpovrchových** zdrojů jsou navrhována na odvodněné zemědělské půdě, resp. na stávajících stavbách zemědělského odvodnění či na lokalitách s hydrologickou návazností na tyto stavby; tj. geomorfologicky nad resp. vně těchto staveb. Opatření jsou na rizikových lokalitách navrhována tak, aby jednak snižovala zátěž pozemků aplikací dusíkatých látek/pesticidů, resp. aby zvyšovala retenci a dobu zdržení vody v půdě, což způsobí snížení odnosu anorganického dusíku a pesticidů ze zemědělské půdy v drenážních vodách. Tohoto snížení je dosahováno jednak snižováním vstupů těchto látek do půdy, resp. prostřednictvím opatření samostatných a/nebo kombinovanými efekty, a to zejména zvýšením krátkodobé retence a dlouhodobé akumulace vody v půdním profilu, tj. zpožděním odtoku (v objektu opatření), vytvořením anaerobního prostředí nezbytného pro denitrifikaci dusičnanového dusíku (v objektu opatření či v půdě), zvýšením fixace anorganického dusíku v půdě, podporou procesů odbourání pesticidů, apod. Opatření jsou charakteru zejména (bio)technického (uměle vybudované mokřady, denitrifikační bioreaktory, regulace drenážního odtoku) a jsou podpořena opatřeními organizačního (změna kultury, zejména zatravnění, změna využití pozemku) a agrotechnického charakteru (osevní postupy, hnojení), které však nejsou součástí návrhu.

Významným podkladem pro návrhy opatření na vybraných systémech odvodnění byly georeferencované situace projektových návrhů staveb odvodnění. Ty byly získány převážně z archivu Povodí Vltavy, státní podnik, umístěné na Orlíku.

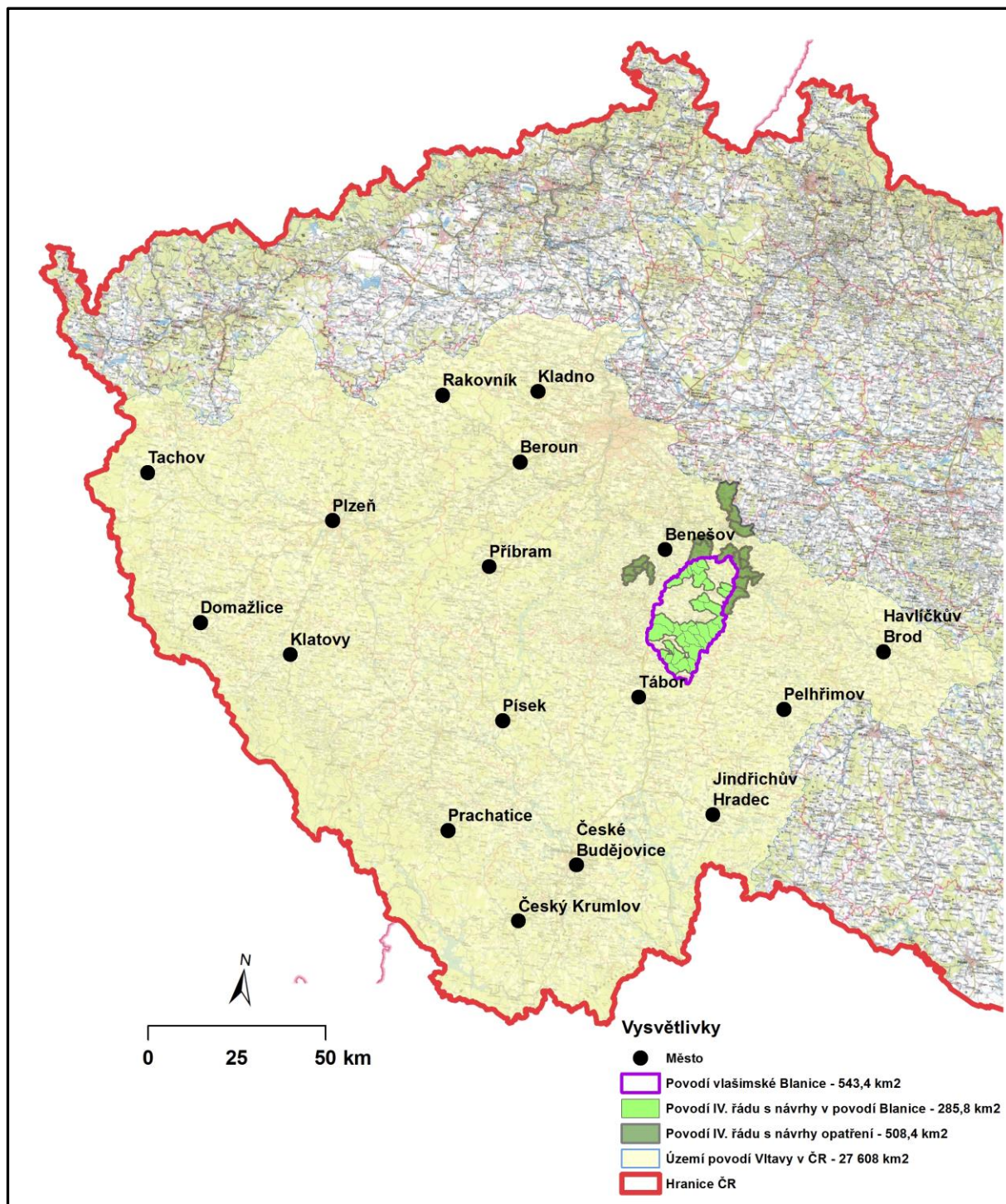
Opatření pro oba typy znečištění jsou navrhována na zemědělském půdním fondu zachováním či přijatelnou modifikací stávajícího zemědělského hospodaření nebo na pozemcích s hydrologickou návazností na pozemky ZPF.

Přehled a lokalizace navržených opatření, včetně specifikace jejich nákladů a cost-benefit analýzy, je uvedena v kap. 8.

4. Přehled navržených opatření

Na základě výše uvedených metod a principů byla navrhována opatření, která byla lokalizována do zranitelných povodí IV. řádu. Vzhledem k pilotní povaze projektu, jehož cílem bylo navržení 3 000 opatření v celé ploše pilotního území, bylo rozhodnuto nenavrhovat opatření roztroušeně po celé ploše povodí Vltavy, ale naopak koncentrovat je do menšího vybraného zranitelného území, na kterém bude možné dobře posoudit jejich účinnost. Bylo proto vybráno celkem 48 dílčích povodí IV. řádu, zejména v povodí vlašimské Blanice a v okolních vodních útvarech (Obr. č. 1). V těchto povodích byl proveden návrh ochranných opatření na zmírnění povrchového odtoku v rozsahu celkem 3 440 listů opatření typu A. Ten byl poté předán Sweco Hydroprojekt a.s. pro návrh systémů opatření se zahrnutím opatření pro zmírnění podpovrchového odtoku. Z těchto opatření bylo 2 391 primárně protierozních, 610 opatření primárně na drenážních systémech, 147 opatření kombinovaných a 294 doprovodných. V tabulce 2 je uveden přehled všech navržených opatření. V grafické podobě je pak tento přehled znázorněn i v příloze 1.

Vyhodnocení účinnosti navržených opatření pak bylo provedeno pro hydrologicky ucelené území vlašimské Blanice (uzávěrový profil Radonice). Toto povodí bylo vybráno na základě výsledků kategorizace kritických lokalit obou typů znečištění a potvrzeno i terénním průzkumem. Z celkem 71 povodí IV. řádu povodí vlašimské Blanice bylo 31 povodí IV. řádu identifikovaných jako ohrožených povrchovým odtokem. Z hlediska podpovrchových zdrojů znečištění bylo v tomto povodí identifikováno jako ohrožených 50 povodí IV. řádu (stupně rizika 4 a 5 indexu SIPO; tj. vysoká až velmi vysoká potřeba návrhu opatření).



Obr. č. 1 Území řešené v rámci projektu se zobrazením povodí IV. řádu, ve kterých byly navrhovány systémy opatření

Tab. č. 2 Přehled navržených opatření

Katalogové číslo	Název opatření	Počet opatření	Primární účinnost
D10	Biofiltr v návaznosti na drenážní systém	35	drenáž
D03	Kontrolované spontánní stárnutí drenáže	8	drenáž
E01	Liniová zeleň	245	doprovodné
D05	Lokální eliminace drénu	12	drenáž
K02	Mokřad v dolní části drenážního systému (či v návaznosti na něj) s předřazeným objektem pro zpomalení odtoku	18	kombinované
D09	Objekt na drenáži typu kořenové čistírny	25	drenáž
D06	Odkrytí drénu a jeho úplné odstranění	90	drenáž
D02	Odkrytí zatrubněných hlavních odvodňovacích zařízení	10	drenáž
P03	Odváděcí průleh	31	protierozní
P06	Ochranná hrázka	5	protierozní
D	Plošné odstranění POZ	59	drenáž
P09	Polní cesta s protierozní funkcí	20	protierozní
P10	Protierozní mez	429	protierozní
P07	Protierozní sedimentační nádrž	118	protierozní
D13	Převody drenážních vod na úrovni podrobného odvodňovacího zařízení	201	drenáž
D11	Převody vod na úrovni hlavních odvodňovacích zařízení	2	drenáž
D14	Regulace na úrovni podrobného odvodňovacího zařízení	9	drenáž
P04	Retenční průleh	592	protierozní
Ke	Revitalizace vodního toku	129	kombinované
D	Rozdělovací objekt	42	drenáž
D07	Snížení intenzity drenážního odvodnění - clony	4	drenáž
P08	Suchá nádrž	172	protierozní
P02	Svodný odvodňovací příkop	150	protierozní
P05	Svodný průleh	96	protierozní
D08	Tůň dotovaná drenážní vodou nebo tůň na drenážní výusti	80	drenáž
E02	Vegetační doprovod	47	doprovodné
P01	Záchytný - odváděcí příkop	50	protierozní
D04	Zalesnění zemědělské půdy; alternativně: výsadba plantáží RRD - na odvodněných pozemcích	19	drenáž
D15	Zasakovací drén	14	drenáž
P12	Zatravnění údolnice	105	protierozní
P13	Zatravněný pás	623	protierozní
	Celkový součet	3 440	

5. Návrhy protierozních opatření

5.1 Výběr povodí IV. řádu pro návrh PEO

Dílčí povodí IV. řádu i subpovodí a vodní útvary (ve struktuře dané zadáním projektu), byly klasifikovány do pěti tříd rizikovosti. Metodika a i výsledky jsou podrobně uvedeny v rámci etapy F. Do klasifikace byly za povrchové zdroje znečištění zahrnuty výsledky matematického modelování, validované terénním průzkumem a kombinované s výsledky monitoringu kvality povrchových vod. Ohrožené lokality byly následně agregovány do povodí IV. řádu. Preferována byla povodí s nejvyšší kategorií rizika a současně zahrnující vyšší počet potenciálních opatření.

V rámci řešení etapy L byly nakonec specifikovány detailní lokality pro návrh ochranných opatření s jejich cílovým počtem odpovídajícím celkem 3000 listů opatření typu A. Ty byly po detailních analýzách a klasifikaci podrobeny expertní analýze a nakonec bylo doporučeno lokality vybrané pro řešení soustředit do jednoho uceleného území, zahrnující několik vodních útvarů, aby byl celkový účinek opatření patrný a významný.

Náplní této kapitoly pak je přepočítání ztráty půdy, vstupu erodovaných půdních částic a erozního fosforu do vodních toků a transport hydrografickou sítí do vodních nádrží s cílem dokumentovat účinnost navrhovaných opatření.

5.2 Navrhovaná PEO

V rámci etapy M byl společností Sweco Hydroprojekt, a. s. navržen ve vybraných povodí IV. řádu (celkem 48 povodí) systém protierozní ochrany. V jednotlivých povodích byla navržena PEO vycházející z katalogu protierozních opatření, který byl sestaven v rámci etapy I řešení projektu.

Navrhovaná PEO byla rozdělena do tří kategorií – plošná, liniová a bodová. V následujících tabulkách (Tab. č. 3, Tab. č. 4, Tab. č. 5) jsou uvedeny všechny typy PEO z katalogu opatření, vytvořeného v rámci projektu, které byly v povodích navrhovány (včetně jejich počtu). Zároveň jsou v tabulkách uvedeny informace o tom, zda byl jednotlivý typ PEO relevantní z hlediska ochrany před plošnou erozí a následně implementován do modelu WaTEM/SEDEM.

Postup při implementaci jednotlivých typů PEO je pak detailněji popsán v kapitole 5.3.

Tab. č. 3 Seznam navrhovaných liniových PEO

Liniová opatření	Počet	Délka [m]	Relevantní pro model WaTEM/SEDEM
Kontrolované stárnutí drenáže	8	2 632	NE
Liniová zeleň	245	90 059	ANO
Odkrytí drénu	22	4 576	NE
Odkrytí HOZ	10	2 390	ANO
Ochranná hrázka	5	1 658	ANO
Polní cesta s protierozní funkcí	20	10 999	ANO
Protierozní mez	429	174 114	ANO
Průleh odváděcí	31	12 798	ANO
Průleh retenční	592	265 105	ANO
Průleh svodný	96	14 078	ANO
Převody vod HOZ	2	96	NE
Převody vod POZ	204	7 966	NE
Příkop svodný	150	22 717	ANO
Příkop záchytný	44	10 003	ANO
Regulace POZ	10	4 911	NE
Revitalizace VT	129	109 327	NE
Snížená intenzity drenážního odvodnění	4	735	NE
Terasování	0	-	ANO
Zasakovací drén	15	2 944	NE

Tab. č. 4 Seznam navrhovaných plošných PEO

Plošná opatření	Počet	Plocha [m ²]	Relevantní pro model WaTEM/SEDEM
Mokřad	18	5	ANO
Plošné odstranění POZ	59	28	NE
Protierozní nádrž/jímka	118	158 498	ANO
Suchá nádrž	172	106	ANO
Tůň	80	38 170	ANO
Vegetační doprovod	47	38	ANO
Zalesnění	19	19	ANO
Zatrávnění - infiltrační oblast	0	-	ANO
Zatrávnění - údolnice	105	66	ANO
Zatrávnění pás	623	722	ANO

Tab. č. 5 Seznam navrhovaných bodových PEO

Bodová opatření	Počet	Relevantní pro model WaTEM/SEDEM
Biofiltr	35	NE
Kořenová čistírna	25	NE
Lokální eliminace drénu	12	NE
Rozdělovací objekt	42	NE
Celkem	114	-

5.3 Popis implementovaných PEO do modelu WaTEM/SEDEM

Ze všech navržených PEO byly vybrány ty PEO, které reálně ovlivňují proces plošné eroze a následného transportu erodovaného materiálu a erozního fosforu do hydrografické sítě – viz Tab. č. 2-4. Matematický model nicméně představuje pouze více či méně zjednodušený popis reality. Proto bylo nutno jednotlivé prvky v rámci modelu nějakým způsobem aproximovat a rozhodnout, které z procesů, zahrnutých do matematického modelu budou příslušným opatřením dotčeny, resp. do kterých parametrů se dané opatření promítne.

Principiálně se opatření v modelu projevují šesti způsoby:

- Přerušují povrchový odtok (změna ve vrstvě využití území na kategorii přerušení)
- Redukují transportní kapacitu povrchu na ploše daného opatření (změna využití území)
- Mění záchytný účinek na hranici daného opatření (změna využití území)
- Mění ochranný účinek vegetačního pokryvu (C faktor USLE)
- Zachytávají a odvádějí splaveniny do recipientu (projeví se jako nový úsek VT)
- Zachytávají splaveniny (projeví se jako nový izolovaný úsek VT)

Jednotlivé účinky se samozřejmě mohou u opatření vzájemně kombinovat a skládat, působit synergicky (ale i protichůdně).

Implementované typy PEO včetně stručného popisu způsobu implementace do modelu WaTEM/SEDEM jsou uvedeny v Tab. č. 6.

Jednotlivé implementované typy jsou pak popsány dále v textu.

Tab. č. 6 Popis implementace vybraných PEO do modelu WaTEM/SEDEM

Liniová opatření		
Typ opatření	Způsob zahrnutí do WS	Dotčené vrstvy WS
Liniová zeleň	travní pás 20 m	využití území, C faktor USLE
Odkrytí HOZ	nový úsek vodního toku	využití území, C faktor USLE, vodní toky
Ochranná hrázka	přerušen odtoku	využití území, C faktor USLE
Polní cesta s protierozní funkcí	nový úsek vodního toku	využití území, C faktor USLE, vodní toky
Protierozní mez	nový úsek vodního toku	využití území, C faktor USLE, vodní toky
Průleh odváděcí	vodní tok + travní pás šířky 30 m	využití území, C faktor USLE, vodní toky
Průleh retenční	přerušen odtoku	využití území, C faktor USLE
Průleh svodný	vodní tok + travní pás šířky 30 m	využití území, C faktor USLE, vodní toky
Příkop svodný	nový úsek vodního toku	využití území, C faktor USLE, vodní toky
Příkop záchytný	nový úsek vodního toku	využití území, C faktor USLE, vodní toky
Terasování	-	nebylo navrženo ani modelováno
Plošná opatření		
Typ opatření	Způsob zahrnutí do WS	Dotčené vrstvy WS
Mokřad	nová plocha TTP	využití území, C faktor USLE
Protierozní nádrž/jímka	nová VN s vypočteným poměrem zachycení	využití území, C faktor USLE, vodní toky, vodní nádrže
Suchá nádrž	nová VN s vypočteným poměrem zachycení	využití území, C faktor USLE, vodní toky, vodní nádrže
Vegetační doprovod	travní pás 20 m	využití území, C faktor USLE
Zalesnění	zalesnění	využití území, C faktor USLE
Zatrávnění - infiltrační oblast	zatrávnění	využití území, C faktor USLE
Zatrávnění - údolnice	zatrávnění	využití území, C faktor USLE
Zatrávnění pás	zatrávnění	využití území, C faktor USLE

5.4 Liniová opatření

5.4.1 Prvky přerušující povrchový odtok

Liniová zeleň

Tento prvek byl do modelu implementován jako travnatý pás o šířce 20 m, kde dochází k navýšení depozice erodovaného materiálu a výraznému snížení intenzity eroze. Prakticky se tento prvek promítne do modelu změnou využití území a hodnotou C faktoru USLE.

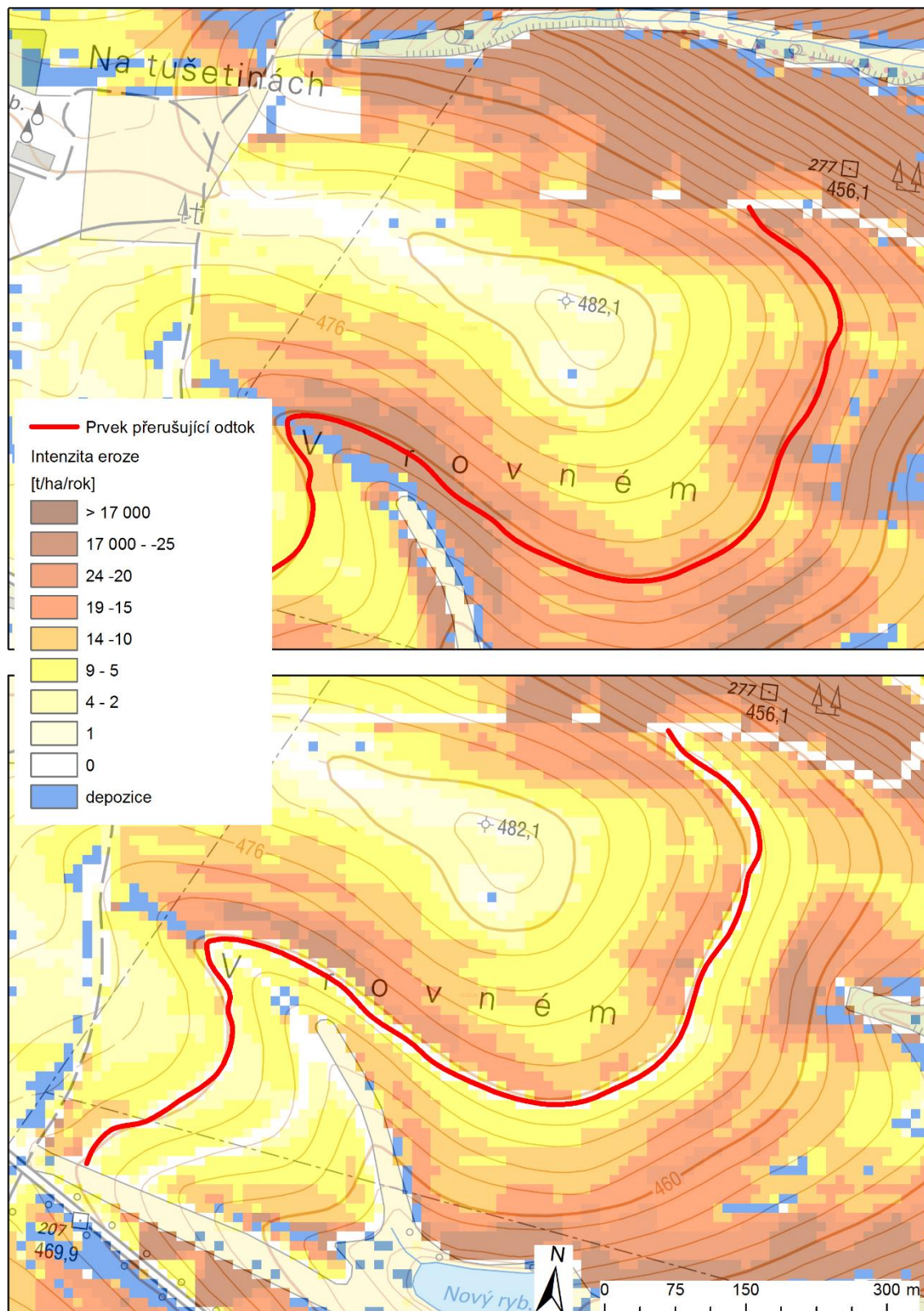
Ochranná hrázka

V místě realizace ochranné hrádky dochází k přerušení povrchového odtoku tím eliminací erodovaného množství splavenin a transportu erozního fosforu. Prakticky se tento prvek promítne úpravou digitálního modelu terénu (a následně přerušením odtoku v tomto místě), změnou využití území a hodnoty C faktoru USLE.

Průleh retenční

Tento prvek je navržen tak, aby v něm došlo k zachycení veškerého povrchového odtoku, který do prvku přichází. Předpokládá se dostatečná kapacita a dobrý stav prvku, který toto zachycení umožní. V místě realizace retenčního průlehu dochází k přerušení povrchového odtoku a tím eliminací erodovaného množství splavenin a transportu erozního fosforu. Prakticky se tento prvek promítne úpravou digitálního modelu terénu (a následně přerušením odtoku v tomto místě), změnou využití území a hodnoty C faktoru USLE.

Průběh intenzity eroze před a po realizaci prvků přerušujících nebo významně eliminujících povrchový odtok je doložen na Obr. č. 2.



Obr. č. 2 Intenzita eroze před realizací PEO (nahore) a po realizaci PEO (dole)

5.4.2 Prvky modelované jako nové úseky vodního toku

Odkrytí HOZ

Tento prvek byl do modelu implementován jako nový úsek vodního toku zaústěný do stávající hydrografické sítě. Prakticky se tento prvek promítne do modelu změnou sítě vodních toků (dochází k jejímu rozšíření o nový prvek), změnou využití území a úpravou C faktoru USLE.

Polní cesta s protierozní funkcí

Tento prvek byl do modelu implementován jako nový úsek vodního toku zaústěný do stávající hydrografické sítě. Prakticky se tento prvek promítne do modelu změnou sítě vodních toků (dochází k jejímu rozšíření o nový prvek), změnou využití území a úpravou C faktoru USLE.

Protierozní mez

Tento prvek byl do modelu implementován jako nový úsek vodního toku zaústěný do stávající hydrografické sítě. Prakticky se tento prvek promítne do modelu změnou sítě vodních toků (dochází k jejímu rozšíření o nový prvek), změnou využití území a úpravou C faktoru USLE.

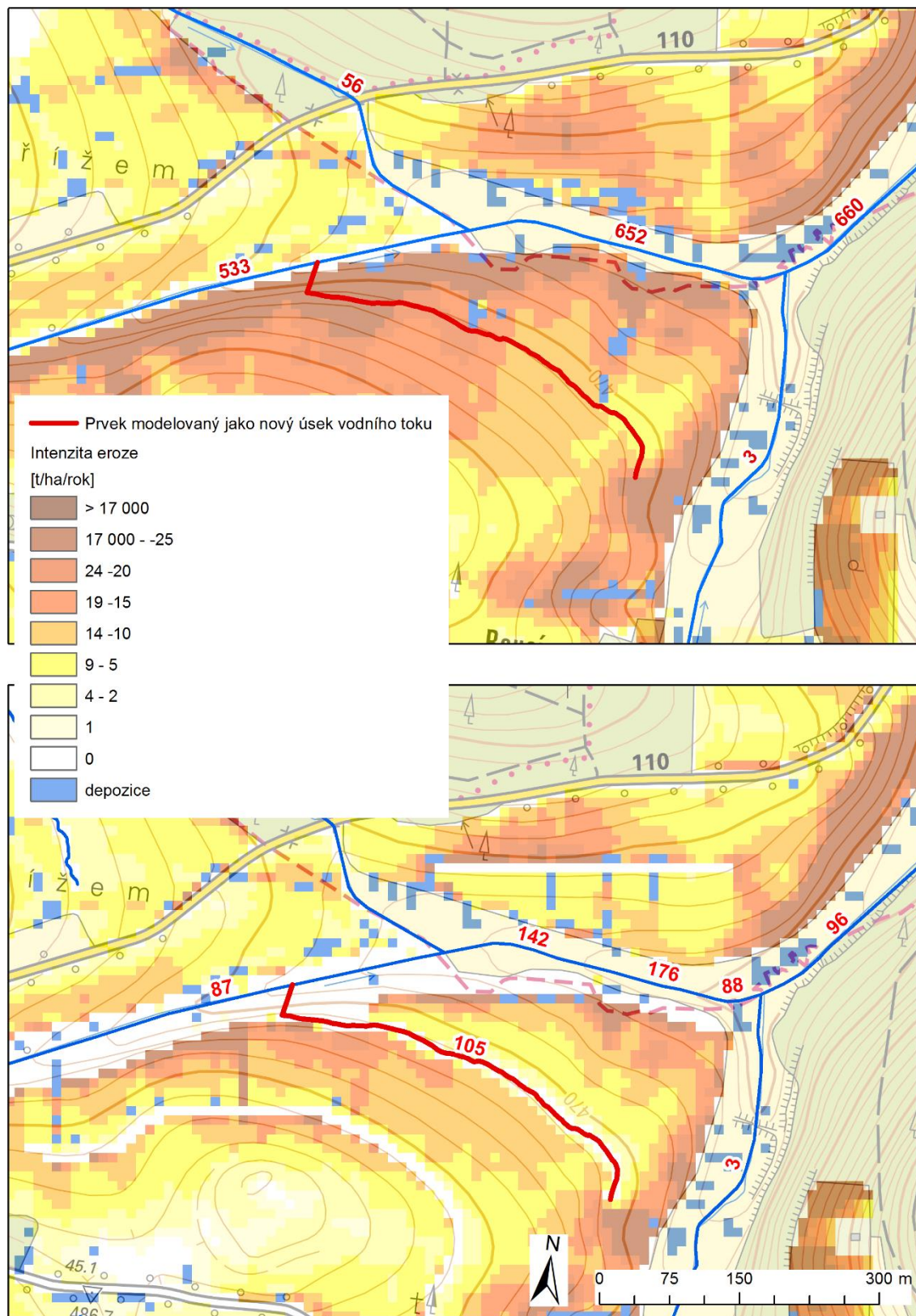
Příkop svodný

Tento prvek byl do modelu implementován jako nový úsek vodního toku zaústěný do stávající hydrografické sítě. Prakticky se tento prvek promítne do modelu změnou sítě vodních toků (dochází k jejímu rozšíření o nový prvek), změnou využití území a úpravou C faktoru USLE.

Příkop záchytný

Tento prvek byl do modelu implementován jako nový úsek vodního toku zaústěný do stávající hydrografické sítě. Prakticky se tento prvek promítne do modelu změnou sítě vodních toků (dochází k jejímu rozšíření o nový prvek), změnou využití území a úpravou C faktoru USLE.

Příklad implementace prvku modelovaného jako nový úsek vodního toku je uveden na Obr. č. 3.



Obr. č. 3 Intenzita eroze a hydrografická síť před realizací PEO (nahore) a po realizaci PEO (dole)

5.4.3 Prvky modelované jako nové úseky vodního toku s ochranným zatravněním

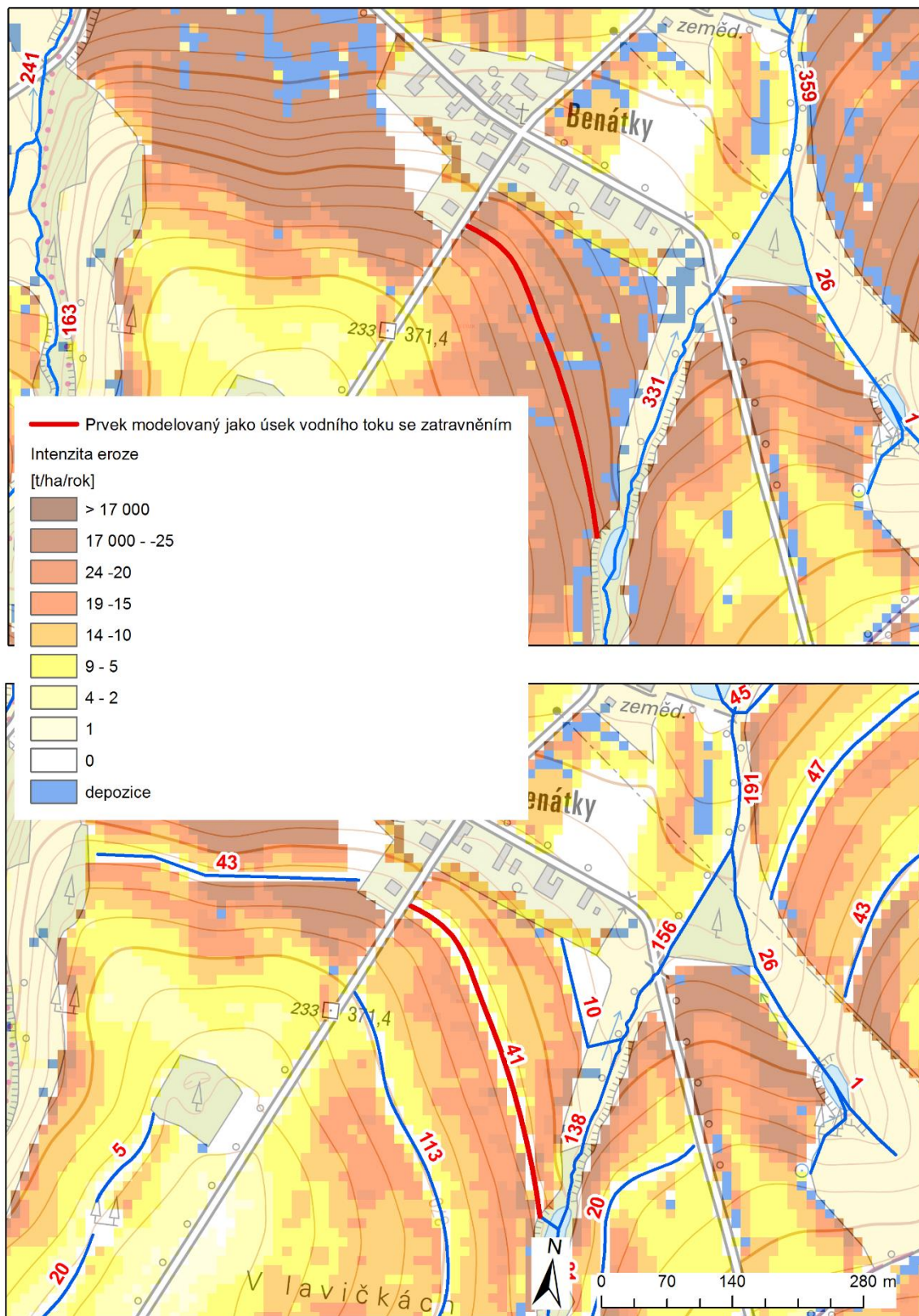
Průleh odváděcí

Tento prvek byl do modelu implementován jako nový úsek vodního toku zaústěný do stávající hydrografické sítě, který je doplněný o travnatý pás šířky 30 m. Navržený travnatý pás zajistí ochranu hydrografické sítě před vstupem sedimentu prostřednictvím nového úseku vodního toku. Prakticky se tento prvek promítne do modelu změnou sítě vodních toků (dochází k jejímu rozšíření o nový prvek), změnou využití území a úpravou C faktoru USLE.

Průleh svodný

Tento prvek byl do modelu implementován jako nový úsek vodního toku zaústěný do stávající hydrografické sítě, který je doplněný o travnatý pás šířky 30 m. Navržený travnatý pás zajistí ochranu hydrografické sítě před vstupem sedimentu prostřednictvím nového úseku vodního toku. Prakticky se tento prvek promítne do modelu změnou sítě vodních toků (dochází k jejímu rozšíření o nový prvek), změnou využití území a úpravou C faktoru USLE.

Příklad implementace prvku modelovaného jako nový úsek vodního toku s ochranným zatravněním je uveden na Obr. č. 4.



Obr. č. 4 Intenzita eroze a hydrografická síť před realizací PEO (nahore) a po realizaci PEO (dole)

5.4.4 Prvky, které nebyly do modelu implementovány

Terasování

Tento typ prvku je sice uveden v katalogu možných/doporučených typů opatření, nicméně v zájmovém území nebyl v řešených povodích IV. řádu navržen, a tedy nebyl do modelu WaTEM/SEDEM implementován.

5.5 Plošná opatření

5.5.1 Prvky implementované jako změna využití území

Mokřad

Tento prvek je do modelu implementován jako nový trvalý travní porost. Tato úprava zajistí nižší intenzitu erozního procesu a naopak depozici splavenin a transportovaného erozního fosforu v místě navrženého mokřadu. Prakticky se implementace do modelu projeví v úpravě dat využití území a hodnoty C faktoru USLE.

Vegetační doprovod

Tento prvek byl do modelu implementován jako travnatý pás o šířce 20 m, kde dochází k navýšení depozice erodovaného materiálu a výraznému snížení intenzity eroze. Prakticky se tento prvek promítne do modelu změnou využití území a hodnotou C faktoru USLE.

Zalesnění

Tento prvek je do modelu implementován jako nová lesní plocha. Tato úprava zajistí nižší intenzitu erozního procesu a naopak depozici splavenin a transportovaného erozního fosforu v místě navrženého zalesnění. Prakticky se implementace do modelu projeví v úpravě dat využití území a hodnoty C faktoru USLE.

Zatravnění – infiltrační oblast

Tento prvek je do modelu implementován jako nový trvalý travní porost. Tato úprava zajistí nižší intenzitu erozního procesu a naopak depozici splavenin a transportovaného erozního fosforu v místě navrženého zatravnění. Prakticky se implementace do modelu projeví v úpravě dat využití území a hodnoty C faktoru USLE. Tento typ prvku je sice uveden v katalogu možných/doporučených typů opatření, nicméně v zájmovém území nebyl v řešených povodích IV. řádu navržen, a tedy nebyl do modelu WaTEM/SEDEM implementován.

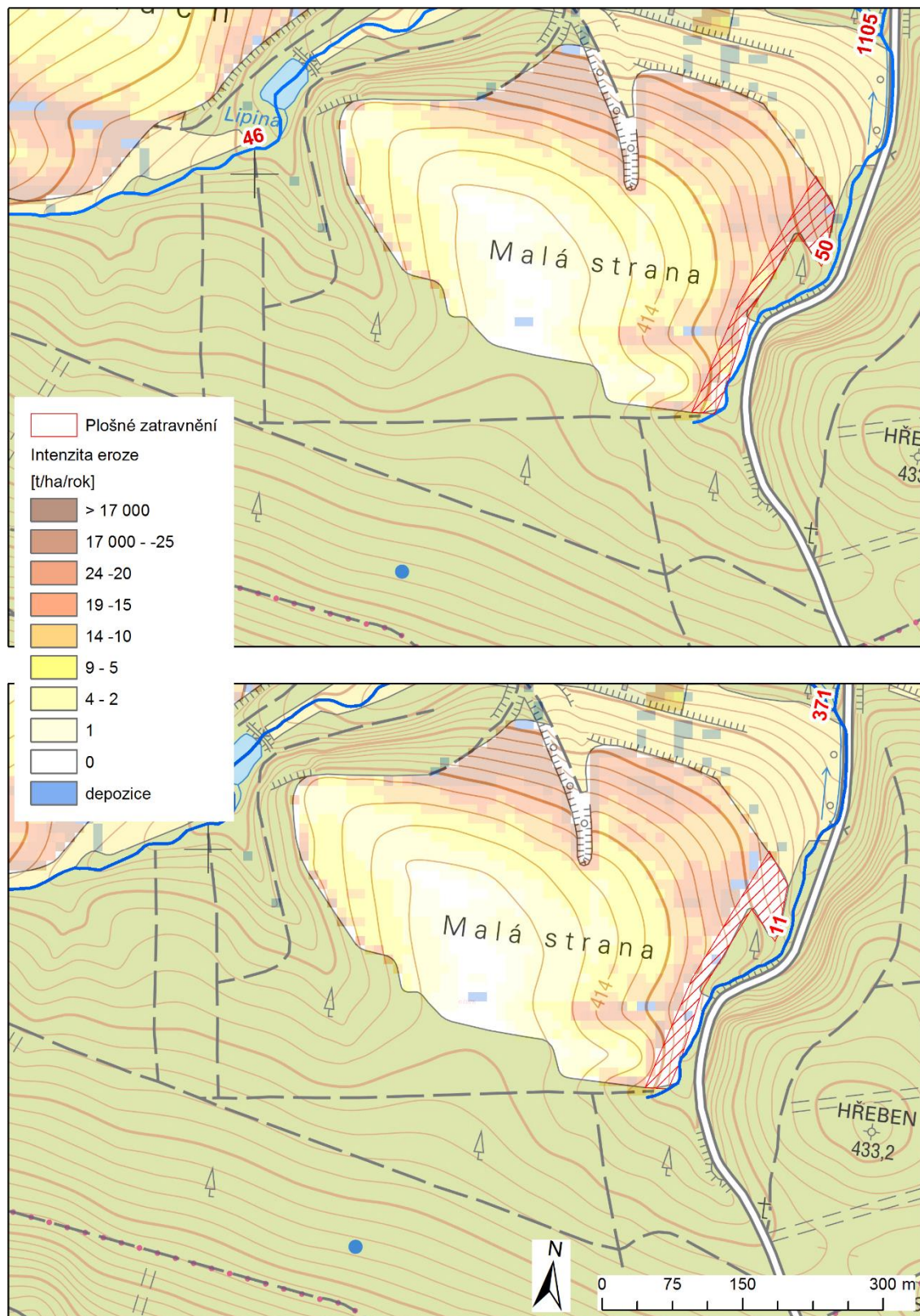
Zatravnění údolnice

Tento prvek byl do modelu implementován jako travnatý pás o šířce 20 m, kde dochází k navýšení depozice erodovaného materiálu a výraznému snížení intenzity eroze. Prakticky se tento prvek promítne do modelu změnou využití území a hodnotou C faktoru USLE.

Zatravněný pás

Tento prvek byl do modelu implementován jako travnatý pás o šířce 20 m, kde dochází k navýšení depozice erodovaného materiálu a výraznému snížení intenzity eroze. Prakticky se tento prvek promítne do modelu změnou využití území a hodnotou C faktoru USLE.

Příklad implementace prvku modelovaného změnou využití území je uveden na Obr. č. 5.



Obr. č. 5 Intenzita eroze před realizací PEO (nahore) a po realizaci PEO (dole).

5.5.2 Záchytné prvky na hydrografické síti a v ploše povodí

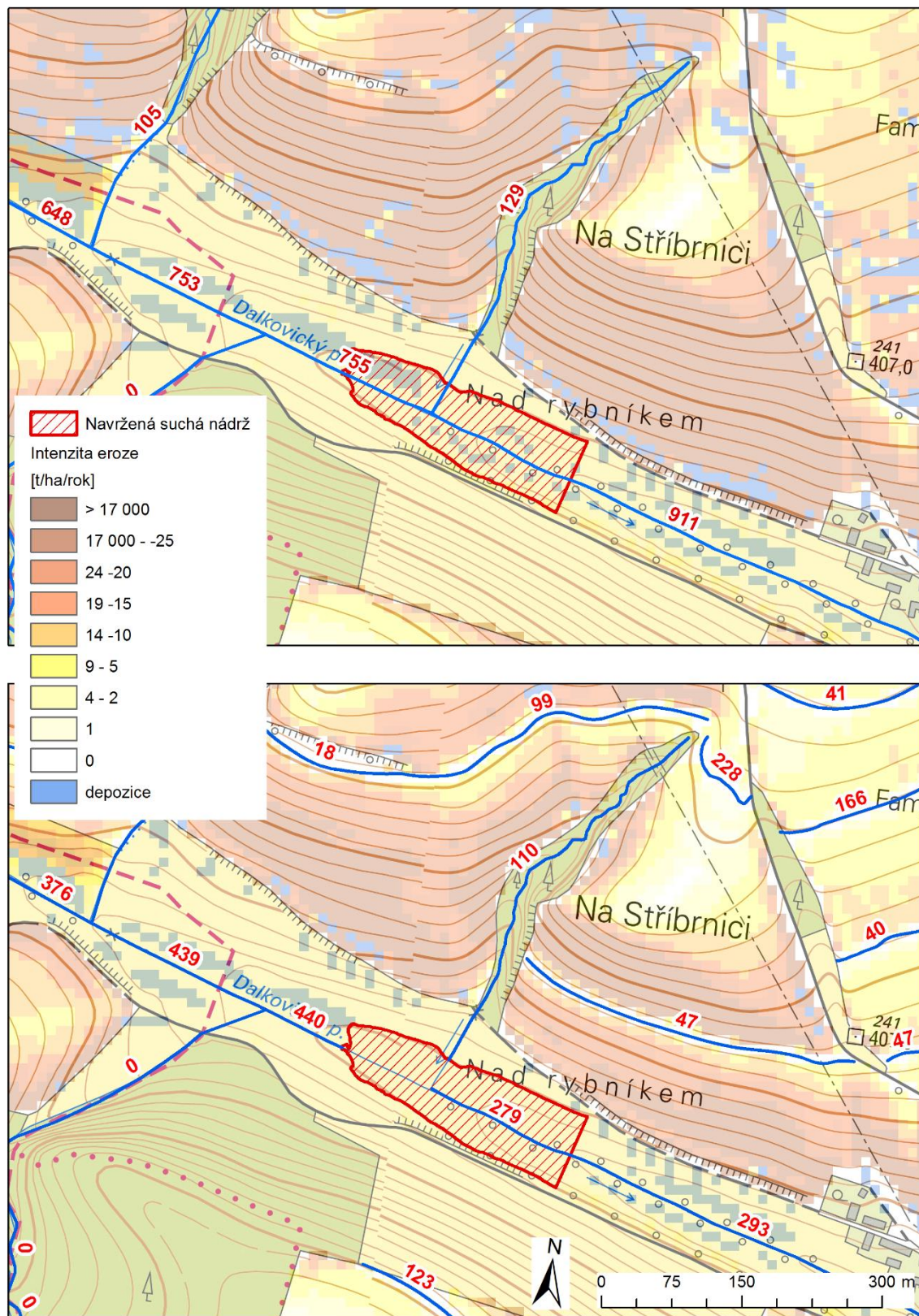
Protierozní jímka

Do modelu byly zahrnuty nové vodní nádrže, pro které byl stanoven poměr zachycení na základě návrhových parametrů nádrže (dlouhodobý průtok a objem navrhované vodní nádrže). V místě nových nádrží dochází díky tomu k zachycení transportovaného množství splavenin a erozního fosforu. Prakticky dochází k úpravám v rámci datových vstupů do modelu u vodních nádrží, vodních toků, dále pak k úpravě využití území a C faktoru USLE.

Suchá nádrž

Do modelu byly zahrnuty nové vodní nádrže, pro které byl stanoven poměr zachycení na základě odborného odhadu 50 %. Hodnota byla určena expertním odhadem a orientačním pomocným výpočtem. Suchá nádrž je vybavena nehrazeným odtokem, který propouští nižší průtoky bez omezení, u vyšších zajišťuje určitou retenci. Záchytnou hodnotu proto není možné stanovit s jistotou paušálně. V místě nových nádrží dochází k zachycení transportovaného množství splavenin a erozního fosforu. Prakticky dochází k úpravám v rámci datových vstupů do modelu u vodních nádrží, vodních toků, dále pak k úpravě využití území a C faktoru USLE.

Příklad implementace nové vodní nádrže a vliv tohoto prvku na transport splavenin je uveden na Obr. č. 6.



Obr. č. 6 Průběh transportu splavenin hydrografickou sítí před realizací VN (nahore) a po realizaci VN (dole)

5.6 Bodová opatření

Bodová opatření (viz Tab. č. 5) nejsou relevantní z hlediska vlivu na plošnou erozi v povodí ani vlivu na následný transport splavenin nebo erozního fosforu do hydrografické sítě. Opatření cílí na podpovrchový odtok, který není předmětem této části řešení. Jedná se o opatření s minimální retenční kapacitou z hlediska sedimentu, nebo dokonce o opatření, v nichž retence není žádoucí. Z tohoto důvodu nebyla bodová opatření do modelu implementována.

5.7 Vyhodnocení účinnosti navržených PEO

Účinnost navržených PEO z hlediska zatížení povodí splaveninami a erozního fosforu byla vyhodnocena modelem Watem/SEDEM ve třech variantách:

- **Účinnost 1**

Byla stanovena na základě hodnot odtoku splavenin/erozního fosforu v uzávěrovém profilu jednotlivých povodí IV. řádu před a po realizaci navržených PEO (viz rovnice (1)).

(1)

$$\text{Účinnost 1} = \frac{\text{Současný odtok splavenin (P) profilem povodí IV. řádu}}{\text{Odtok splavenin (P) profilem povodí IV. řádu po realizaci PEO}}$$

- **Účinnost 2**

Byla stanovena na základě vstupu splavenin/erozního fosforu z plochy povodí do stávající hydrografické sítě před a po realizaci navržených PEO.

Do modelu byla implementována řada liniových PEO. V případě retenčních PEO byla předpokládána jejich 100% účinnost z hlediska zachycení vstupujících splavenin.

V případě neretenčních prvků (odváděcí a svodné průlehy a příkopy) byly tyto prvky modelovány jako úseky vodních toků napojené na stávající hydrografickou síť, avšak do vyhodnocení hodnoty „Účinnost 2“ nebyly tyto prvky uvažovány, tzn. hodnota vstupu splavenin/erozního fosforu z těchto prvků do navazujících úseků vodních toků nebyla do výpočtu zahrnuta. Hodnota Účinnost 2 byla stanovena dle vztahu (2)

(2)

$$\text{Účinnost 2} = \frac{\text{Současný vstup splavenin (P) do stávající hydrografické sítě}}{\text{Vstup splavenin (P) do hydrografické sítě po realizaci PEO}}$$

Reálné zatížení hydrografické sítě je minimálně zčásti ovlivněno i vstupu splavenin/erozního fosforu do těchto prvků. Skutečná hodnota vstupu splavenin/erozního fosforu do vodních toků je tak zřejmě vyšší a účinnost navržených PEO naopak nižší.

- **Účinnost 3**

Byla stanovena pouze pro erodovaný materiál na základě celkové eroze v jednotlivých povodích IV. řádu před a po realizaci navržených PEO. Hodnota Účinnost 3 byla stanovena dle vztahu (3).

(3)

$$\text{Účinnost 3} = \frac{\text{Současná celková eroze v ploše povodí}}{\text{Celková eroze v ploše povodí po realizaci PEO}}$$

5.8 Vyhodnocení účinnosti PEO z hlediska transportu splavenin do hydrografické sítě

Účinnost navržených PEO byla nejprve vyhodnocena z hlediska transportu splavenin. Hodnoty byly stanoveny pro všechna řešená povodí IV. řádu ve třech variantách popsanych v úvodu kapitoly 2.7. Hodnoty účinnosti v jednotlivých povodích IV. řádu jsou souhrnně uvedeny v Tab. č. 7. Povodí IV. řádu spadající do povodí Vlašimské Blanice (uzávěrový profil Radonice) jsou v tabulce zvýrazněny žlutou barvou.

Tab. č. 7 Účinnost systému PEO z hlediska transportu sedimentu stanovená ve třech variantách pro řešená povodí IV. řádu

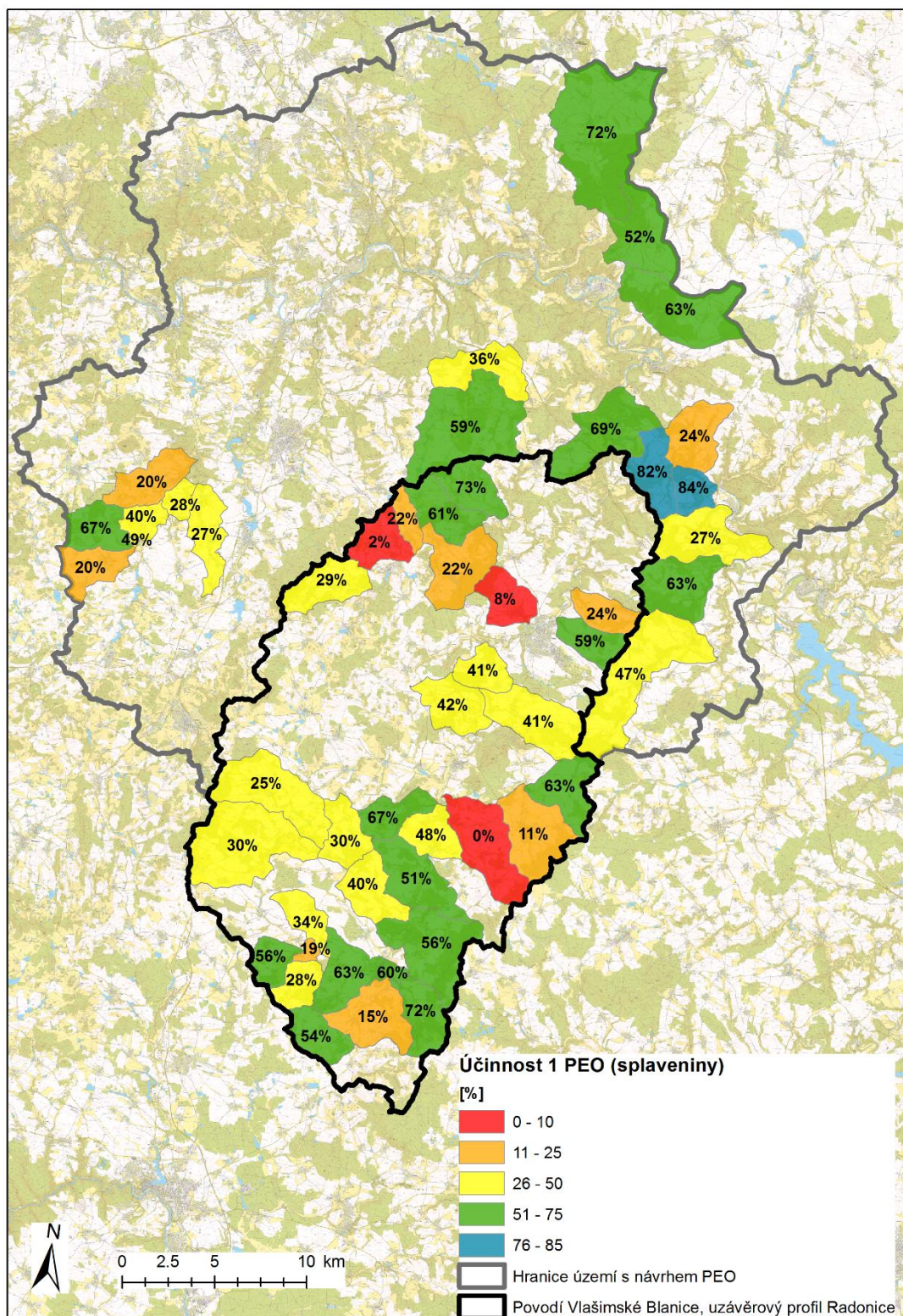
Povodí IV. řádu	Účinnost 1	Účinnost 2	Účinnost 3	Povodí IV. řádu	Účinnost 1	Účinnost 2	Účinnost 3
1-09-03-0020	47%	41%	23%	1-09-03-0580	42%	34%	18%
1-09-03-0070	63%	48%	28%	1-09-03-0590	41%	43%	18%
1-09-03-0090	27%	21%	13%	1-09-03-0600	41%	32%	17%
1-09-03-0190	84%	27%	14%	1-09-03-0670	8%	10%	4%
1-09-03-0200	24%	21%	9%	1-09-03-0710	59%	59%	32%
1-09-03-0210	82%	18%	7%	1-09-03-0730	24%	27%	23%
1-09-03-0230	54%	54%	24%	1-09-03-0800	29%	36%	11%
1-09-03-0240	15%	63%	34%	1-09-03-0820	2%	47%	15%
1-09-03-0250	72%	33%	16%	1-09-03-0830	22%	45%	15%
1-09-03-0260	60%	1%	0%	1-09-03-0850	22%	32%	14%
1-09-03-0280	56%	27%	9%	1-09-03-0860	61%	69%	24%
1-09-03-0290	19%	2%	9%	1-09-03-0890	73%	49%	30%
1-09-03-0300	28%	54%	17%	1-09-03-0930	69%	23%	10%
1-09-03-0320	34%	39%	18%	1-09-03-0940	59%	47%	20%
1-09-03-0330	63%	43%	27%	1-09-03-0950	36%	41%	15%
1-09-03-0360	56%	38%	12%	1-09-03-1000	63%	48%	18%
1-09-03-0370	25%	36%	16%	1-09-03-1020	72%	39%	22%
1-09-03-0380	30%	29%	14%	1-09-03-1030	52%	52%	25%
1-09-03-0390	30%	25%	14%	1-09-03-1610	20%	33%	18%
1-09-03-0410	40%	57%	31%	1-09-03-1620	67%	51%	23%
1-09-03-0420	51%	36%	17%	1-09-03-1630	49%	0%	0%
1-09-03-0440	48%	37%	15%	1-09-03-1640	40%	35%	7%
1-09-03-0450	67%	46%	16%	1-09-03-1660	28%	42%	12%
1-09-03-0470	0%	17%	6%	1-09-03-1670	27%	22%	8%
1-09-03-0550	11%	33%	11%	1-09-03-1690	20%	16%	6%
1-09-03-0560	63%	46%	14%				

5.8.1 Účinnost 1 - odtok splavenin z uzávěrového profilu povodí IV. řádu

Vyhodnocujeme-li účinnost navrženého systému PEO z hlediska snížení odtoku splavenin uzávěrovým profilem jednotlivých povodí, je průměrná dosahovaná účinnost PEO 43 % (pro povodí Vlašimské Blanice, uzávěrový profil Radonice 39 %). V žádném z řešených povodí není po realizaci PEO odtok splavenin vyšší, než v současné situaci. Minimální hodnoty účinnost 0 % je dosaženo v případě jednoho povodí. Maximální dosažená účinnost je pak 84 % (pro povodí Vlašimské Blanice, uzávěrový profil Radonice 73 %).

Hodnoty účinnosti systému PEO z hlediska odtoku splavenin z povodí IV. řádu jsou zobrazeny na Obr. č. 7.

Nulová hodnota Účinnosti 1 byla dosažena v případě povodí ČHP 1-09-03-0470. V případě tohoto povodí byla realizována řada liniových PEO, které nemají retenční funkci a odvádí odtok včetně erodovaného materiálu do hydrografické sítě. V povodí nebyly realizovány záchytné prvky na hydrografické síti (suché vodní nádrže a erozní jímky). Z tohoto důvodu nedochází k eliminaci celkového množství splavenin procházejícího uzávěrovým profilem



Obr. č. 7 Hodnoty účinnosti PEO (varianta 1) z hlediska transportu splavenin pro jednotlivá povodí IV. řádu

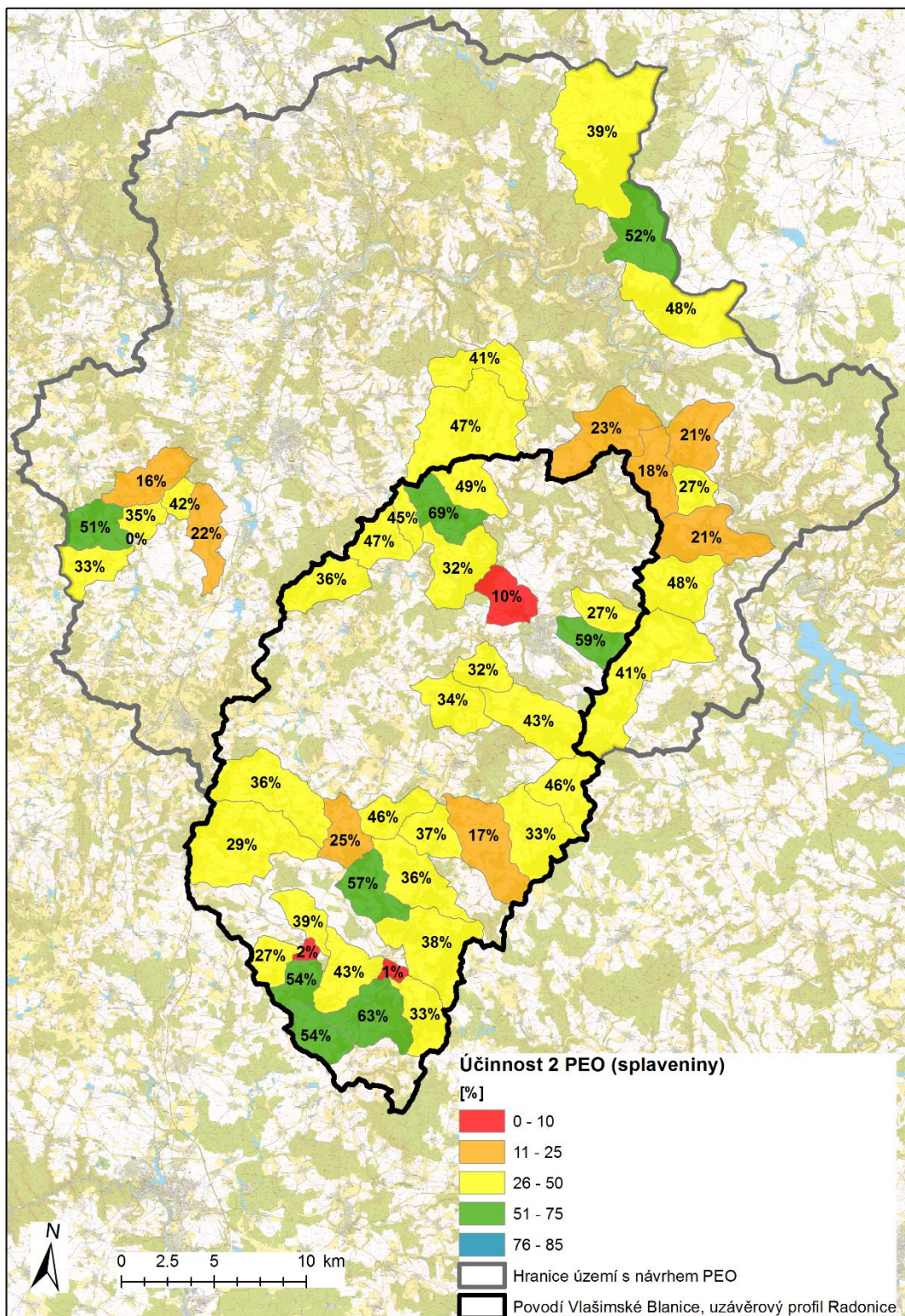
tohoto povodí.

5.8.2 Účinnost 2 – vstup splavenin z plochy povodí do stávající hydrografické sítě

Vyhodnocujeme-li účinnost navrženého systému PEO z hlediska snížení vstupu splavenin z plochy povodí do stávající hydrografické sítě je průměrná dosahovaná účinnost PEO 36 % (pro povodí Vlašimské Blanice, uzávěrový profil Radonice 37 %). V žádném z řešených povodí není po realizaci PEO odtok splavenin vyšší, než v současné situaci. Minimální hodnoty účinnost 0 % je dosaženo v případě jednoho povodí. Maximální dosažená účinnost je pak 69 %.

Hodnoty účinnosti systému PEO z hlediska vstupu splavenin z plochy povodí IV. řádu do stávající hydrografické sítě jsou zobrazeny na Obr. č. 8.

Nulová hodnota Účinnost 2 je dosažena ve velmi malém povodí ČHP 1-09-03-1630-0-00. V tomto povodí nejsou navržena žádná PEO umožňující zachycení splavenin v hydrografické síti. Z tohoto důvodu je odtok splavenin z tohoto povodí po realizaci navržených PEO shodný se stávajícím stavem



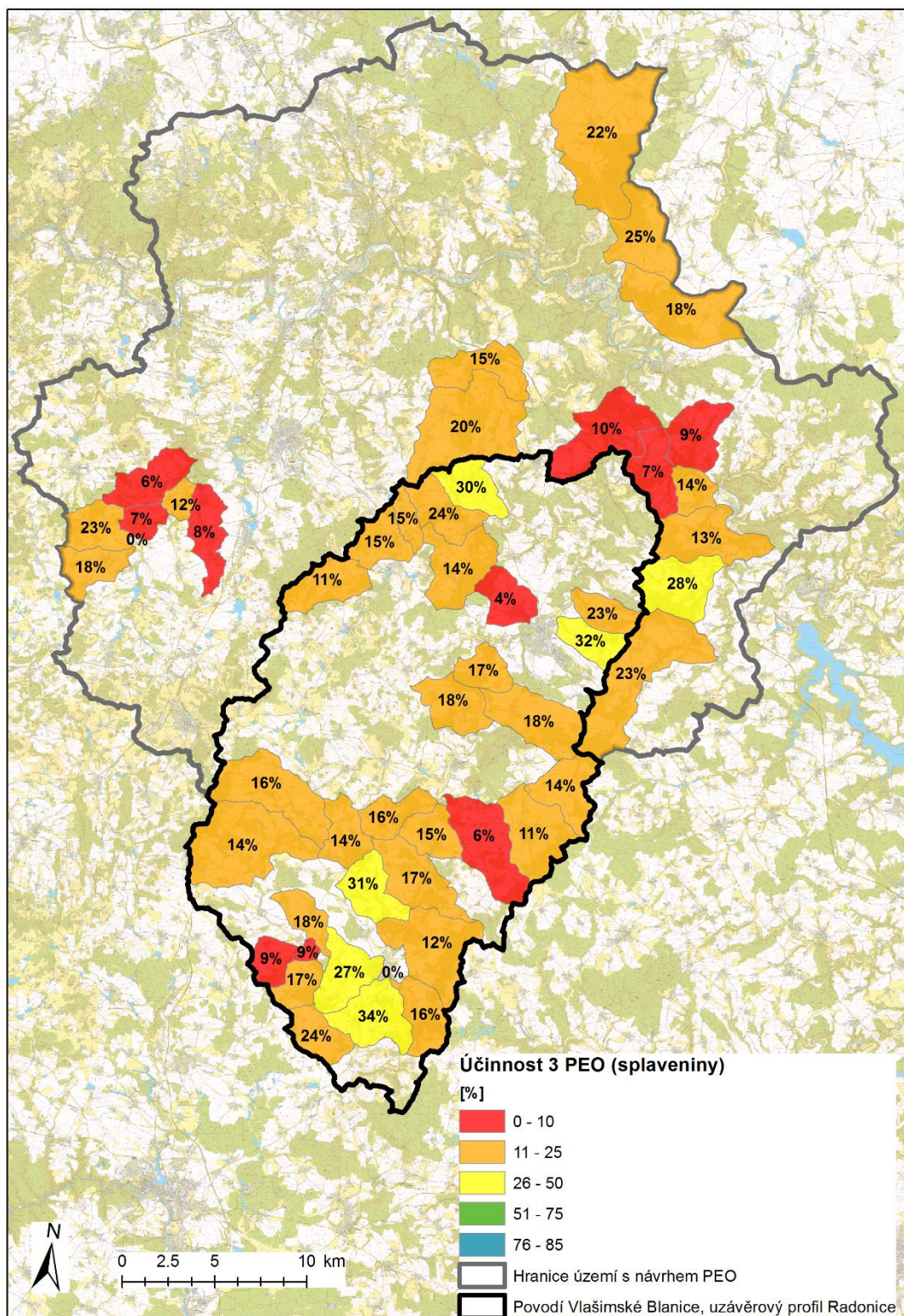
Obr. č. 8 Hodnoty účinnosti PEO (varianta 2) z hlediska transportu splavenin pro jednotlivá povodí IV. řádu

5.8.3 Účinnost 3 – množství erodovaného (uvolněného) materiálu v ploše povodí

Vyhodnocujeme-li účinnost navrženého systému PEO z hlediska snížení intenzity eroze v ploše povodí je průměrná dosahovaná účinnost PEO 16 % (pro povodí Vlašimské Blanice, uzávěrový profil Radonice 17 %). V žádném z řešených povodí není po realizaci PEO odtok splavenin vyšší, než v současné situaci. Minimální hodnoty účinnost 0 % je dosaženo v případě dvou povodí. Maximální dosažená účinnost je pak 34 %.

Hodnoty účinnosti systému PEO z hlediska snížení intenzity eroze v ploše povodí IV. řádu jsou zobrazeny na Obr. č. 9.

Nulová hodnota Účinnost 3 je dosažena ve dvou velmi malých povodí ČHP 1-09-03-1630-0-00 a ČHP 1-09-03-0260-0-00. V těchto povodí nejsou navržena žádná plošná PEO umožňující zachycení splavenin v ploše povodí. Z tohoto důvodu je celková eroze v těchto povodí po realizaci navržených PEO beze změny oproti stávajícímu stavu.



Obr. č. 9 Hodnoty účinnosti PEO (varianta 3) z hlediska transportu splavenin pro jednotlivá povodí IV. řádu

5.9 Vyhodnocení účinnosti PEO z hlediska transportu erozního fosforu do hydrografické sítě

Účinnost navržených PEO byla dále vyhodnocena z hlediska transportu erozního fosforu. Hodnoty byly stanoveny pro všechna řešená povodí IV. řádu ve dvou variantách popsanych v úvodu kapitoly 5.7. Hodnoty účinnosti v jednotlivých povodích IV. řádu jsou souhrnně uvedeny v Tab. č. 8. Povodí IV. řádu spadající do povodí Vlašimské Blanice (uzávěrový profil Radonice) jsou v tabulce zvýrazněny žlutou barvou.

Tab. č. 8 Účinnost systému PEO z hlediska transportu erozního fosforu stanovená ve dvou variantách pro řešená povodí IV. řádu

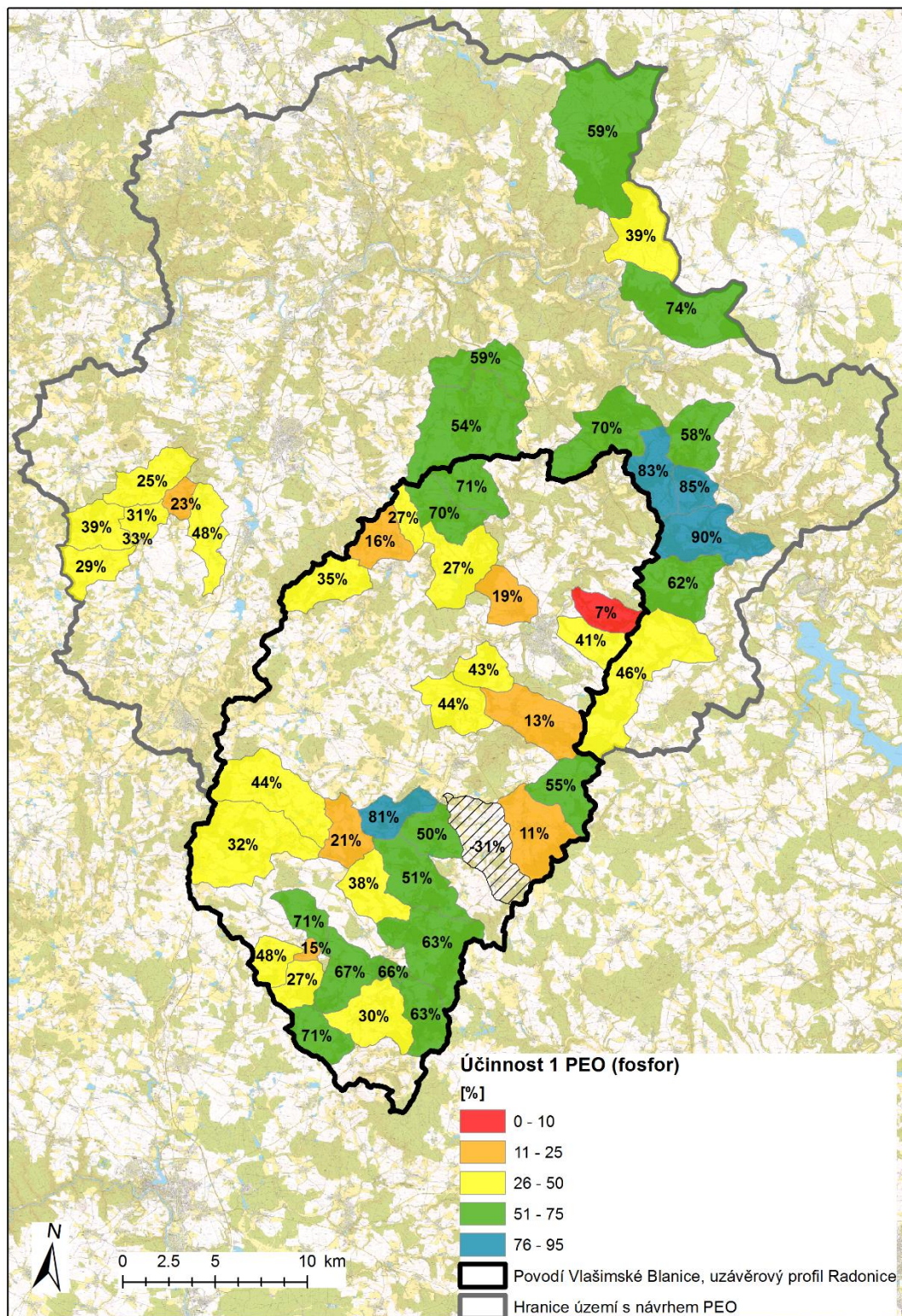
Povodí IV. řádu	Účinnost 1	Účinnost 2	Povodí IV. řádu	Účinnost 1	Účinnost 2
1-09-03-0020	46%	38%	1-09-03-0580	44%	42%
1-09-03-0070	62%	49%	1-09-03-0590	13%	32%
1-09-03-0090	90%	44%	1-09-03-0600	43%	31%
1-09-03-0190	85%	48%	1-09-03-0670	19%	15%
1-09-03-0200	58%	46%	1-09-03-0710	41%	54%
1-09-03-0210	83%	13%	1-09-03-0730	7%	37%
1-09-03-0230	71%	69%	1-09-03-0800	35%	31%
1-09-03-0240	30%	76%	1-09-03-0820	16%	62%
1-09-03-0250	63%	28%	1-09-03-0830	27%	39%
1-09-03-0260	66%	0%	1-09-03-0850	27%	38%
1-09-03-0280	48%	41%	1-09-03-0860	70%	73%
1-09-03-0290	15%	0%	1-09-03-0890	71%	50%
1-09-03-0300	27%	58%	1-09-03-0930	70%	41%
1-09-03-0320	71%	47%	1-09-03-0940	54%	40%
1-09-03-0330	67%	49%	1-09-03-0950	59%	65%
1-09-03-0360	63%	60%	1-09-03-1000	74%	62%
1-09-03-0370	44%	31%	1-09-03-1020	59%	18%
1-09-03-0380	32%	37%	1-09-03-1030	39%	40%
1-09-03-0390	21%	-1%	1-09-03-1610	29%	53%
1-09-03-0410	38%	59%	1-09-03-1620	39%	27%
1-09-03-0420	51%	16%	1-09-03-1630	33%	0%
1-09-03-0440	50%	33%	1-09-03-1640	31%	33%
1-09-03-0450	81%	55%	1-09-03-1660	23%	48%
1-09-03-0470	-31%	28%	1-09-03-1670	48%	35%
1-09-03-0550	11%	42%	1-09-03-1690	25%	11%
1-09-03-0560	55%	39%			

5.9.1 Účinnost 1 – odtok erozního fosforu uzávěrovým profilem povodí IV. řádu

Vyhodnocujeme-li účinnost navrženého systému PEO z hlediska snížení odtoku erozního fosforu uzávěrovým profilem jednotlivých povodí je průměrná dosahovaná účinnost PEO **45 %** (pro povodí Vlašimské Blanice, uzávěrový profil Radonice 40 %). V jednom z řešených povodí je po realizaci PEO odtok erozního fosforu vyšší, než v současné situaci. Toto povodí

je samostatně komentováno v kapitole 5.10. Maximální dosažená účinnost je pak 90 % (pro povodí Vlašimské Blanice, uzávěrový profil Radonice 81 %).

Hodnoty účinnosti systému PEO z hlediska odtoku erozního fosforu z povodí IV. řádu jsou zobrazeny na Obr. č. 10.



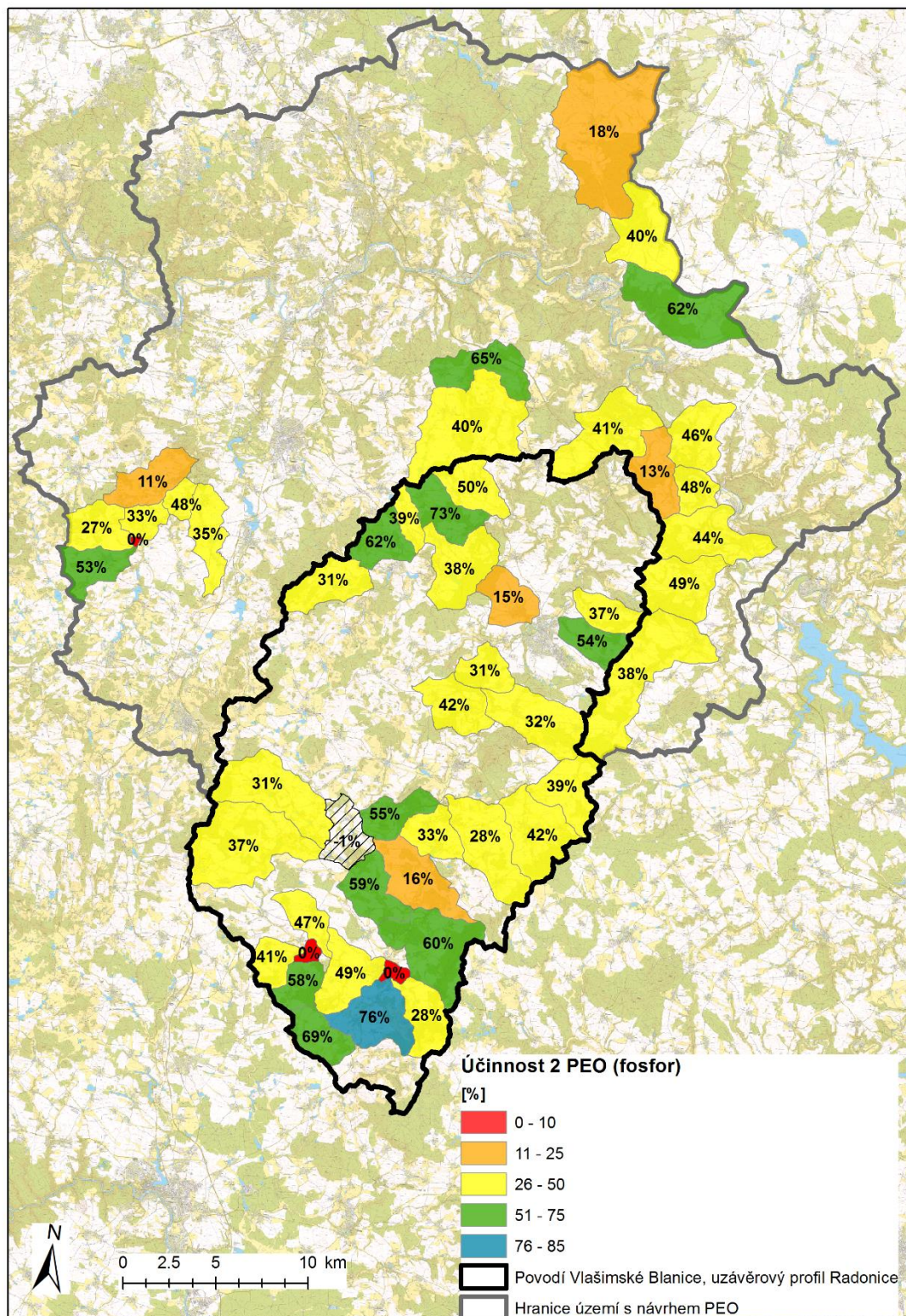
Obr. č. 10 Hodnoty účinnosti PEO (varianta 1) z hlediska transportu erozního fosforu pro jednotlivá povodí IV. řádu

5.9.2 Účinnost 2 – vstup erozního fosforu do stávající hydrologické sítě

Vyhodnocujeme-li účinnost navrženého systému PEO z hlediska snížení vstupu erozního fosforu z plochy povodí do stávající hydrografické sítě je průměrná dosahovaná účinnost PEO **39 %** (pro povodí Vlašimské Blanice, uzávěrový profil Radonice 40 %). V jednom z řešených povodí je po realizaci PEO odtok erozního fosforu vyšší, než v současné situaci. Maximální dosažená účinnost je pak 76 %.

Hodnoty účinnosti systému PEO z hlediska vstupu erozního fosforu z plochy povodí IV. řádu do stávající hydrografické sítě jsou zobrazeny na Obr. č. 11.

V případě povodí ČHP 1-09-03-0390-0-00 je hodnota Účinnosti 2 záporná. Stejně jako v případě tří povodí IV. řádu, pro které je hodnota Účinnosti 2 nulová se jedná o povodí, ve kterých nejsou realizována PEO, která by omezovala vstup splavenin do hydrografické sítě. V těchto povodí jsou realizována PEO omezující erozi v ploše povodí, čímž dochází k ochraně zemědělské půdy před erozí a s ní spojeným odtokem fosforu. Tato opatření svým typem a umístěním významně neovlivňují reálný vstup splavenin a erozního fosforu do hydrografické sítě. Vstup fosforu do sítě vodních toků je proto bez významných změn oproti stávajícímu stavu.



Obr. č. 11 Hodnoty účinnosti PEO (varianta 2) z hlediska vstupu erozního fosforu do stávající hydrografické sítě pro jednotlivá povodí IV. řádu

5.10 Příčiny nízké účinnosti navrženého systému PEO na celkový odtok splavenin a erozního fosforu z povodí IV. řádu

Při realizaci navržených PEO v některých případech může dojít ke koncentraci erodovaného materiálu a na tento materiál navázaného fosforu. Hlavní příčinou tohoto jevu je realizace liniových PEO, které nejsou retenční. Pokud jsou tyto prvky realizovány bez ochranných doprovodných prvků (ochranné travnaté pásy apod.), mohou tyto prvky koncentrovat a následně transportovat erodovaný materiál a následně navyšovat dotaci hydrografické sítě tímto materiálem.

Jsou-li součástí návrhu PEO také sedimentační VN dojde k zachycení tohoto materiálu v nových VN a celkový odtok splavenin a erozního fosforu je tímto efektem snížen. Pokud v rámci navrženého systému PEO nejsou navrženy sedimentační VN, nedojde k zachycení splavenin a erozního fosforu a může tak dojít k navýšení celkového odtoku splavenin nebo erozního fosforu.

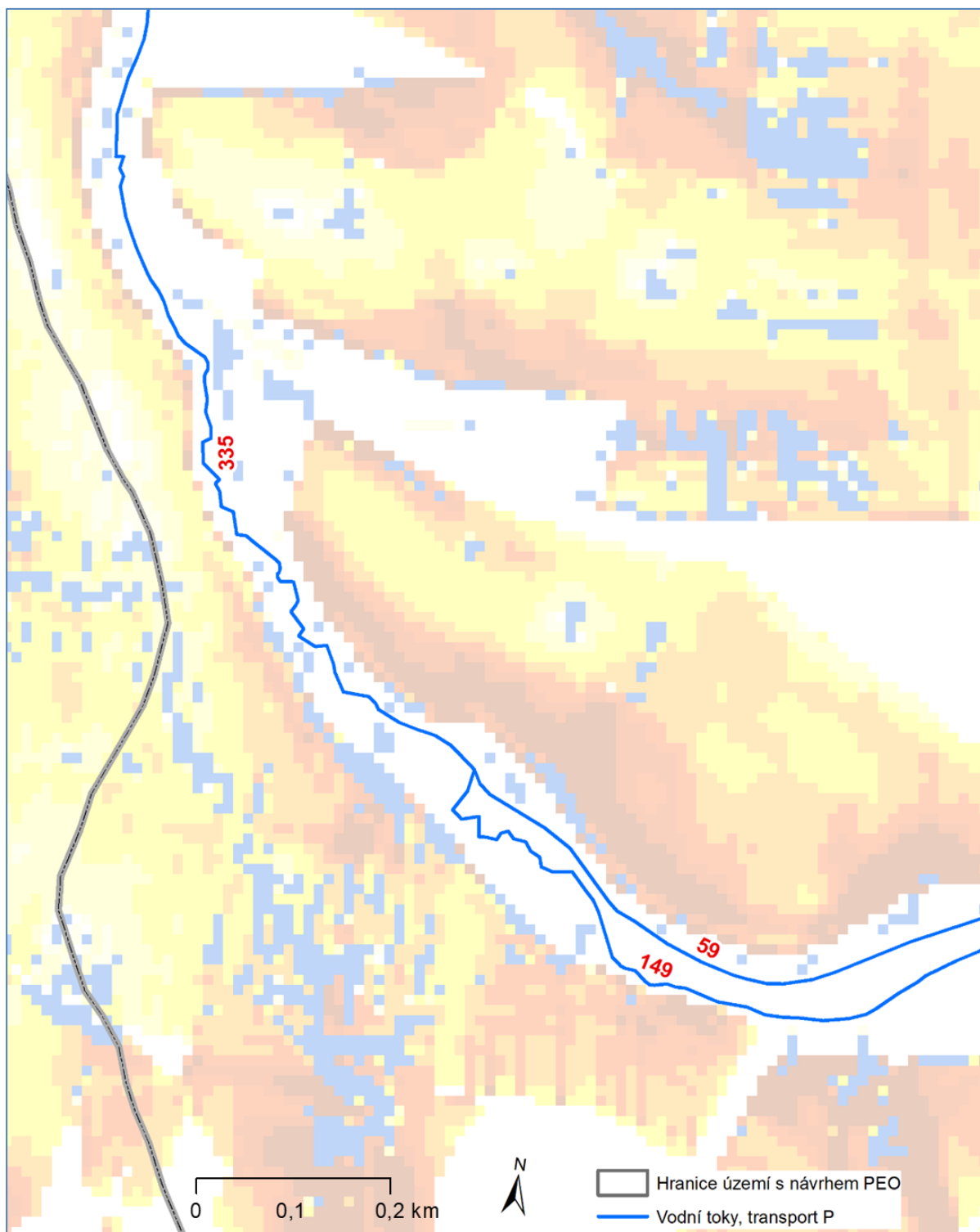
Příkladem je povodí ČHP 1-09-03-0470. Účinnost navržených PEO z hlediska transportu splavenin je v případě tohoto povodí relativně nízká, z hlediska transportu erozního fosforu dochází dokonce k navýšení celkového odtoku z povodí (viz Tab. č. 9).

Tab. č. 9 Hodnoty účinnosti navrženého systému PEO pro povodí ČHP 1-09-03-0470

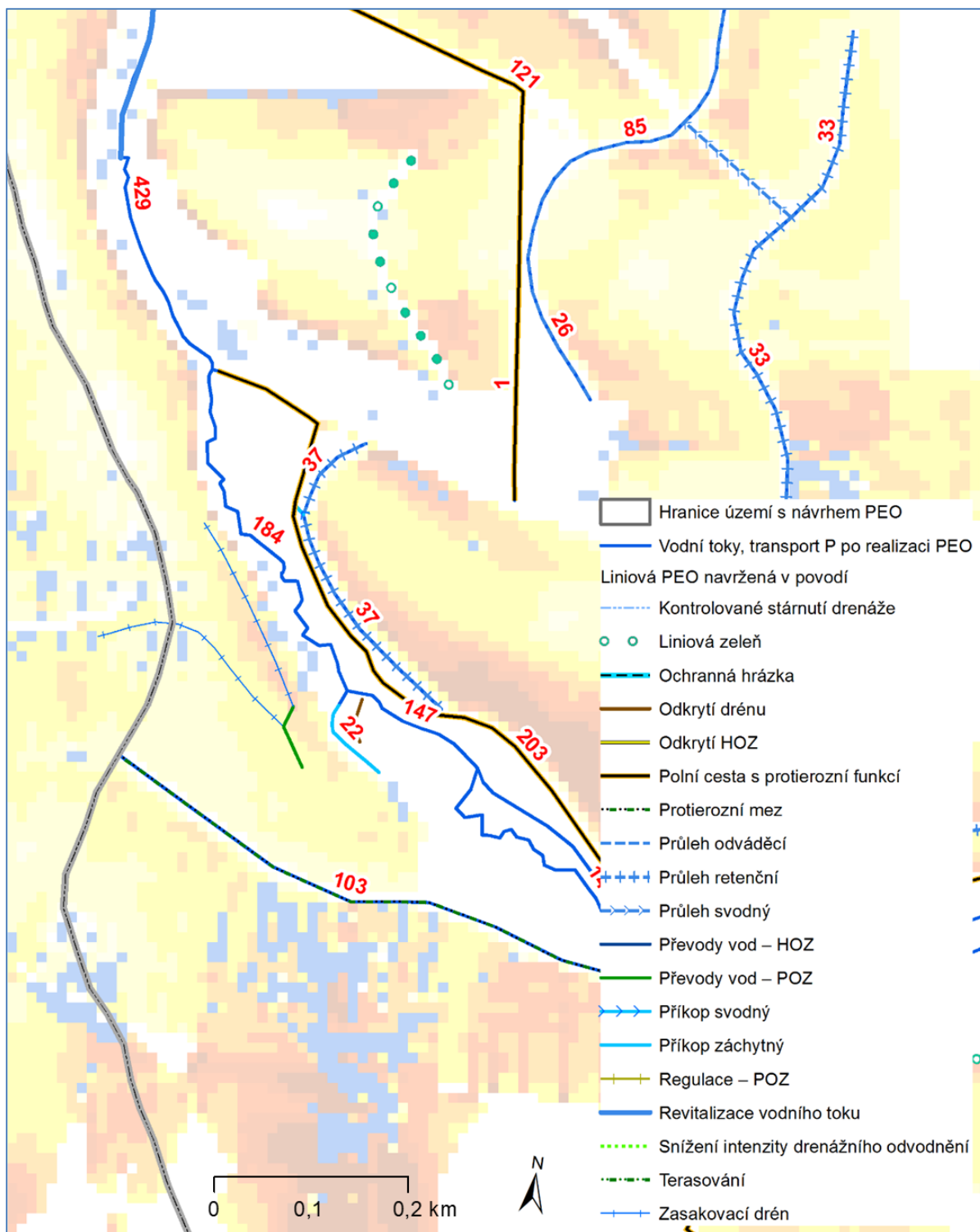
	Účinnost 1	Účinnost 2	Účinnost 3
Splaveniny	0%	17%	6%
Fosfor	-31%	28%	-

V případě tohoto povodí nebyly navrženy žádné sedimentační jímky ani VN. Naopak zde byl navržen systém neretenčních liniových prvků, které byly v rámci modelu směřovány na stávající hydrografickou síť. V místě nově navržené protierozní cesty, jejíž příkop funguje jako svodný prvek, tak dochází k významnému navýšení vstupu splavenin i erozního fosforu do hydrografické sítě. Celkový odtok splavenin v místě uzávěrového profilu tohoto povodí je tak i přes realizaci systému PEO nesnížený. Odtok erozního fosforu je dokonce po realizaci systému PEO vyšší než v současné situaci v povodí.

Místo napojení systému PEO na hydrografickou síť, kde dochází k dotaci sítě vodních toků splaveninami a erozním fosforem je zobrazeno na Obr. č. 12 a Obr. č. 13.



Obr. č. 12 Vodní toky s transportovaným množstvím erozního fosforu (kg/rok) – současný stav

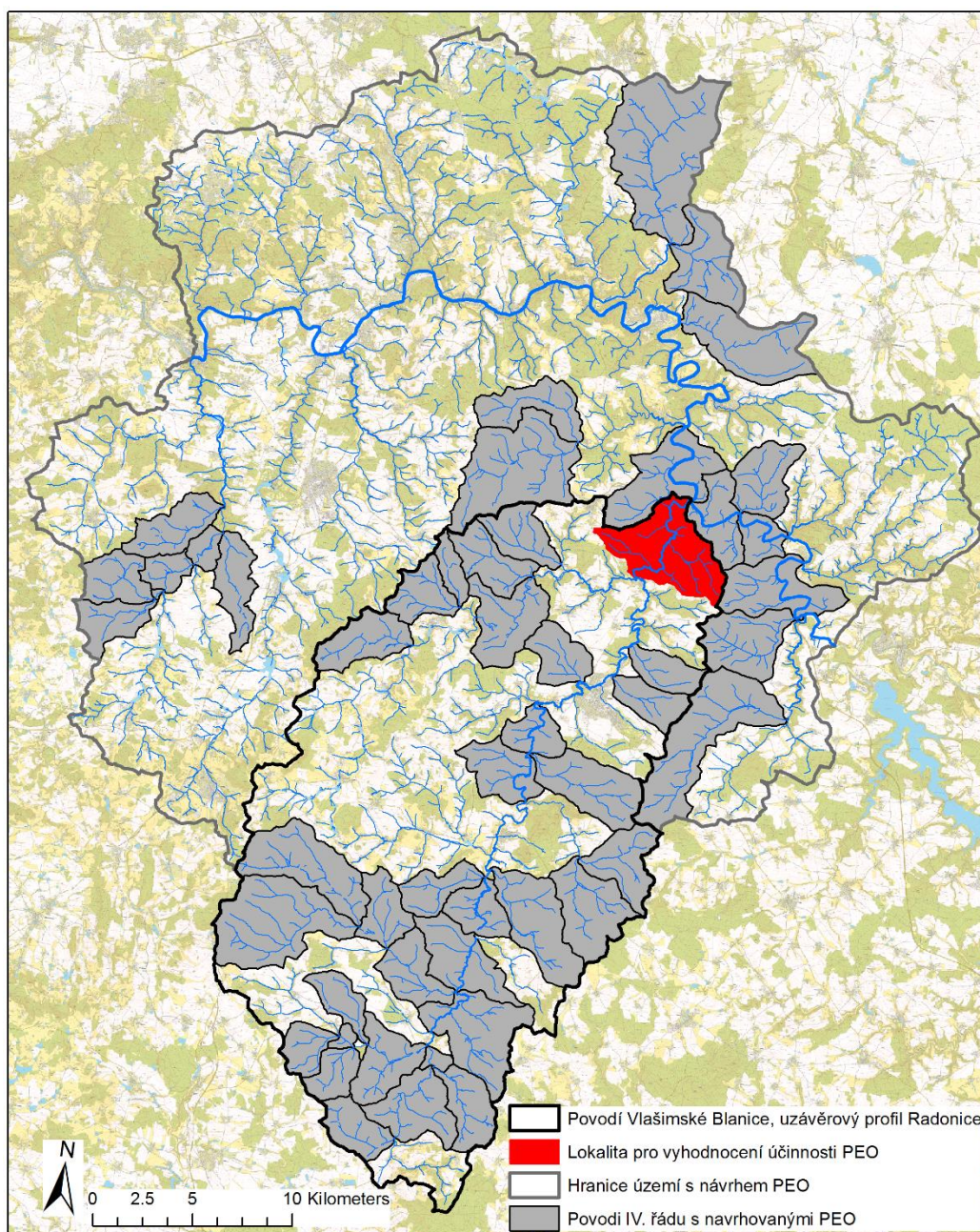


Obr. č. 13 Vodní toky s transportovaným množstvím erozního fosforu (kg/rok) – návrhový stav

5.11 Celková účinnost v uzávěrovém profilu povodí Vlašimské Blanice, uzávěrový profil Radonice

V kapitole 6 bude popsáno vyhodnocení účinnosti opatření proti podpovrchovým zdrojům znečištění, a ta byla řešena pro povodí Vlašimské Blanice, uzávěrový profil Radonice. Aby mohl být synergicky sledován účinek obou typů opatření ve stejném profilu, byla celková účinnost pro tento profil vyhodnocena i v případě protierozní ochrany.

Z hlediska dopadu na odtok splavenin a erozního fosforu v místě uzávěrového profilu se navržený systém opatření ukazuje jako vysoce funkční. Pro tuto analýzu byl sledován odtok uzávěrovým profilem modelovaného území (uzávěrový profil povodí IV. řádu ČHP 1-09-03-0920) viz Obr. č. 14. Realizací PEO dochází ke snížení odtoku splavenin o 30 % a erozního fosforu o 37 % (viz Tab. č. 10).



Obr. č. 14 Uzávěrový profil povodí Vlašimské Blanice, profil Radonice

Tab. č. 10 Účinnost 1 navržených PEO vyhodnocená v místě uzávěrového profilu výpočetního celku modelu WaTEM/SEDEM, uzávěrový profil povodí IV. řádu ČHP 1-09-03-0920

	Stávající stav	Po realizaci PEO	Účinnost 1
Transport splavenin [t/rok]	44 021	30 763	30%
Transport erozního fosforu [kg/rok]	18 857	11 930	37%

5.12 Efektivita dílčích PEO a jejich soustav

Při vyhodnocování efektivity opatření je možné sledovat dopad realizace PEO z různých hledisek. V předchozí kapitole byla účinnost všech navržených PEO z hlediska zatížení vodních toků splaveninami/fosforem vyhodnocena jako

- **Účinnost 2**

V případě retenčních PEO byla předpokládána jejich 100% účinnost z hlediska zachycení vstupujících splavenin. Stejně tak však byla předpokládána 100% účinnost z hlediska zachycení vstupujících splavenin u liniových neretenčních prvků popsaných v kapitole 5.7 a 5.8.

Jedná se o odkrytí HOZ, záchytné a svodné příkopy, protierozní meze, odváděcí a svodné průlehy. Pro reálný účinek těchto prvků na zachycení splavenin a erozního fosforu je však třeba vyhodnotit jejich skutečnou funkčnost. Pokud nebudou tyto součásti PEO navrhovány s minimálním sklonem a doplněny o retardační prvky s pravidelně čištěnými retenčními prostory, lze spíše předpokládat, že ve skutečnosti zachytí pouze minimální množství splavenin, které do nich vstoupí a budou fungovat spíše jako netrvalé vodní toky s nízkou retencí.

Hodnocení efektivity **Účinnost 2** tak bylo doplněno o dva modelové stavy funkčnosti těchto primárně „neretenčních“ prvků.

- **Účinnost 2***

Tento stav vyhodnocuje situaci, která nejvíce odpovídá reálnému stavu „obvyklým způsobem“ realizovaných výše popsaných liniových opatření při zvýšených průtocích během výrazných erozních epizod. Do vyhodnocení je zahrnut vstup splavenin a erozního fosforu do stávající hydrografické sítě a neretenčních prvků PEO, které jsou do modelu zahrnuty jako nové úseky vodních toků. V případě, že tyto prvky nejsou navrhovány tak, aby došlo k eliminaci vstupu splavenin do těchto prvků (např. doplněním prvku o travní pás) způsobují tyto prvky zvýšené zatížení hydrografické sítě vstupem splavenin (Obr. č. 15) a erozního fosforu (Obr. č. 16) a snižují tak celkovou účinnost navrženého systému PEO.

- **Účinnost 2****

Třetí stav (popsán jako **Účinnost 2****) vyhodnocuje nejhorší možnou výslednou situaci, kde je předpokládána nedokonalá funkčnost rovněž u retenčních prvků PEO. Tato situace může nastat např. při nevhodném postupu při návrhu prvku nebo v případě nedostatečné údržby realizovaných retenčních prvků.

Porovnání výsledného efektu realizovaných opatření na celkové vstupy sedimentu/fosforu do VT při různém stavu jejich retenčního potenciálu je uvedeno v Tab. č. 11. Pro povodí Vlašimské Blanice (uzávěrový profil Radonice) je efektivita uvedena v Tab. č. 11 čísly zvýrazněnými žlutou barvou.

Pokud by retenční i „záchytná a odváděcí“ opatření zcela absorbovala sediment/fosfor vstupující do nich z příslušných zemědělských pozemků, byl by efekt snížení vstupu splavenin i erozního fosforu z okolních pozemků do stávající hydrografické sítě velmi výrazný (Účinnost 2). Hodnoty účinnosti jsou 38% (splaveniny) a 43% (erozní fosfor). Z uvedených hodnot je zřejmé, že navržené technické prvky PEO v krajině jsou výrazně dotovány sedimentem i erozním fosforem. Z pohledu přímého vstupu sedimentu do stávající hydrografické sítě včetně zahrnutí nově vybudovaných technických prvků dochází k navýšení zatížení sítě vodních toků (Účinnost 2*). Reálně je systém PEO doplněn o systém záchytných prvků hydrografické sítě (sedimentační jímky a nové vodní nádrže). Tyto prvky eliminují navýšený vstup splavenin a fosforu a z pohledu uzávěrového profilu povodí je celý systém PEO stále efektivní.

Na druhé straně jsou tyto vodní nádrže (stávající i nově zbudované) výrazně zatíženy dotací sedimentu v důsledku realizace nových neretenčních prvků. V případě, že dojde k výraznému omezení kapacity navržených retenčních PEO (např. jejich zanesením), dochází zde ke zhoršení situace v povodí (Účinnost 2**).

Vyhodnocení tří variant účinnosti (viz Tab. č. 11) umožňuje porovnání vlivu PEO na stávající síť vodních toků, možné skutečné zatížení hydrografické sítě a zároveň nabízí pohled na „selhávání systému“ v případě zanedbání péče o retenční PEO.

Tab. č. 11 Účinnost 2 navržených PEO pro 3 varianty funkčnosti systému (pro území všech 48 povodí IV. řádu – bílá pole, pro povodí Vlašimské Blanice (uzávěrový profil Radonice)- žlutá pole)

	Účinnost 2	Účinnost 2*	Účinnost 2**
Transport splavenin do hydrografické sítě	38%	-3%	-50%
	41%	3%	-44%
Transport erozního fosforu do	43%	-66%	-180%
	45%	-50%	-162%

Účinnost 2 - vyhodnocen jen vstup z okolních pozemků do stávající hydrografické sítě

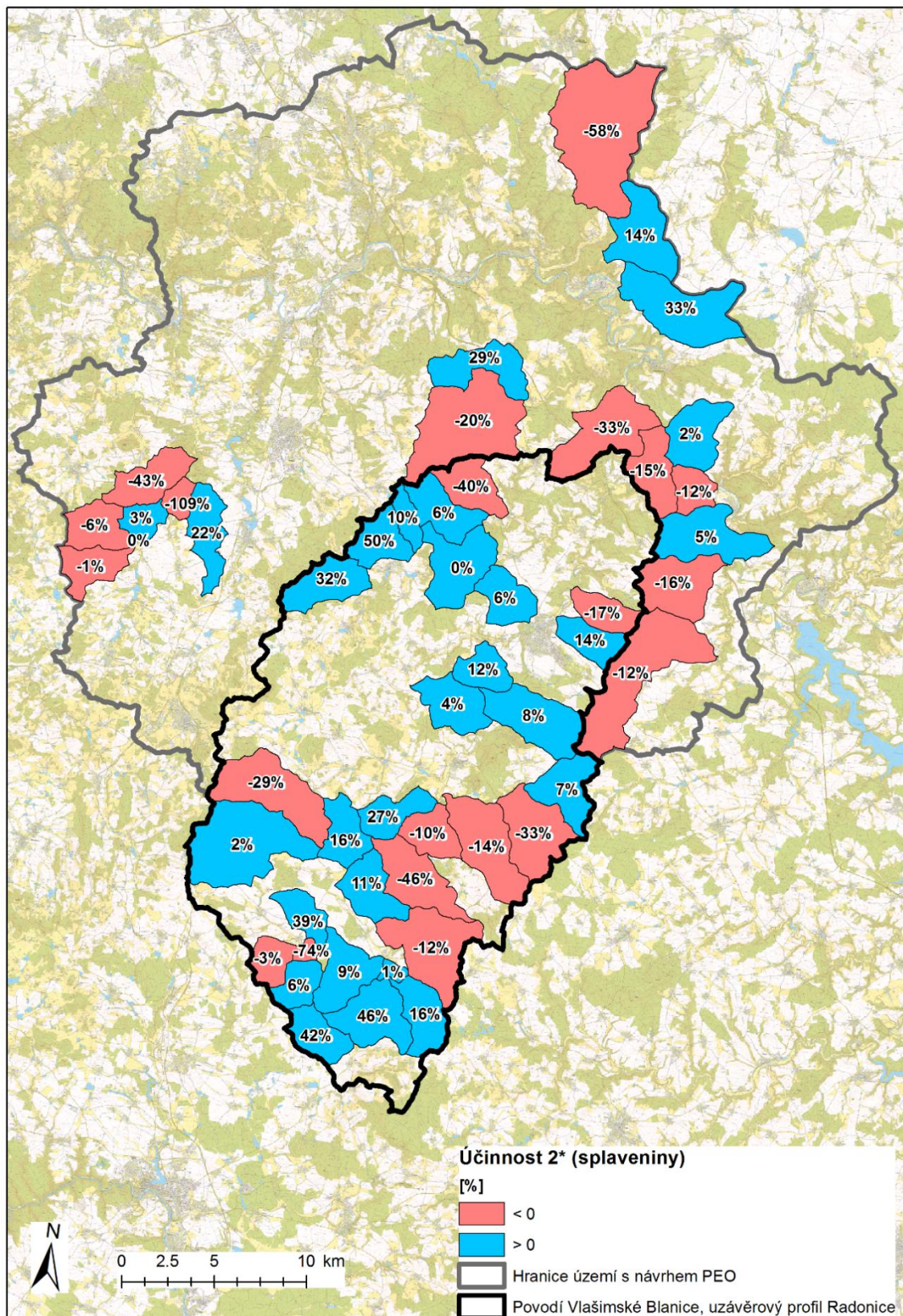
Účinnost 2* - předpokládá 100% funkčnost retenčních prvků, vyhodnocuje vstup do stávající hydrografické sítě a liniových neretenčních PEO

Účinnost 2** - předpokládá nefunkčnost retenčních PEO (např. zanesením) a vyhodnocuje vstup do stávající hydrografické sítě a všech liniových PEO

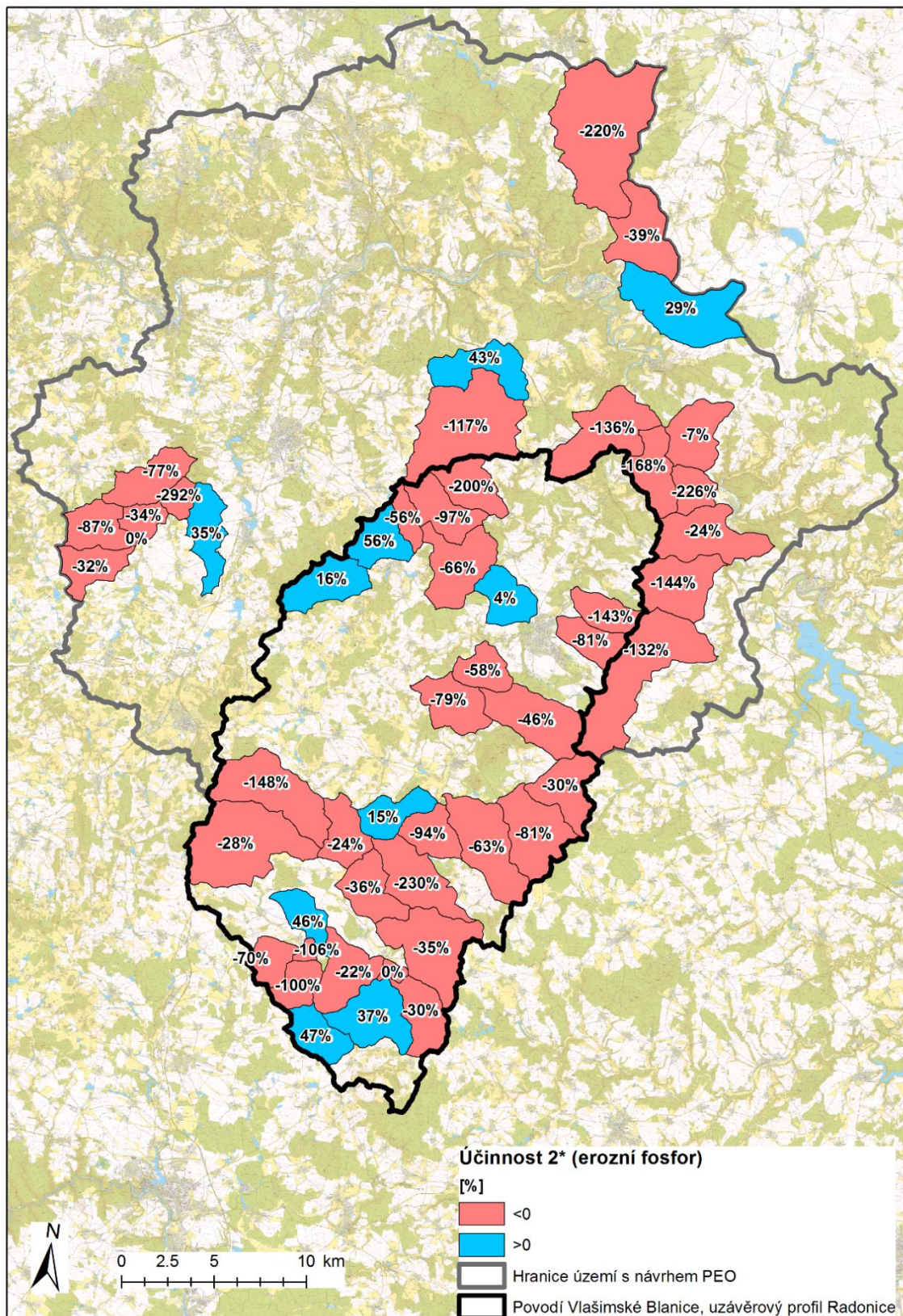
Množství splavenin a erozního fosforu zachycené v retenčních PEO v případě jejich plné funkčnosti je zpracováno v Tab. č. 12. Povodí IV. řádu spadající do povodí Vlašimské Blanice (uzávěrový profil Radonice) jsou v tabulce zvýrazněny žlutou barvou.

Tab. č. 12 Množství erodovaného materiálu a erozního fosforu zachycené v navržených retenčních liniových prvcích v jednotlivých povodích IV. řádu

KOD	Vstup (teoretické zachycení) v retenčních PEO		KOD	Vstup (teoretické zachycení) v retenčních PEO	
	Zachycení splavenin [t/rok]	Zachycení fosforu [kg/rok]		Zachycení splavenin [t/rok]	Zachycení fosforu [kg/rok]
1-09-03-0020-0-00	2127	3230	1-09-03-0580-0-00	590	856
1-09-03-0070-0-00	624	737	1-09-03-0590-0-00	2153	2733
1-09-03-0090-0-00	695	912	1-09-03-0600-0-00	753	883
1-09-03-0190-0-00	70	114	1-09-03-0670-0-00	268	324
1-09-03-0200-0-00	573	850	1-09-03-0710-0-00	1013	1558
1-09-03-0210-0-00	14	29	1-09-03-0730-0-00	796	982
1-09-03-0230-0-00	1035	1418	1-09-03-0800-0-00	888	1115
1-09-03-0240-0-00	291	262	1-09-03-0820-0-00	1353	1870
1-09-03-0250-0-00	108	80	1-09-03-0830-0-00	423	545
1-09-03-0260-0-00	0	0	1-09-03-0850-0-00	614	877
1-09-03-0280-0-00	428	598	1-09-03-0860-0-00	1046	1415
1-09-03-0290-0-00	0	0	1-09-03-0890-0-00	747	1015
1-09-03-0300-0-00	226	365	1-09-03-0930-0-00	186	286
1-09-03-0320-0-00	539	559	1-09-03-0940-0-00	1705	2375
1-09-03-0330-0-00	731	1020	1-09-03-0950-0-00	659	1058
1-09-03-0360-0-00	401	536	1-09-03-1000-0-00	1771	1412
1-09-03-0370-0-00	1023	1498	1-09-03-1020-0-00	3396	3740
1-09-03-0380-0-00	669	1023	1-09-03-1030-0-00	2119	1791
1-09-03-0390-0-00	466	804	1-09-03-1610-0-00	487	617
1-09-03-0410-0-00	993	1283	1-09-03-1620-0-00	1026	1333
1-09-03-0420-0-00	573	786	1-09-03-1630-0-00	0	0
1-09-03-0440-0-00	634	807	1-09-03-1640-0-00	75	82
1-09-03-0450-0-00	302	487	1-09-03-1660-0-00	66	73
1-09-03-0470-0-00	107	165	1-09-03-1670-0-00	153	210
1-09-03-0550-0-00	691	1013	1-09-03-1690-0-00	488	506
1-09-03-0560-0-00	1102	1216	CELKEM	37197	47448



Obr. č. 15 Účinnost 2* z hlediska transportu splavenin v jednotlivých povodích IV. řádu.



Obr. č. 16 Účinnost 2* z hlediska transportu erozního fosforu v jednotlivých povodích IV. řádu

5.13 Dílčí shrnutí

Plošné zdroje povrchového znečištění v povodí Vltavy (a rovněž konkrétně v povodí Vlašimské Blanice) jsou významným degradujícím faktorem jak pro zemědělskou půdu, tak pro vodní toky a nádrže v povodí.

Projekt „Příprava listů opatření typu A lokalit plošného zemědělského opatření pro plány dílčích povodí“ významně přispěl k přesnému definování významu tohoto problému i naznačení možného řešení, potřebného rozsahu krajinných opatření a určení jejich možného účinku. Projekt je tak rovněž návodem ke komplexnímu přístupu a možnou inspirací pro způsoby výpočtu i návrhu opatření v dalších povodích. Stejně tak je nutným krokem ke skutečné realizaci efektivních opatření v povodí.

V etapě M se jasně ukázalo, že opatření je nutné posuzovat synergicky, a i protierozní opatření mají svá rizika, pokud dostatečně neakcentují skutečnou retenci povrchového odtoku.



Obr. č. 17 Erozní odtok v povodí Vlašimské Blanice (léto 2017, foto Josef Krása)

6. Opatření omezující znečištění z podpovrchových zdrojů

6.1 Výběr povodí IV. řádu pro návrh opatření na systémech odvodnění

Výběr povodí IV. řádu pro návrh opatření proběhl, obdobně jako u opatření pro povrchový odtok, podle více hledisek. Jednak na základě kategorizace tzv. SIPO - Souhrnný index potřebnosti opatření, který vychází z hodnot stupně rizika SR-Izornění_odvodnění, zlepšujícího stupně rizika SR-Iopatření a stupně rizika dle zlepšujícího vlivu vodních ploch. Hodnota indexu zahrnuje zlepšující vliv již aplikovaných opatření (zatravnění) a vodních nádrží v řešené lokalitě. Z tohoto indexu lze odvodit také potřebnost návrhu dalších opatření snižujících zátěž plošným zemědělským znečištěním pro hodnocené lokality (vodní útvary, povodí IV. řádu). Dále výběr povodí pro návrhy opatření přihlížel ke kategorizaci ohroženosti povodí povrchovým odtokem a erozí a nakonec byl také zohledňován potenciál povodí z pohledu zlepšení retence vody a její kvality, aby opatření, resp. jejich systémy, byly navrženy s optimální, resp. co nejvyšší účinností.

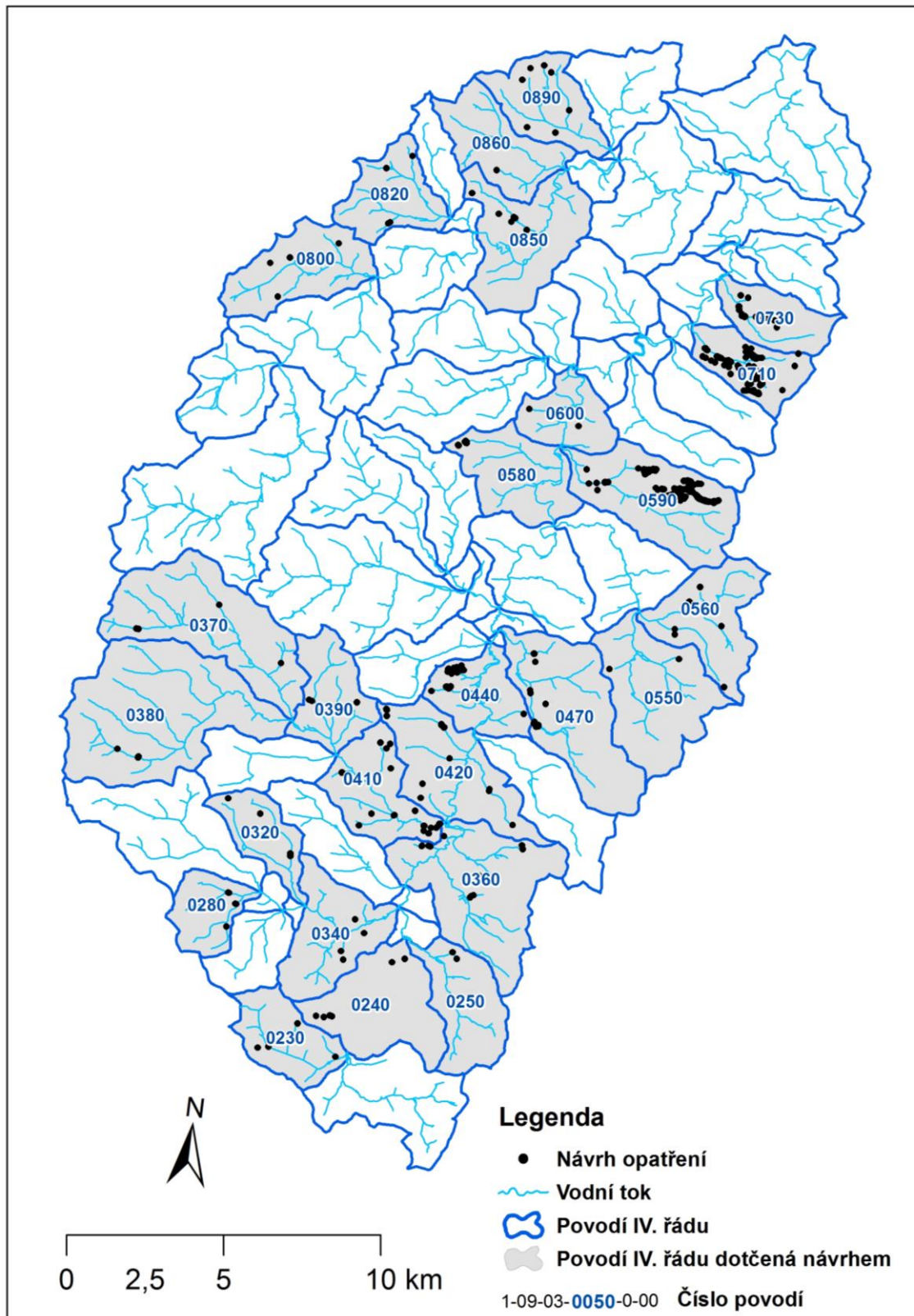
6.2 Popis navrhovaných opatření na podpovrchových zdrojích znečištění

Navrhované systémy opatření vycházejí ze zpracovaného Katalogu opatření (etapa J). V tomto katalogu je uveden podrobný popis jednotlivých opatření a vhodných systémů. V rámci etapy M bylo navrženo celkem 496 opatření na podpovrchové zdroje znečištění v 26 povodích IV. řádu vlašimské Blanice, viz Tab. č. 13.

Tab. č. 13 Navržená ochranná opatření - podpovrchové zdroje znečištění (vlašimská Blanice)

Navržené ochranné opatření	Počet
Biofiltr v návaznosti na drenážní systém	12
Kontrolované spontánní stárnutí drenáže	8
Lokální eliminace drénu	10
Lokální eliminace drénu (části drénu) - zaslepení	2
Mokřad v dolní části drenážního systému (či v návaznosti na něj) s předřazeným objektem pro zpomalení odtoku	15
Objekt na drenáži typu kořenové čistírny	16
Odkrytí drénu a jeho úplné odstranění	80
Odkrytí zatrubněných hlavních odvodňovacích zařízení	8
Plošné odstranění POZ	39
Převody drenážních vod na úrovni podrobného odvodňovacího zařízení	112
Převody vod na úrovni hlavních odvodňovacích zařízení	2
Regulace na úrovni podrobného odvodňovacího zařízení	5
Rozdělovací objekt	40
Snížení intenzity drenážního odvodnění - clony	3
Tůň dotovaná drenážní vodou nebo tůň na drenážní výusti	74
Zasakovací drén	12
Zatravnění údolnice	58
Celkový součet	496

V pilotním povodí Vlašimské Blanice, v rámci kterého proběhlo hodnocení účinnosti opatření na snížení znečištění z podpovrchového odtoku, byly systémy opatření navrženy na celkem 26 povodích IV. řádu viz Obr. č. 18



Obr. č. 18 Povodí IV. řádu vlašimské Blanice dotčená návrhem opatření

6.3 Vyhodnocení účinnosti navržených opatření

Hodnocení účinnosti navržených opatření na snížení znečištění z podpovrchových zdrojů – opatření na drenážních systémech

Účinnost opatření pro účely této studie byla hodnocena na základě snížení příspěvku odvodňovacích systémů (OS) k celkovému odnosu dusičnanového dusíku a celkového fosforu v rámci povodí IV. řádu. Jako pilotní území bylo zvoleno povodí vlašimské Blanice se značným výskytem povodí IV. řádu ohrožených podpovrchovými zdroji plošného zemědělského znečištění. Proto byla značná část návrhů opatření na snížení podpovrchového znečištění lokalizována do tohoto povodí.

Hodnocení účinnosti opatření proběhlo ve dvou krocích. Prvním krokem bylo stanovení příspěvku odvodňovacích systémů k celkovému znečištění vod v rámci povodí IV. řádu za současné situace. Ve druhém kroku byl hodnocen potenciální vliv navržených opatření na snížení znečištění vod v případě jejich realizace.

Současný příspěvek OS k odnosu dusičnanového dusíku a celkového fosforu

K výpočtu byly využity následující veličiny: Plocha odvodnění v daném povodí IV. řádu, způsob využití odvodněné půdy a v subpovodích drenáží, velikost specifického drenážního odtoku a koncentrace živin (zejména dusičnanového dusíku) v drenážních vodách. Hodnoty těchto veličin byly stanoveny na základě indexu SR –SIPO a jeho dílčích indexů, vytvořených v rámci řešení etapy G tohoto projektu, dále extenzivním terénním průzkumem v rámci etapy H a upřesněny na základě výsledků dlouhodobého podrobného monitoringu na pokusných lokalitách VÚMOP, v.v.i.

Plocha odvodnění byla stanovena na základě vrstvy bývalé ZVHS. Vzhledem k výpočtu na úrovni povodí IV. řádu je její přesnost dostačující, v případě výpočtu pro menší jednotky (subpovodí) by bylo vhodné provést ortorektifikaci situací staveb podrobného odvodnění, což bylo realizováno v případě navrhování opatření. Zvolená metoda výpočtu nebere v potaz zdrojovou oblast odvodňovacích staveb, nicméně využití půdy v těchto oblastech je zahrnuto v metodice výpočtu hodnot indexu SIPO. Odvodněná plocha byla dále rozdělena podle využití půdy na ornou půdu a trvalý travní porost.

Hodnota specifického drenážního odtoku byla stanovena na základě nomogramů (dle Jůva, 1957, Kvítek et al., 2006). Vzhledem k současnému stavu a odtokovým charakteristikám odvodňovacích staveb (poruchy a stárnutí, zaklesávání podzemních vod) byl využit nejnižší návrhový drenážní odtok 0,2 l/s/ha, který byl dále ještě snížen na základě současné klimatické situace (suché období). Proto byl pro výpočet odnosu v rámci tohoto projektu jednotně použit specifický odtok 0,1 l/s/ha.

Koncentrace dusičnanového dusíku v drenážních vodách byly pro jednotlivé stupně rizika Souhrnného indexu potřeby opatření stanoveny na základě terénního průzkumu (etapa H projektu) v průběhu roku 2017 a upřesněny podle výsledků dlouhodobého monitoringu drenážních vod VÚMOP, v.v.i. v obdobných geografických podmínkách. Pro účely řešení tohoto projektu byly též rozlišeny koncentrace N-NO₃ v drenážních vodách podle využití půdy (orná, TTP). Hodnoty koncentrací využitých pro výpočet odnosu N-NO₃ podle hodnot SR-SIPO jsou uvedeny v Tab. č. 14.

Tab. č. 14 Koncentrace dusičnanového dusíku v drenážních vodách přiřazené jednotlivým hodnotám SR-SIPO

SR - SIPO	Koncentrace N-NO ₃ (mg/l)				
	5	4	3	2	1
Orná půda	20	18	16	13	10
TTP	10	8	6	4	3

Současný odnos N-NO₃ ze zemědělské půdy drenážními systémy v pilotním povodí Vlašimské Blanice

Na základě výše popsaného postupu byl vypočítán příspěvek staveb odvodnění k celkovému odnosu dusičnanového dusíku v jednotlivých povodích IV. řádu v pilotním území povodí. Pro další hodnocení prezentovaných výsledků je nutno brát do úvahy, že udávaná čísla reprezentují odhad odnosu N-NO₃ z odvodněných lokalit. V těchto údajích není zohledněna transformace v tocích či akumulace v nádržích.

Pro zvolený drenážní odtok 0,1 l/s/ha v povodí IV se pohybuje celkový roční odnos N-NO₃ od 0,0 (povodí bez OS) po 20,1 tun N-NO₃ za rok. Průměrná hodnota byla 5,8 t N-NO₃ z povodí IV. řádu za rok a celkový příspěvek odvodňovacích staveb k odnosu dusičnanového dusíku v řešeném území byl vypočten na 411,4 t/rok. Velikost odnosu pro jednotlivé stupně rizika indexu SIPO je uvedena v Tab. č.15. včetně specifického odnosu N-NO₃ z 1 km² území hodnoceného povodí IV. řádu, který dosahuje průměrně 708 kg/rok/km².

Tab. č. 15 Koncentrace a odnos dusičnanového dusíku v drenážních vodách jednotlivých povodí IV. řádu v povodí Blanice přiřazené jednotlivým hodnotám SR-SIPO

Povodí Blanice						
SR-SIPO	1	2	3	4	5	Blanice
Počet povodí (n)	2	2	17	31	19	71
Průměrný odnos N-NO ₃ (kg/rok)	20	274	4 567	6 127	7 540	5 795
Průměrný specifický odnos N-NO ₃ (kg/rok/km ²)	24	207	414	767	998	708

V Tab. č.16 jsou potom shrnuty základní údaje o řešených povodí IV. řádu z hlediska odvodnění, zranitelnosti podpovrchovým odtokem a odnosu N-NO₃ drenážními systémy v daném povodí.

Tab. č. 16 Odnos dusičnanového dusíku a fosforu drenážními systémy v jednotlivých povodích IV. řádu vlašimské Blanice

CHP	Vodní tok	odvodněno (%)	plocha (km ²)	SR_SIPO	Odnos N kg OS povodí (kg/rok)	Odnos Pcelk (kg/rok)
1-09-03-0220-0-00	Blanice	10,0	11,9	3	4 435,0	30,3
1-09-03-0230-0-00	Mindlovka	45,7	6,9	4	10 354,0	64,9
1-09-03-0240-0-00	Blanice	34,1	11,2	3	12 169,4	85,5
1-09-03-0250-0-00	Koutecký p.	13,6	8,1	3	4 231,9	29,3
1-09-03-0260-0-00	Blanice	20,1	1,3	3	1 019,4	6,4
1-09-03-0270-0-00	Novoveský p.	9,1	13,1	4	4 858,9	32,9
1-09-03-0280-0-00	Mutický p.	29,0	5,1	5	5 600,0	34,3
1-09-03-0290-0-00	Novoveský p.	25,5	1,1	5	1 134,4	6,7
1-09-03-0300-0-00	Křtěnovický p.	27,2	5,2	5	5 681,8	33,4
1-09-03-0310-0-00	Novoveský p.	10,2	0,4	4	91,5	1,1
1-09-03-0320-0-00	Zhořský p.	45,7	5,3	4	8 307,9	50,3
1-09-03-0330-0-00	Novoveský p.	32,3	9,4	4	12 237,1	69,2
1-09-03-0340-0-00	Blanice	43,4	1,0	4	1 409,5	9,2
1-09-03-0350-0-00	Noskovský p.	74,9	7,3	4	16 472,9	94,4
1-09-03-0360-0-00	Blanice	33,3	16,1	4	20 081,4	120,9
1-09-03-0370-0-00	Slupský p.	17,2	16,2	4	10 175,1	71,2
1-09-03-0380-0-00	Podnebolický p.	12,9	22,1	4	10 250,3	75,7
1-09-03-0390-0-00	Slupský p.	22,9	7,1	4	6 211,5	39,8
1-09-03-0400-0-00	Leština	13,6	6,4	4	2 874,5	23,0
1-09-03-0410-0-00	Slupský p.	25,9	8,4	5	9 882,2	51,6
1-09-03-0420-0-00	Blanice	25,6	11,6	4	12 133,1	71,1
1-09-03-0430-0-00	Hrnčířský p.	14,4	9,0	4	5 311,4	34,1
1-09-03-0440-0-00	Blanice	18,5	6,6	4	4 692,7	31,0
1-09-03-0450-0-00	Bořkovický p.	15,5	6,5	3	3 061,0	26,0
1-09-03-0460-0-00	Blanice	0,0	0,2	1	0,0	0,0
1-09-03-0470-0-00	Pravětický p.	16,3	14,4	5	10 261,1	60,7
1-09-03-0480-0-00	Blanice	24,4	1,2	5	1 127,8	7,0
1-09-03-0490-0-00	Strašický p.	10,5	10,5	4	4 290,1	30,1
1-09-03-0500-0-00	Sedlečský p.	16,7	7,1	5	5 317,7	30,5
1-09-03-0510-0-00	Strašický p.	5,1	0,8	1	40,5	1,2
1-09-03-0520-0-00	Zvěstovský p.	15,9	19,3	3	10 519,6	79,3
1-09-03-0530-0-00	Strašický p.	17,5	1,6	2	534,8	7,0
1-09-03-0540-0-00	Blanice	7,9	10,2	3	2 911,0	22,5
1-09-03-0550-0-00	Brodec	25,4	12,9	5	13 472,4	78,7
1-09-03-0560-0-00	Volavecký p.	19,3	9,3	5	8 120,0	45,2
1-09-03-0570-0-00	Brodec	7,5	9,0	4	3 060,0	18,8
1-09-03-0580-0-00	Blanice	8,2	8,8	4	3 436,8	20,1
1-09-03-0590-0-00	Částrovický p.	18,2	13,0	4	9 368,0	60,2

CHP	Vodní tok	odvodněno (%)	plocha (km ²)	SR_SIPO	Odnos N kg OS povodí (kg/rok)	Odnos Pcelk (kg/rok)
1-09-03-0600-0-00	Blanice	12,3	5,7	4	2 954,8	18,7
1-09-03-0610-0-00	Polánecký p.	28,1	11,4	5	13 490,6	74,7
1-09-03-0620-0-00	Holčovický p.	20,4	8,1	5	7 895,1	41,1
1-09-03-0630-0-00	Polánecký p.	12,6	3,6	4	2 040,6	12,0
1-09-03-0640-0-00	Blanice	8,5	2,6	4	980,0	6,1
1-09-03-0650-0-00	Orlina	4,1	7,5	3	1 364,6	8,9
1-09-03-0660-0-00	Blanice	0,0	0,4	3	0,0	0,0
1-09-03-0670-0-00	Domašínský p.	27,8	7,1	5	9 187,6	46,1
1-09-03-0680-0-00	Blanice	0,0	1,1	3	0,0	0,0
1-09-03-0690-0-00	Bolinka	11,8	6,8	4	3 605,0	21,4
1-09-03-0700-0-00	Blanice	2,3	1,1	3	49,3	0,8
1-09-03-0710-0-00	Borecký p.	25,9	6,1	5	7 240,8	37,5
1-09-03-0720-0-00	Blanice	11,8	3,9	5	2 177,2	12,4
1-09-03-0730-0-00	Pavlovický p.	16,4	5,8	5	3 918,7	24,4
1-09-03-0740-0-00	Blanice	0,0	1,3	4	0,0	0,0
1-09-03-0750-0-00	Petřínský p.	14,7	5,4	4	3 255,2	20,6
1-09-03-0760-0-00	Blanice	4,9	7,6	4	1 714,4	10,8
1-09-03-0770-0-00	Chotýšanka	19,0	25,2	3	14 136,9	120,7
1-09-03-0780-0-00	Strženecký p.	48,2	7,4	4	11 463,7	72,2
1-09-03-0790-0-00	Chotýšanka	11,4	12,9	3	5 054,5	39,4
1-09-03-0800-0-00	Novoveský p.	19,5	9,2	3	5 960,1	45,3
1-09-03-0810-0-00	Chotýšanka	11,0	7,4	3	3 132,8	22,1
1-09-03-0820-0-00	Lísecký p.	30,2	7,1	4	7 625,8	49,7
1-09-03-0830-0-00	Jemnišťský p.	43,0	3,5	4	5 503,7	31,2
1-09-03-0840-0-00	Lísecký p.	0,5	0,9	4	25,5	0,1
1-09-03-0850-0-00	Chotýšanka	21,8	11,9	3	9 055,7	64,1
1-09-03-0860-0-00	Bořeňovický p.	42,6	8,2	5	13 079,9	73,5
1-09-03-0870-0-00	Chotýšanka	6,3	2,0	3	545,6	3,6
1-09-03-0880-0-00	Divišovský p.	15,5	7,3	5	5 121,2	29,4
1-09-03-0890-0-00	Býkovický p.	33,3	7,7	5	9 855,5	58,0
1-09-03-0900-0-00	Divišovský p.	1,7	0,2	2	12,2	0,1
1-09-03-0910-0-00	Chotýšanka	15,0	13,8	5	10 688,0	54,2
1-09-03-0920-0-00	Blanice	6,5	18,1	4	5 163,6	33,2
Celkem / průměr		18,87	543,9	-	411 435	2 585

Pozn. Šedě jsou vyznačena povodí, ve kterých byla navrhována opatření

Současný odnos celkového fosforu ze zemědělské půdy drenážními systémy v pilotním povodí vlašimské Blanice

Podkladem pro stanovení velikosti odnosu fosforu drenážními systémy byly výsledky dlouhodobého a částečně kontinuálního monitoringu na pokusných lokalitách VÚMOP. v.v.i. v analogických přírodních a zemědělských podmínkách (Fučík et al., 2017, Zajíček et al.,

2018). Podle těchto výsledků byl odnos fosforu závislý zejména na velikosti odtoku a nikoli na způsobu využití půdy. Proto pro účely tohoto výpočtu v zájmovém území byla velikost odnosu P drenážními systémy stanovena čistě na základě stanoveného odtoku a velikosti odvodněné plochy v hodnoceném povodí IV. řádu.

Snížení látkového odnosu po realizaci navržených opatření

Účinnost jednotlivých opatření z Katalogu na snížení podpovrchového znečištění vod byla stanovena na základě podrobného studia literatury a na základě přímého měření účinnosti opatření na pokusných lokalitách VÚMOP, v.v.i. Pro každé z navrhovaných opatření je uvedena v Katalogu opatření (výstup etapy J projektu „Příprava listů opatření typu A“). Účinnosti opatření pro snížení plošného znečištění z podpovrchových zdrojů znečištění použité pro tento výpočet jsou uvedeny v Tab. č. 17. Účinnost uvedená v této tabulce je prezentována ve třech úrovních, jako minimální, průměrná a maximální. Stupeň účinnosti využitý pro výpočet byl vybrán podle umístění navrženého opatření. Tam, kde opatření bylo navrženo osamoceně, byla použita účinnost minimální až průměrná. V případě opatření navrženého v uceleném a funkčním systému opatření, byla použita účinnost průměrná až maximální, stejně tak jak v případě řetězení více opatření stejného typu v rámci jednoho systému (navazující umělý mokřad, kaskáda tůní apod.).

Tab. č. 17 Účinnost opatření na snížení zemědělského znečištění z podpovrchových plošných zdrojů, navrhovaných v rámci projektu

Kód	Opatření	Účinnost na odtok (%)			Účinnost na N-NO ₃ (%)			Účinnost na P (%)		
		max	min	avg	max	min	avg	max	min	avg
D01	Regulace odtoku z pramenních jámek	100	75	87	75	35	50	25	1	10
D02	Odkrytí zatrubněných HOZ	100	75	87	50	1	25	25	1	10
D03	Kontrolované spontánní stárnutí drenáže	100	75	87	90	25	50	50	1	25
D04	Zalesnění zemědělské půdy; alternativně: výsadba plantáží RRD – na odvodněných pozemcích	100	75	87	99	75	90	99	50	75
D05	Lokální eliminace drénu	75	25	50	75	25	50	50	1	25
D06	Odkrytí drénu a úplné odstranění	100	75	87	90	25	50	90	25	50
D07	Snížení intenzity odvodnění	75	50	25	75	25	50	50	1	25

D08	Tůň s drenážní vodou	50	10	25	25	10	15	50	25	40
D09	Kořenová čistírna na drenáži	25	10	15	50	10	25	50	10	25
D10	Biofiltr	25	10	15	99	75	90	50	25	40
D11	Převody vod na úrovni HOZ	100	75	87	75	25	50	50	25	40
D12	Regulace odtoku na úrovni HOZ	100	75	87	75	25	50	50	25	40
D13	Převody vod na úrovni POZ	75	25	50	75	25	50	50	1	25
D14	Regulace odtoku na úrovni POZ	75	50	25	99	75	90	50	10	25
D15	Zasakovací drén	100	25	50	99	50	75	75	25	50
K01	Zatravnění infiltrační oblasti s návazností na OS	25	10	15	75	25	50	50	1	25
K02	Mokřad	25	10	15	99	50	75	75	25	50

Výpočet účinnosti navržených opatření

V prostředí GIS byla v rámci každého řešeného povodí IV. a relevantních opatření, vymezena plocha odvodnění, která je navrženým opatření ovlivněna. Pro plochy neovlivněné byl proveden výpočet odnosu beze změny, na základě hodnoty specifického odtoku a koncentrace dle hodnoty SR-SIPO. Pro plochy ovlivněné byl proveden nový výpočet tak, že byl dosažen odtok procentuálně snížený dle účinnosti opatření pro snížení drenážního odtoku (Tab. č. 15) a koncentrace N-NO₃ na základě hodnoty SR-SIPO hodnoceného povodí IV. řádu (Tab. č. 14), snížená dle odhadu účinnosti navrženého opatření. Výsledná hodnota odnosu po realizaci opatření byla vypočtena součtem odnosu z ovlivněných a neovlivněných odvodněných ploch v rámci každého povodí IV. řádu.

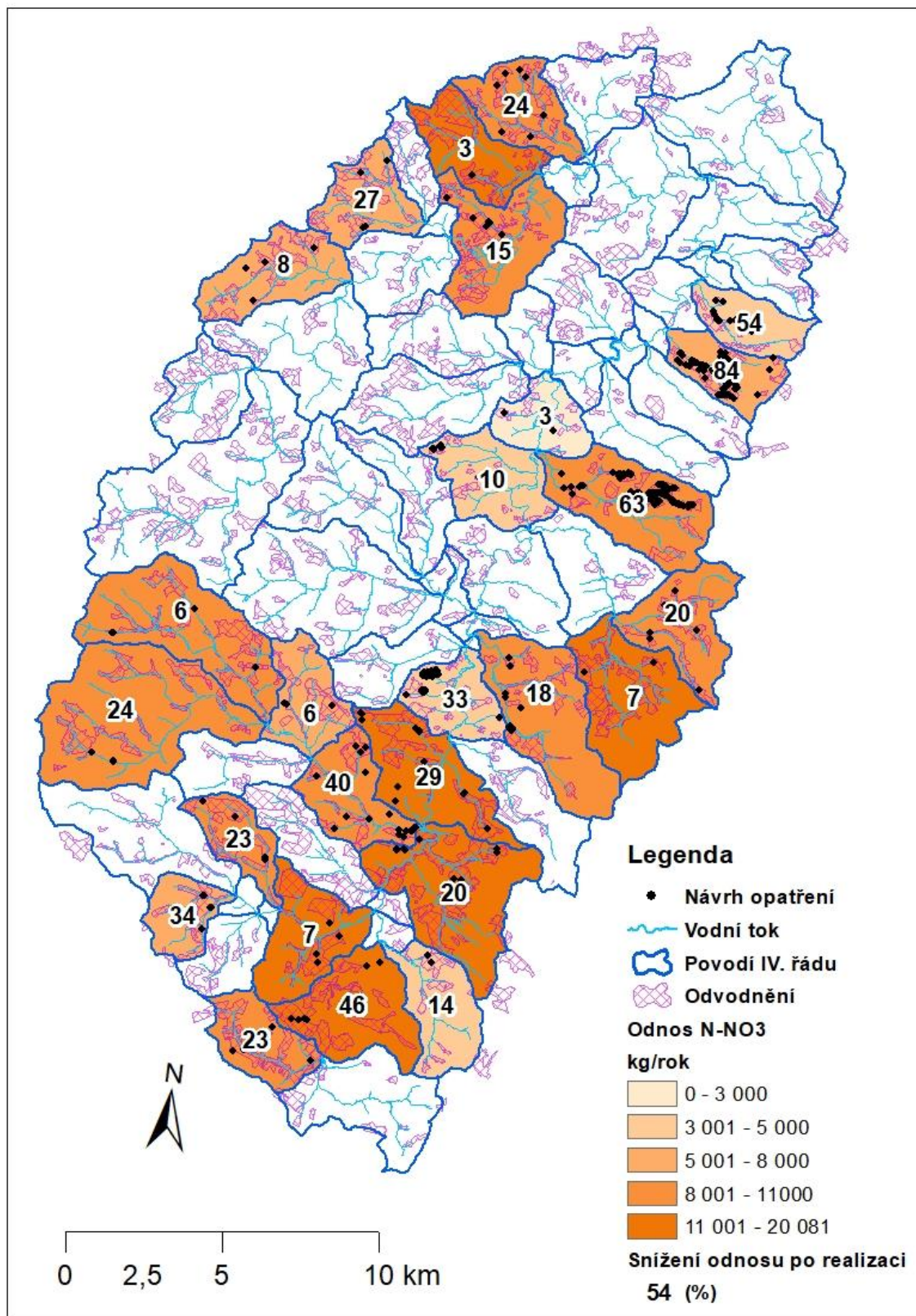
Snížení odnosu dusičnanového dusíku a celkového fosforu

V rámci řešení tohoto projektu byla opatření snižující podpovrchové zdroje znečištění navržena celkem v 26 povodích IV. řádu ze 71 (37 %) povodí v pilotním povodí. Celkem bylo navrženo 496 listů opatření typu A relevantních pro snížení odnosu N-NO₃ drenážními systémy, které se dotkly 38 % odvodněných ploch v řešeném území. Nejčastěji navrhovaná opatření byla: Převody drenážních vod (112), odkrytí drénu a jeho úplné odstranění (80) a tůň dotovaná drenážní vodou (74). K vysoce účinným opatřením z hlediska odstranění dusíku patří také mokřady v dolní části drenážních systémů (15), kořenová čistírna (16) a biofiltr (12). Celkové snížení odnosu dusíku po realizaci těchto opatření v řešených povodích IV. řádu bylo vypočteno na **24 %** a v případě fosforu na **19 %**. Tato hodnota v přepočtu na absolutní hodnoty činí pokles o **55,1 t N-NO₃** za rok a **275 kg P celk. za rok**. Pokud by byly

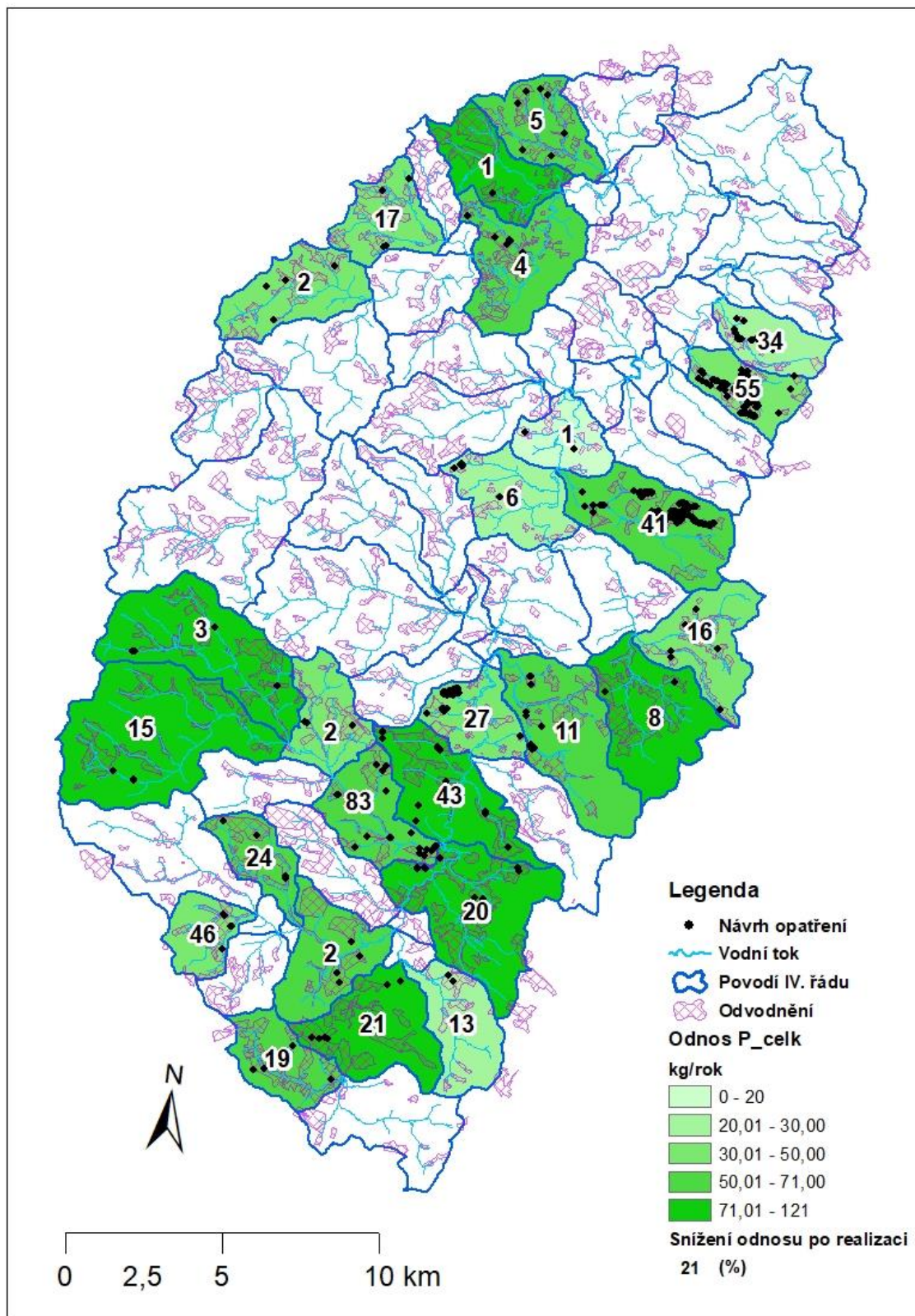
tyto výsledky vztaženy na celé povodí Blanice (včetně povodí bez návrhu opatření) došlo by k poklesu odnosu dusíku o 14 % a fosforu o 11 %.

V rámci jednotlivých řešených povodí IV. řádu bylo navrhováno od jednoho až do 35 opatření a plocha odvodnění, ovlivněná těmito opatřeními, se pohybovala od 6 % do 92 %, přičemž průměrně bylo ovlivněno 38 % plochy odvodňovacích staveb v řešených povodích IV řádu.

V jednotlivých povodích IV. řádu s návrhy opatření na snížení podpovrchového znečištění se redukce odnosu N-NO₃ po realizaci navržených opatření pohybovala od 3 % do 85 %, průměrně byla hodnota snížení odnosu 25 %. Výsledky výpočtu pro jednotlivá povodí IV. řádu jsou uvedeny v Tab. č. 16 a graficky prezentovány také na mapách; viz Obr. č. 19 a Obr. č. 20. Obecně s rostoucí plochou odvodňovacích systémů ovlivněných navrženými opatřeními, se projevuje výraznější snížení odnosu dusičnanového dusíku. Tento trend je v rámci některých povodí narušen zahrnutím do výpočtu některých opatření, které jsou primárně účinná na povrchové zdroje znečištění (zatravnění údolnic, travnaté pásy).

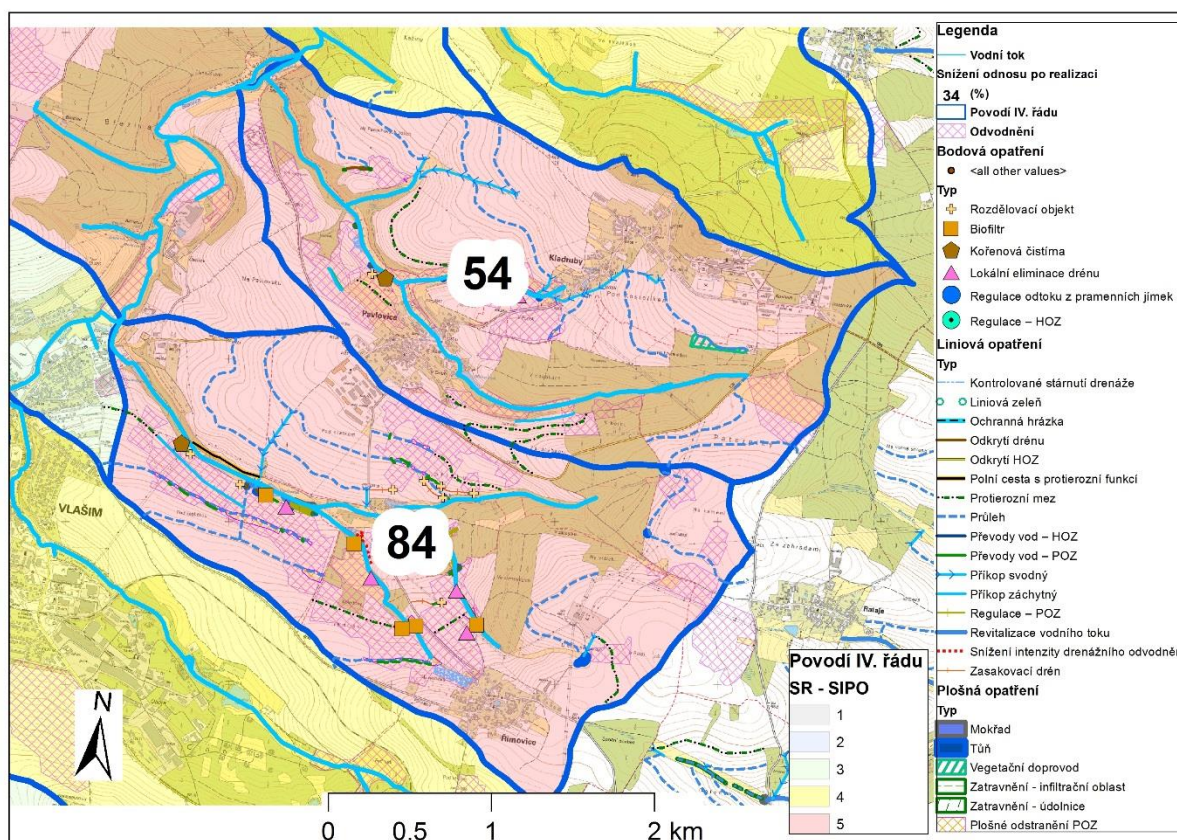


Obr. č. 19 Snížení odnosu N-NO₃ po realizaci opatření



Obr. č. 20 Snížení odnosu Pcelk po realizaci opatření

Detailní příklad území s velmi účinně dimenzovanými systémy opatření představují povodí 1-09-03-0710-0-00 Borecký potok a 1-09-03-0730-0-00 Pavlovický potok. Obě povodí a opatření na nich navržená jsou prezentována na Obr. č. 21. Povodí IV. řádu 1-09-03-0710-0-00 spadá mezi lokality velmi silně ohrožené podpovrchovým znečištěním a je příkladem návrhu značného počtu opatření. Hodnota SR – SIPO dosahuje 5 a drenážním odtokem je vyplavováno 7 200 kg N-NO₃ za rok a 84 kg Pcelk za rok (Tab. č. 15). V povodí byla navržena široká škála opatření relevantních ke snížení podpovrchového znečištění, zejména 11 tůní, plošné odstranění POZ, eliminace jednotlivých drénů, převody drenážích vod, umělý mokřad, 3 biofiltry a několik kořenových čistíren. Celkem bylo ovlivněno 92 % odvodněných ploch v povodí. Po realizaci těchto opatření by došlo ke snížení odnosu dusičnanového dusíku o 86 % a fosforu o 55 %. V absolutních hodnotách představuje toto snížení 6 100 kg N-NO₃ za rok a 21 kg fosforu (Tab. č. 15).

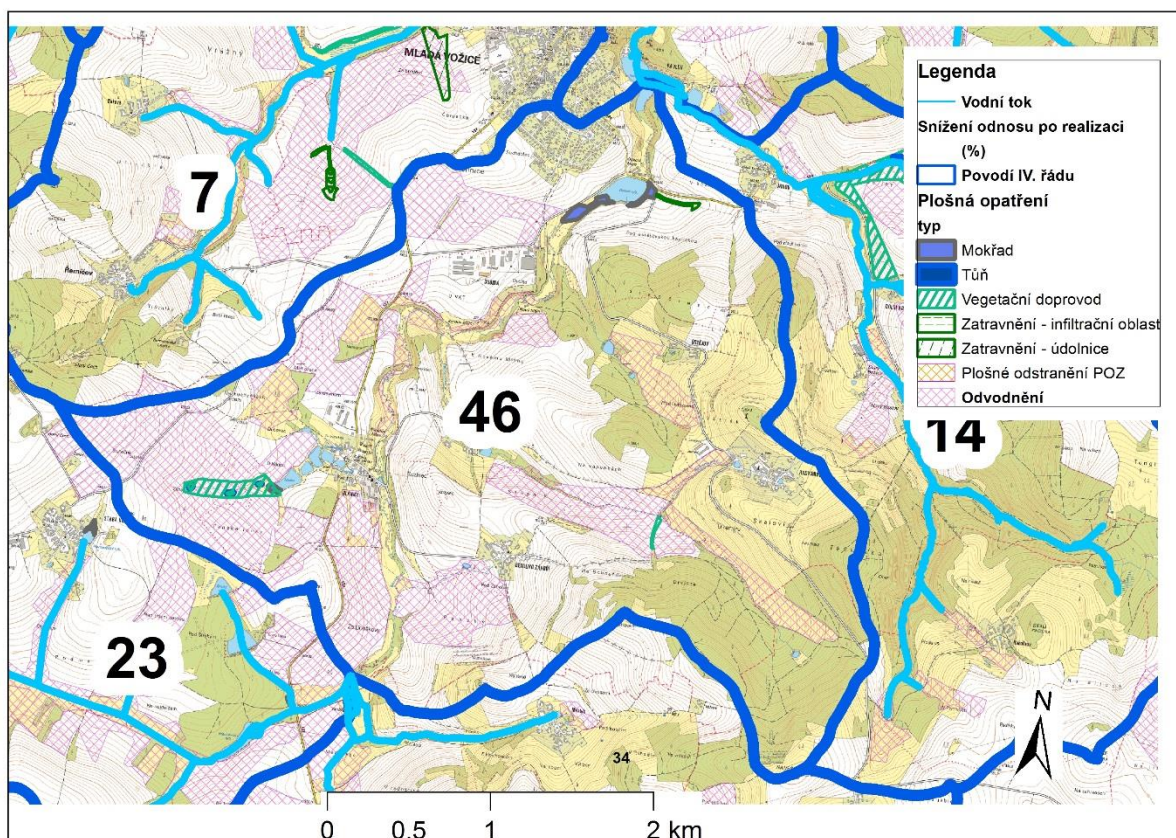


Obr. č. 21 Příklad území s velmi účinně dimenzovanými systémy opatření

Povodí 1-09-03-0730-0-00 Pavlovický potok taktéž spadá do SR- SIPO 5, přičemž v jeho území byl rovněž navržen velký počet opatření včetně deseti tůní, plošného odstranění POZ, lokální eliminace drénů a několik kořenových čistíren, které souhrnně ovlivňují 57 % odvodněných lokalit v povodí. Po realizaci těchto opatření by došlo ke snížení odnosu N-NO₃ z původních 3 920 kg/rok na 1 780 kg/rok (pokles o 55 %) a snížení odnosu fosforu z 24 kg/rok na 16 kg/rok (34 %), (Tab. č.18).

Jako příklad povodí s nižším počtem navržených opatření při zachování jejich účinnosti lze uvést 1-09-03-0240-0-00 Blanice, které je charakterizováno hodnotou SR-SIPO 3 a jeho příspěvek k celkovému odnosu N-NO₃ byl odhadnut na 12,1 t/rok. V povodí bylo navrženo

celkem šest opatření relevantních pro snížení znečištění z podpovrchových zdrojů. Jedná se o dva mokřady a soustavu čtyř tůní dotovaných drenážní vodou. Tato opatření zobrazená v mapě na Obr. č. 22 ovlivňují celkem 43 % odvodněné plochy tohoto povodí. Vzhledem k velké účinnosti umělých mokřadů na odbourávání živin a kaskády tůní k omezení velikosti odtoku mají takto navržená opatření potenciál snížit velikost odnosu dusíku o 46 % a fosforu o 21 %, což v případě tohoto povodí činí pokles odnosu N – NO₃ o 5,5 t/rok a fosforu o 19 kg/rok.



Obr. č. 22 Příklad povodí s nižším počtem navržených opatření při zachování jejich účinnosti

Tab. č. 18 Výpočet změny odnosu N a P podpovrchovým odtokem po realizaci navržených opatření

CHP	Ovlivněná plocha OS (%)	Současný stav		Po realizaci			
		Odnos N (kg/rok)	Odnos P (kg/rok)	Odnos N (kg/rok)	Odnos P (kg/rok)	Snížení N (%)	Snížení P (%)
1-09-03-0230-0-00	36	10 354	65	7 957	53	23	19
1-09-03-0240-0-00	43	12 169	86	6 624	67	46	21
1-09-03-0250-0-00	44	4 232	29	3 645	25	14	13
1-09-03-0280-0-00	92	5 600	34	3 687	19	34	46
1-09-03-0320-0-00	61	8 308	50	6 369	38	23	24
1-09-03-0330-0-00	39	12 237	69	11 434	68	7	2
1-09-03-0360-0-00	33	20 081	121	16 094	97	20	20
1-09-03-0370-0-00	6	10 175	71	9 574	69	6	3
1-09-03-0380-0-00	30	10 250	76	7 836	64	24	15
1-09-03-0390-0-00	43	6 211	40	5 853	39	6	2
1-09-03-0410-0-00	78	9 882	52	5 895	9	40	83
1-09-03-0420-0-00	54	12 133	71	8 595	40	29	43
1-09-03-0440-0-00	34	4 693	31	3 153	23	33	27
1-09-03-0470-0-00	22	10 261	61	8 400	54	18	11
1-09-03-0550-0-00	15	13 472	79	12 580	73	7	8
1-09-03-0560-0-00	78	8 120	45	6 498	38	20	16
1-09-03-0580-0-00	12	3 437	20	3 085	19	10	6
1-09-03-0590-0-00	59	9 368	60	3 480	35	63	41
1-09-03-0600-0-00	18	2 955	19	2 854	19	3	1
1-09-03-0710-0-00	92	7 241	38	1 153	17	84	55
1-09-03-0730-0-00	57	3 919	24	1 783	16	55	34
1-09-03-0800-0-00	37	5 960	45	5 486	44	8	2
1-09-03-0820-0-00	34	7 626	50	5 537	41	27	17
1-09-03-0850-0-00	26	9 056	64	7 726	62	15	4
1-09-03-0860-0-00	18	13 080	74	12 673	73	3	1
1-09-03-0890-0-00	49	9 856	58	7 508	55	24	5
26 povodí	38	230 676	1 431	175 479	1 156	24	19

Dílčí shrnutí

Prezentované výsledky dokazují, že při navržení dostatečného počtu a vhodné kombinace, jsou opatření na snížení podpovrchového znečištění vod poměrně účinné. Snížení celkového odnosu N-NO₃ o 14 % a fosforu o 11 % pro celé povodí vlašimské Blanice vypadá na první pohled jako slabý výsledek celého projektu. Nicméně je nutno brát v potaz, že se jedná o pilotní projekt, v rámci jehož řešení byl celkový počet navržených opatření omezen (rozsah projektu versus rozsah řešeného území). Naopak snížení odnosu o 25 % resp. 19 % při zahrnutí pouze těch povodí IV. řádu, ve který byla opatření navrhována, je vzhledem k jejich

relativně nízkému počtu, pozitivní. Zejména v rámci povodí IV. řádu, ve kterých byl kladen důraz na zahrnutí opatření na snížení podpovrchových zdrojů znečištění do systémů navrhovaných opatření, by po jejich realizaci bylo dosaženo velmi významného snížení odnosu dusičnanového dusíku i fosforu.

7. Bilanční simulace modelovým prostředkem MIKE BASIN

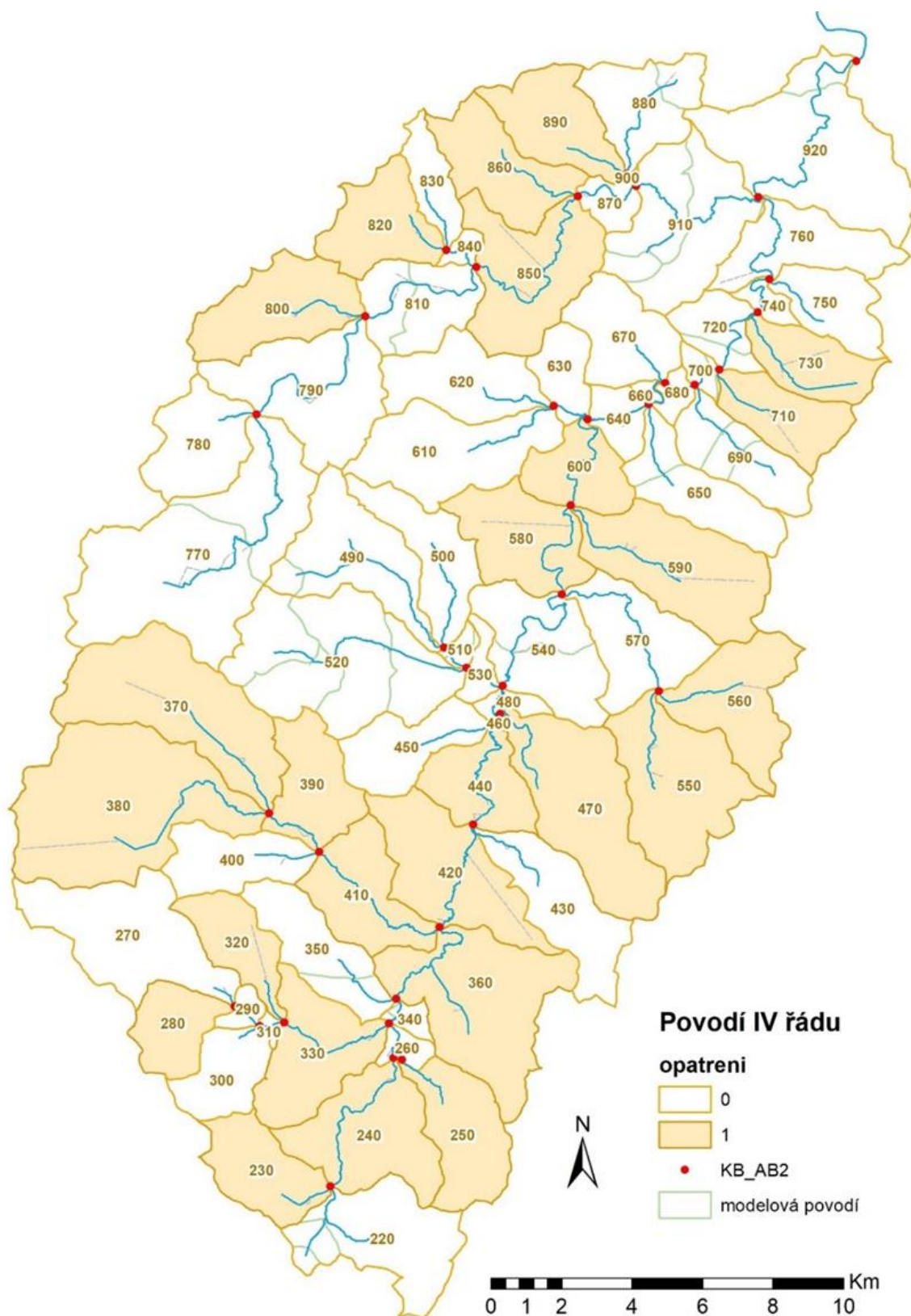
Materiál a Metody

V rámci řešení etapy M byl zpracován dílčí úkol Modelový výpočet dopadu opatření v povodích kritických bodů IV. řádu na vybrané vodní útvary v rámci území povodí Vltavy, který byl realizován společností DHI a.s. Řešení spočívalo v provedení bilančních simulací modelovým prostředkem MIKE BASIN na území vybraných povodí IV. řádu (povodí Vlašimské Blanice). Simulace byly provedeny pro průtoky a pro koncentrace (a odvozené látkové toky) N-NO₃, N-NH₄ a Pcelk. Model byl kalibrován na datech období 2010-2017 (pro současný stav), se zahrnutím plošných i bodových zdrojů znečištění. Následně byl modelem simulován stav po provedení navržených opatření, primárně cílených na snížení podpovrchového odtoku a souvisejícího znečištění. V tomto variantním modelu byly provedeny změny hodnot koncentrací látek ve vstupech modelu z povodí IV. řádu. Z výstupů obou simulací modelem byly vyhodnoceny rozdíly v koncentracích látek a ročního množství (látkového toku). Z rozdílů byl vyhodnocen předpokládaný efekt opatření v dotčených povodích IV. řádu, v profilech jednotlivých kritických bodů KB2 a za celé povodí Vlašimské Blanice.

Struktura matematického modelu povodí Vlašimské Blanice (541.8 km² k profilu Blanice, Radonice) se skládala ze 117 výpočetních povodí, 35 připojených uživatelů (bodových zdrojů) a 27 schematizovaných rybníků. Model obsahoval cca 1400 úseků vodních toků.

Po zadání vstupních dat a kalibraci modelu bylo přistoupeno k simulacím vlivu opatření na změnu koncentrací a látkového toku pro výše uvedené sloučeniny. Realizace opatření byla simulována na 26 povodí IV. řádu; viz obr. č. 23.

Pro 71 kritických bodů úrovně 2 (KB2), resp. 26 KB2 dotčených opatřeními, byly vyhodnoceny rozdíly mezi simulovanými koncentracemi a látkovými toky ze simulace současného stavu a z variantní simulace se zahrnutím vlivu opatření.



Obr. č. 23 Povodí IV. řádu a kritické body. Barevně vyznačena povodí, kde v modelu byly modifikovány koncentrace N-NO₃ a Pcelk pro simulaci dopadu opatření

Výsledky a diskuse

Ve vstupech do matematického modelu byly provedeny změny podle předpokládaného dopadu opatření v ploše 26 povodí IV. ř. Ve 26 dotčených povodích došlo ke snížení koncentrací N-NO₃ v průměru o 25 %; (3 – 84 %; medián 21,5 %); u koncentrací Pcelk byl potom tento pokles v průměru 20 % (1 – 83 %; medián 15,5 %; Tab. č.19).

Pokud jsou hodnocena povodí ke KB2; byl pokles u koncentrací N-NO₃ v průměru 11 %; látkový tok N-NO₃ poklesl v průměru o 13,15 t/rok. Pokud zhodnotíme pouze povodí KB2, dotčená opatřeními, byl pokles u koncentrací N-NO₃ v průměru 17 %, látkový tok N-NO₃ poklesl v průměru o 19 % (Tab. č. 20).

U celkového fosforu byl pokles u koncentrací ve všech povodích KB2 5,35 %, látkový tok poklesl v průměru o 0,16 %. Pokud zhodnotíme pouze povodí KB2, dotčená opatřeními, byl pokles u koncentrací Pcelk v průměru 8,44%, látkový tok Pcelk poklesl v průměru o 0,1 % (Tab. č.21).

Tab. č. 19 Přehled změn koncentrací N a P v povodích s navrženými opatřeními

26 dotčených povodí	koncentrace N-NO ₃ (mg/l)			koncentrace Pcelk (mg/l)		
	současný stav	pokles (%)	po opatřeních	současný stav	pokles (%)	po opatřeních
průměr	10.51	24.77	7.88	0.10	19.96	0.08
Min	9.35	3.00	1.75	0.10	1.00	0.02
Max	11.57	84.00	10.66	0.11	83.00	0.11
Medián	10.66	21.50	8.33	0.10	15.50	0.09

Tab. č. 20 Přehled změn koncentrací N a P v povodích KB2 – dusičnanový dusík

všechny KB2 (71)							
N-NO ₃	koncentrace (mg/l)			látkový tok (t/r)			
	Kritický bod KBA2 (podle povodí IV. ř.)	sim. souč. stav	simulace opatření	rozdíl (%)	sim. souč. stav	simulace opatření	rozdíl (t)
Průměr		9.14	8.08	-11.15	105.25	92.09	-13.15
Minimum		1.17	1.17	0	6.30	2.10	0
Maximum		11.72	11.02	-79	567.60	504.80	-62.9
Medián		9.17	8.21	-11	24.70	21.90	-3.1

jen dotčené KB2 (47)							
N-NO ₃	koncentrace (mg/l)			látkový tok (t/r)			
	Kritický bod KBA2 (podle povodí IV. ř.)	sim. souč. stav	simulace opatření	rozdíl (%)	sim. souč. stav	simulace opatření	rozdíl (t)
Průměr		9.13	7.52	-16.85	144.37	125.35	-19.02
Minimum		6.28	2.41	-1	8.30	2.10	-0.4
Maximum		11.72	9.86	-79	567.60	504.80	-62.9
Medián		9.06	7.40	-13	55.80	48.60	-7.1

Tab. č. 21 Přehled změn koncentrací N a P v povodích KB2 – celkový fosfor

všechny KB2 (71)							
Ptot	koncentrace (mg/l)			látkový tok (t/r)			
	Kritický bod KBA2 (podle povodí IV. ř.)	sim. souč. stav	simulace opatření	rozdíl (%)	sim. souč. stav	simulace opatření	rozdíl (t)
Průměr		0.11	0.11	-5.35	1.85	1.69	-0.16
Minimum		0.05	0.05	0.00	0.06	0.06	0.00
Maximum		0.28	0.28	-31.00	55.63	48.49	-7.14
Medián		0.10	0.09	-4.00	0.32	0.32	-0.02

jen dotčené KB2 (47)							
Ptot	koncentrace (mg/l)			látkový tok (t/r)			
	Kritický bod KBA2 (podle povodí IV. ř.)	sim. souč. stav	simulace opatření	rozdíl (%)	sim. souč. stav	simulace opatření	rozdíl (t)
Průměr		0.11	0.10	-8.44	1.56	1.46	-0.10
Minimum		0.05	0.05	-1.00	0.08	0.07	0.00
Maximum		0.23	0.20	-31.00	7.25	7.03	-0.27
Medián		0.10	0.09	-7.00	0.83	0.78	-0.04

Z výsledků simulace dále plyne, že v závěrovém profilu Chotýšanky (profil 5021 Libež) činí snížení N-NO₃ asi 7,3 t/r (tj. 6,1 %), snížení Pcelk asi 0,022 t/r (tj. 1,3 %). Poblíž závěrového profilu Blanice, v profilu 1066 Radonice, činí snížení N-NO₃ asi 62,9 t/r (tj. 11,1 %), snížení Pcelk asi 0,216 t/r (tj. 3,0 %).

Při modelování účinnosti opatření je přítomna řada nejistot. Prokázána je značná dynamika koncentrací živin během srážkoodtokových epizod. Je poměrně pravděpodobné, že významná část dusíku a zejména fosforu, která ve skutečnosti protéká závěrovým profilem, není v datech a takto sestaveném modelu zachycena a prezentované výsledky skutečnou situaci podhodnocují. Další problém spočívá v nedostatku dat a informací o rybnících a nádržích v povodí. Pro věrohodnější aproximace, umožňující popsat dynamiku změn, zejména nitrifikaci / denitrifikaci v závislosti na teplotě a zachycování a uvolňování fosforu v říční síti a v nádržích není dostatek lokálně měřených dat a spolehlivých informací. Celoroční bilance vstupu a odnosu živin z rybníků je také velmi individuální; závislá především na typu hospodaření a úrovni trofie v rybníku či nádrži. Navíc, vstup látek z chovných rybníků je významně epizodní fenomén, ke kterému zatím existuje velmi málo dat. Dalším významným zdrojem nejistot při zadávání opatření je odhad bezprostředního dopadu opatření nebodového typu, v ploše povodí. V ČR není dostatek měřených dat, proto je zatím nutno používat inženýrský odhad.

Dílčí shrnutí

Výsledky simulace modelem lze využít pro prvotní odhad bilance dusíku a celkového fosforu a účinnosti opatření na základě dat dostupných v současnosti. Vzhledem k předpokládaným investičním prostředkům považujeme za velmi vhodné současně s přípravou na realizaci opatření také dále zpřesňovat odhady jejich účinku a pak případně modifikovat výběr nebo pořadí realizace jednotlivých opatření.

Zhodnocení odhadu účinnosti opatření pro snížení podpovrchového znečištění empirickým přístupem a modelem MIKE BASIN

Hodnocení účinnosti opatření na odnos N-NO₃ empirickým přístupem i modelem MIKE BASIN proběhlo v povodí Vlašimské Blanice, které bohužel není příliš bohaté na podrobné podklady a data z monitoringu vod, což přináší řadu nejistot, jak je podrobně uvedeno v příslušné části zprávy. Výstupy modelu MIKE BASIN je tedy potřeba vnímat v těchto souvislostech a rovněž v hodnocených měřících. Navržená opatření byla tímto modelem posuzována v měřítku povodí IV. řádu, jako plošně nejmenší jednotky, uchopitelné výše uvedeným modelem. Z výstupů obou simulací (před a po návrhu opatření) byly vyhodnoceny rozdíly v koncentracích látek a ročního množství (látkového toku). Z rozdílů byl vyhodnocen předpokládaný efekt opatření jednak v dotčených povodích IV. řádu, dále v profilech jednotlivých kritických bodů KB2 a konečně za celé povodí Vlašimské Blanice. Za celé povodí Vlašimské Blanice (resp. k uzávěrovému profilu Radonice), tj. plochy zahrnující značnou část území bez navržených opatření, byla účinnost poklesu koncentrací N-NO₃ vlivem navržených opatření vyhodnocena ve smyslu průměrného snížení o 11,2 %. Nicméně ve 26 dotčených povodích IV. řádu, byla tato účinnost v průměru již ve smyslu průměrného snížení o 25 % (3 – 84 %). Analogicky, pro ukazatel Pcelk, bylo snížení za celé povodí Vlašimské Blanice (k uzávěrovému profilu Radonice) 5,35%; ve 26 dotčených povodích IV. řádu potom 20 % (1-83 %).

Uvedený model i zvolený empirický postup hodnocení jsou ze své podstaty bilanční; tj. hodnotí „průměry“ a neumožňují posuzovat vliv navržených opatření na epizodní srážko-odtokové situace, na které byly m.j. systémy opatření navrhovány. Je velmi pravděpodobné, že se zahrnutím epizodních dat (které ovšem pro dané území, jako i pro převážnou část území ČR nejsou k dispozici) by účinnost opatření v celém povodí byla vyhodnocena jako výrazně vyšší.

8. Listy opatření typu A – charakteristika a popis

Návrhy opatření listů A provedl Sweco Hydroprojekt, a.s., ve spolupráci s týmem ČVUT a VÚMOP, v.v.i. Navržená opatření jsou uvedena v Tab. č. 22, kde jsou popsána, zařazena do dílčí kategorie (dle katalogu opatření) a do příslušných povodí IV. řádu. Je uvedena statistika a grafické zobrazení, tj. kolik bylo jakých opatření v souvislosti s katalogem, vč. komentáře. Dále je zpracována mapa s vyobrazením polohy opatření a jejich typu. Poloha a specifikace opatření je též uvedena ve webové prohlížečce <https://atlaspl.vumop.cz/>, včetně klikacích Listů opatření typu A.

Tab. č. 22 Přehled a počty jednotlivých typů navržených opatření

Popisky řádků	Počet opatření	Investiční náklady (v tis. Kč)	Roční provozní náklady (v tis. Kč)
Biofiltr v návaznosti na drenážní systém	35	350	42,0
Kontrolované spontánní stárnutí drenáže	8	0	5,3
Liniová zeleň	245	13 509	4 052,6
Lokální eliminace drénu	10	4	0,0
Lokální eliminace drénu (části drénu) - zaslepení	2	1	0,0
Mokřad v dolní části drenážního systému (či v návaznosti na něj) s předřazeným objektem pro zpomalení odtoku	18	18 527	1 960,1
Objekt na drenáži typu kořenové čistírny	25	2 500	90,0
Odkrytí drénu a jeho úplné odstranění	90	1 248	0,0
Odkrytí zatrubněných hlavních odvodňovacích zařízení	10	5 974	155,3
Odváděcí průleh	31	33 658	1 036,6
Ochranná hrázka	5	498	160,9
Plošné odstranění POZ	59	13 816	0,0
Polní cesta s protierozní funkcí	20	26 564	2 045,9
Protierozní mez	429	120 139	22 634,8
Protierozní sedimentační nádrž	118	54 282	3 285,5
Převody drenážních vod na úrovni podrobného odvodňovacího zařízení	201	1 172	15,6
Převody vod na úrovni hlavních odvodňovacích zařízení	2	48	1,0
Regulace na úrovni podrobného odvodňovacího zařízení	9	1 615	8,5
Retenční průleh	592	220 037	34 463,7
Revitalizace vodního toku	129	1 639 912	10 604,8
Rozdělovací objekt	42	3 360	21,0
Snížení intenzity drenážního odvodnění - clony	4	257	0,0
Suchá nádrž	172	530 663	42 140,8
Svodný odvodňovací příkop	150	51 112	1 840,0
Svodný průleh	96	82 077	3 646,3
Tůň dotovaná drenážní vodou nebo tůň na drenážní výusti	80	3 887	252,6
Vegetační doprovod	47	7 525	2 295,0
Záchytný - odváděcí příkop	50	5 098	720,4
Zalesnění zemědělské půdy; alternativně: výsadba plantáží RRD - na odvodněných pozemcích	19	5 641	95,6
Zasakovací drén	14	420	5,6
Zatravnění údolnice	105	5 243	424,7
Zatravněný pás	623	57 745	4 677,4
Celkový součet	3 440	2 906 880	136 682,0

Návrhem opatření bylo dotčeno 48 povodí IV. řádu, kde bylo celkem navrženo 3 440 ochranných opatření. Přehled počtu navržených opatření v jednotlivých povodích IV. řádu je uveden v Tab. č. 23.

Tab. č. 23 Počty jednotlivých typů navržených opatření v dotčených povodích IV. řádu

CHP	počet opatření	CHP	počet opatření
1-09-03-0020-0-00	168	1-09-03-0590-0-00	277
1-09-03-0070-0-00	98	1-09-03-0600-0-00	24
1-09-03-0090-0-00	44	1-09-03-0670-0-00	20
1-09-03-0190-0-00	17	1-09-03-0710-0-00	176
1-09-03-0200-0-00	34	1-09-03-0730-0-00	91
1-09-03-0210-0-00	21	1-09-03-0800-0-00	50
1-09-03-0230-0-00	67	1-09-03-0820-0-00	64
1-09-03-0240-0-00	92	1-09-03-0830-0-00	31
1-09-03-0250-0-00	32	1-09-03-0850-0-00	58
1-09-03-0280-0-00	32	1-09-03-0860-0-00	82
1-09-03-0300-0-00	23	1-09-03-0890-0-00	117
1-09-03-0320-0-00	39	1-09-03-0930-0-00	35
1-09-03-0330-0-00	72	1-09-03-0940-0-00	349
1-09-03-0360-0-00	68	1-09-03-0950-0-00	53
1-09-03-0370-0-00	85	1-09-03-1000-0-00	54
1-09-03-0380-0-00	55	1-09-03-1020-0-00	209
1-09-03-0390-0-00	32	1-09-03-1030-0-00	68
1-09-03-0410-0-00	91	1-09-03-1610-0-00	68
1-09-03-0420-0-00	62	1-09-03-1620-0-00	82
1-09-03-0440-0-00	72	1-09-03-1640-0-00	20
1-09-03-0450-0-00	37	1-09-03-1660-0-00	18
1-09-03-0470-0-00	53	1-09-03-1670-0-00	28
1-09-03-0550-0-00	47	1-09-03-1690-0-00	26
1-09-03-0560-0-00	50		
1-09-03-0580-0-00	49		
		Celkový součet	3 440

Přehled jednotlivých listů opatření po povodích IV. řádu včetně investičních a ročních provozních nákladů je uveden v příloze č. 2.

Vyhodnocení srážkoodtokových charakteristik povodí IV. řádu je uveden v příloze č. 3.

Přehled nových retenčních a zásobních objemů po povodích IV. řádu je uveden v příloze č. 4.

Analýza nákladů a výnosů byla zpracována pro povodí vlašimské Blanice. Analýza je rozdělena na dvě části – finanční a ekonomickou analýzu. Doba hodnocení je 20 let. Pro hodnocení finanční a ekonomické efektivnosti investice je použita diskontní sazba ve výši 5 %. Rok zahájení investice je rokem 1, všechna navržená opatření jsou realizována a uvedena do provozu během roku 1.

8.1 Finanční analýza

Tato kapitola popisuje analýzu hlavních finančních ukazatelů Systému opatření za ucelené povodí (Projektu). Předmětem finanční analýzy je identifikace a kvantifikace dílčích finančních nákladů a výnosů Projektu. Výsledné hodnoty jsou následně agregovány do podoby ukazatelů čisté současné hodnoty („FNPV“) a vnitřní výnosové míry („FIRR“). Tato sekce zároveň shrnuje předpokládaný vývoj peněžních toků Projektu v jednotlivých letech. Závěry následně shrnují celkovou očekávanou výnosnost Projektu

Jednotlivé náklady a přínosy jsou podrobně popsány včetně jejich kvantifikace v předchozích kapitolách.

Finanční čistá současná hodnota a finanční vnitřní výnosová míra jsou jedněmi z hlavních ukazatelů návratnosti investice. Vzhledem k charakteru opatření a jejich efektů přímo pro investora lze předpokládat, že celkové finanční náklady budou výrazně převyšovat celkové finanční užitky a tedy posuzované systémy opatření budou z finančního hlediska neefektivní a tedy nevhodné pro financování ze soukromých prostředků. Tento předpoklad se bude projevovat v hodnotách ekonomické čisté současné hodnoty, které pro jednotlivé hodnocené projekty budou záporné. Tento předpoklad dokládá tab. 25, kdy celkové přímé náklady (investiční, administrativní a provozní) modelového systému opatření v povodí vlašimské Blanice jsou během 20-ti modelově hodnocených let ve výši necelé 2,1 mld Kč, zatímco ekonomická čistá současná hodnota dosahuje výše – 3,150 mld. Kč.

8.2 Ekonomická analýza

Na rozdíl od finanční analýzy, ekonomická analýza a ekonomické peněžní toky zohledňují benefity a náklady nejenom pro investory Projektu, ale i pro uživatele Projektu a celou společnost. Tento základní rozdíl pohledů na Projekt vede k úpravám vstupních položek, jejich ocenění a rozdílům v užití diskontní sazby. Tyto úpravy mají své opodstatnění, protože náklady a přínosy Projektu pro celou společnost jsou širšího charakteru než ty, které jsou pouze pro vlastníka infrastruktury. Hodnota nákladů a přínosů pro celou společnost se může lišit například proto, že část nákladů představuje pouze finanční transfer (např. daně) v rámci společnosti a musí být proto v rámci ekonomické analýzy eliminována.

Výsledné hodnoty jsou následně agregovány do podoby ukazatelů ekonomické čisté současné hodnoty („ENPV“), ekonomické míry návratnosti („EIRR“) a poměru benefitů a nákladů Projektu („BCR“) a závěry ukazují, zda je daný Projekt výnosný z pohledu celé společnosti.

Náklady a výnosy, které se uskuteční v odlišných časových obdobích, byly diskontovány za účelem výpočtu časové hodnoty peněz do referenčního roku. Diskontní sazba využitá pro ekonomickou analýzu investičních projektů je sociální diskontní sazba („SDR“) reflektující pohled společnosti na budoucí přínosy a náklady spojené s projektem v porovnání se současnými přínosy a náklady. Sociální diskontní sazba (míra) byla použita ve výši 5,0 %.

Na rozdíl od finanční analýzy jsou do ekonomické analýzy započteny následující ekonomické užitky:

- zvýšení retence a akumulace vody v povodí
- zvýšení kvality vody (snížení obsahu fosforu, snížení obsahu dusíku)
- snížení odnosu sedimentu do vodního toku
- ekosystémové služby
- zvýšení hodnoty ekosystému

Náklady na realizaci jednotlivých typů opatření a určení jejich provozních nákladů byly vyčísleny pro jednotlivá konkrétní opatření na základě jednotkových nákladů - viz Tab. č. 24, Tab. č. 25, Tab. č. 26.

Tab. č. 24 Přehled jednotlivých nákladů a jednotkových provozních nákladů na jednotlivé typy opatření

	Typ opatření	jednotka	Cena /jednotka v Kč	roční provozní náklady /jednotka v Kč
D09	Objekt na drenáži typu kořenové čistírny	ks	100 000	3 600
D11	Rozdělovací objekt	ks	80 000	500
D10	Biofiltr v návaznosti na drenážní systém	ks	10 000	1 200
D05	Lokální eliminace drénu (části drénu) - zaslepení	ks	350	0
05	Lokální eliminace drénu	ks	350	0
P09	Polní cesta s protierozní funkcí	m	2 415	186
P10	Protierozní mez	m	690	130
E01	Liniová zeleň	m	150	45
P03, P04	Retenční průleh	m	830	130
P02	Svodný odvodňovací příkop	m	2 250	81
D06	Odkrytí drénu a jeho úplné odstranění	m	280	0
D12	Regulace na úrovni podrobného odvodňovacího zařízení	m	380	2
	Revitalizace vodního toku	m	15 000	97
P05	Svodný průleh	m	5 830	259
	Odváděcí průleh	m	2 630	81
D13	Převody drenážních vod na úrovni podrobného odvodňovacího zařízení	m	150	2
	Zasakovací drén	m	150	2
D02	Odkrytí zatrubněných hlavních odvodňovacích zařízení	m	2500	65
P06	Ochranná hrázka	m	300	97
D07	Snížení intenzity drenážního odvodnění - clony	m	350	0
P01	Záchytný - odváděcí příkop	m	460	65
	Kontrolované spontánní stárnutí drenáže	m	0	2
	Převody vod na úrovni hlavních odvodňovacích zařízení	m	500	10
P13	Zatravněný pás	m ²	8,0	0,6
D04	Zalesnění zemědělské půdy; alternativně: výsadba plantáží RRD - na odvodněných pozemcích	m ²	29,5	0,5
P08	Suchá nádrž	m ³	340,0	27,0
P07	Protierozní sedimentační nádrž	m ³	380,0	23,0
E01	Vegetační doprovod	m ²	20,0	6,1
D08	Tůň dotovaná drenážní vodou nebo tůň na drenážní výusti	m ³	400,0	26,0

P12	Zatrávnění údolnice	m ²	8,0	0,6
	Mokřad v dolní části drenážního systému (či v návaznosti na něj) s předřazeným objektem pro zpomalení odtoku	m ²	350,0	37,0
D06	Plošné odstranění POZ	m ²	50,0	0,0

Tab. č. 25 Finanční analýzy modelového systému opatření v povodí vlašimské Blanice

ceny v tis. Kč	rok hodnocení	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1. Celkové finanční náklady		2 099 569	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522
1.1. Přímé náklady		2 099 569	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522
1.1.1. Investiční náklady		1 905 968	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.1.1.1. Výkup pozemku		246 167	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.1.1.2. Pořízení/vybudování opatření		1 659 800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.1.2. Provozní náklady		12 028	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929
1.1.2.1. odstraňování sedimentu z vodních toků a nádrží		12 028	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155
1.1.2.2. ostatní provozní náklady na opatření		0	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773
1.1.3. Oportunitní náklady		15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594
1.1.3.1. ušlý zisk/ušlá dotace z produkce		15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594
1.1.3. Administrativní náklady		165 980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. Celkové finanční užítky		0	13 238	13 238	13 238	13 238	13 238	13 238	13 238	13 238	13 238	13 238	13 238	13 238	13 238	13 238	13 238	13 238	13 238	13 238	13 238
2.1. Produkční služby		0	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448
2.1.1. Produkce biomasy		0	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448
2.2. Regulační služby		0	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791
2.2.1. Regulační eroze		0	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791
2.2.1.1. Snížení ztráty půdy z pozemků		0	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791
Diskontní míra		4%																			
Diskontní koeficient		0,96	0,92	0,89	0,85	0,82	0,79	0,76	0,73	0,70	0,68	0,65	0,62	0,60	0,58	0,56	0,53	0,51	0,49	0,47	0,46
3. Výstupy finanční analýzy																					
3.1. Čisté peněžní toky		-2 099 569	-79 284	-79 284	-79 284	-79 284	-79 284	-79 284	-79 284	-79 284	-79 284	-79 284	-79 284	-79 284	-79 284	-79 284	-79 284	-79 284	-79 284	-79 284	-79 284
3.2. Diskontované peněžní toky		-2 018 817	-73 302	-70 483	-67 772	-65 166	-62 659	-60 249	-57 932	-55 704	-53 561	-51 501	-49 521	-47 616	-45 785	-44 024	-42 330	-40 702	-39 137	-37 632	-36 184
3.3. Ekonomická čistá současná hodnota (FNPV)		-3 140 880																			
3.4. Ekonomická míra výnosnosti (FIRR)		-																			
3.5. Benefit/cost ratio (B/C)		0,07																			

Tab. č. 26 Ekonomické analýzy modelového systému opatření v povodí vlašimské Blanice

ceny v tis. Kč	rok hodnocení	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1. Celkové ekonomické náklady		2 099 569	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522
1.1. Přímé náklady		2 099 569	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522	92 522
1.1.1. Investiční náklady		1 905 968	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.1.1.1. Výkup pozemku		246 167	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.1.1.2. Pořízení/vybudování opatření		1 659 800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.1.2. Provozní náklady		12 028	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929	76 929
1.1.2.1. odstraňování sedimentu z vodních toků a nádrží		12 028	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155	7 155
1.1.2.2. ostatní provozní náklady na opatření		0	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773	69 773
1.1.3. Oportunitní náklady		15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594
1.1.3.1. ušlý zisk/ušlá dotace z produkce		15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594	15 594
1.1.3.2. Administrativní náklady		165 980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. Celkové ekonomické užítky		0	18 303 862	16 608 414	16 608 414	16 608 414	16 608 414	16 608 414	16 608 414	16 608 414	16 608 414	16 608 414	16 608 414	16 608 414	16 608 414	16 608 414	16 608 414	16 608 414	16 608 414	16 608 414	16 608 414
2.1. Produkční služby		0	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448
2.1.1. Produkce biomasy		0	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448	9 448
2.2. Regulační služby		0	18 294 414	16 598 966	16 598 966	16 598 966	16 598 966	16 598 966	16 598 966	16 598 966	16 598 966	16 598 966	16 598 966	16 598 966	16 598 966	16 598 966	16 598 966	16 598 966	16 598 966	16 598 966	16 598 966
2.2.1. Zvýšení retence a akumulace vody v povodí		0	592	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2.3. Zvyšování kvality vody		0	7 538	7 538	7 538	7 538	7 538	7 538	7 538	7 538	7 538	7 538	7 538	7 538	7 538	7 538	7 538	7 538	7 538	7 538	7 538
2.2.3.1. Snížení obsahu fosforu		0	2 019	2 019	2 019	2 019	2 019	2 019	2 019	2 019	2 019	2 019	2 019	2 019	2 019	2 019	2 019	2 019	2 019	2 019	2 019
2.2.3.2. Snížení obsahu dusíku		0	5 520	5 520	5 520	5 520	5 520	5 520	5 520	5 520	5 520	5 520	5 520	5 520	5 520	5 520	5 520	5 520	5 520	5 520	5 520
2.2.4. Regulace eroze		0	8 054	8 054	8 054	8 054	8 054	8 054	8 054	8 054	8 054	8 054	8 054	8 054	8 054	8 054	8 054	8 054	8 054	8 054	8 054
2.2.4.1. Snížení ztráty půdy z pozemků		0	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791	3 791
2.2.4.2. Snížení odnosu sedimentu do vodního toku		0	4 263	4 263	4 263	4 263	4 263	4 263	4 263	4 263	4 263	4 263	4 263	4 263	4 263	4 263	4 263	4 263	4 263	4 263	4 263
2.2.5. Ekosystémové služby		0	16 583 374	16 583 374	16 583 374	16 583 374	16 583 374	16 583 374	16 583 374	16 583 374	16 583 374	16 583 374	16 583 374	16 583 374	16 583 374	16 583 374	16 583 374	16 583 374	16 583 374	16 583 374	16 583 374
2.2.6. Zvýšení hodnoty ekosystému		0	1 694 856	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sociální diskontní míra			5%																		
Diskontní koeficient			0,95	0,91	0,86	0,82	0,78	0,75	0,71	0,68	0,64	0,61	0,58	0,56	0,53	0,51	0,48	0,46	0,44	0,42	0,40
3. Výstupy se započítáním ekosystémových služeb																					
3.1. Čisté peněžní toky		-2 099 569	18 211 340	16 515 892	16 515 892	16 515 892	16 515 892	16 515 892	16 515 892	16 515 892	16 515 892	16 515 892	16 515 892	16 515 892	16 515 892	16 515 892	16 515 892	16 515 892	16 515 892	16 515 892	16 515 892
3.2. Diskontované peněžní toky		-1 999 590	16 518 222	14 267 048	13 587 665	12 940 633	12 324 413	11 737 536	11 178 606	10 646 291	10 139 325	9 656 500	9 196 667	8 758 730	8 341 648	7 944 426	7 566 120	7 205 829	6 862 694	6 535 899	6 224 666
3.3. Ekonomická čistá současná hodnota (ENPV)			199 114 995																		
3.4. Ekonomická míra výnosnosti (EIRR)			859%																		
3.5. Benefit/cost ratio (B/C)			82,24																		
4. Výstupy bez započítání ekosystémových služeb																					
4.1. Čisté peněžní toky		-2 099 569	1 627 966	-67 482	-67 482	-67 482	-67 482	-67 482	-67 482	-67 482	-67 482	-67 482	-67 482	-67 482	-67 482	-67 482	-67 482	-67 482	-67 482	-67 482	-67 482
4.2. Diskontované peněžní toky		-1 999 590	1 476 613	-58 294	-55 518	-52 874	-50 356	-47 958	-45 674	-43 500	-41 428	-39 455	-37 577	-35 787	-34 083	-32 460	-30 914	-29 442	-28 040	-26 705	-25 433
4.3. Ekonomická čistá současná hodnota (ENPV)			-1 300 399																		
4.4. Ekonomická míra výnosnosti (EIRR)			-																		
4.5. Benefit/cost ratio (B/C)			0,12																		

Při uvážení veškerých socioekonomických přínosů a nákladů v průběhu hodnotícího období a zůstatkové hodnoty, která odráží ekonomickou hodnotu projektu za tímto horizontem, byly vypočteny ukazatele ekonomické čisté současné hodnoty (ENPV), ekonomické míry návratnosti (EIRR) a B/C (ukazatel porovnání nákladů a výnosů).

Ekonomická čistá současná hodnota představuje rozdíl mezi diskontovanými sociálními výnosy a náklady. ENPV je využívána jako jeden z hlavních ukazatelů ekonomické výkonnosti projektů. Další ukazatele finanční výkonnosti jsou také ukazatele EIRR a B/C, ty ovšem do výpočtu nezahrnují velikost projektu, což může vést k občasným problémům při jejich interpretaci. To dokládá tab. 26, kdy ekonomická čistá současná hodnota, se započítáním ekosystémových služeb, plynoucích z modelového systému opatření v povodí vlašimské Blanice během 20-ti hodnocených let, dosahuje výše přes 199 mld. Kč. Kladný ukazatel ENPV znamená, že Projekt přináší zvýšení společenského blahobytu a tedy lze jej doporučit k realizaci.

Při zohlednění ekosystémových služeb nových biotopů dle Seják J. a kol. 2010, které vzniknou realizací posuzované projektu, je posuzovaný projekt ze společenského a ekonomického pohledu efektivní.

9. Rekapitulace a závěr

V rámci projektu „Příprava listů opatření typu A lokalit plošného zemědělského znečištění pro plány dílčích povodí“, řešeného v rámci zakázky pro zadavatele Povodí Vltavy, státní podnik v letech 2015 – 2019 konsorciem VÚMOP, v.v.i., ČVUT, Sweco Hydroprojekt, a.s. a VÚV, TGM, v.v.i. bylo navrženo celkem 3 440 konkrétních opatření ve 48 povodí IV. řádu s celkovou plochou 508 km². Z toho v povodí vlašimské Blanice bylo navrženo 2 048 a zbývající v okolních a navazujících povodích IV. řádu. Z těchto opatření bylo 2 391 primárně protierozních, 610 opatření primárně na drenážních systémech, 147 opatření kombinovaných a 294 doprovodných. Opatření na zmírnění povrchového a podpovrchového odtoku a opatření kombinovaná byla spojována v tzv. systémy opatření, za účelem co nejvyšší účinnosti z hlediska zvýšení retence vody a zlepšení její kvality.

Vyhodnocení účinnosti navržených opatření pak bylo provedeno pro hydrologicky ucelené území vlašimské Blanice (uzávěrový profil Radonice). Toto povodí bylo vybráno na základě výsledků kategorizace kritických lokalit obou typů znečištění a potvrzeno i terénním průzkumem. Povodí vlašimské Blanice. Povodí vlašimské Blanice má po závěrový profil Radonice rozlohu 543 km² a obsahuje celkem 71 povodí IV. řádu. Z těchto povodí bylo 31 klasifikováno jako ohrožená povrchovými zdroji znečištění a z hlediska podpovrchového znečištění bylo 50 povodí IV. řádu klasifikováno hodnotami SR SIPO 4 a 5 (vysoká až velmi vysoká potřeba návrhu opatření). Celkem bylo v povodí vlašimské Blanice navrženo 2 048 opatření ve 30 povodích IV. řádu ze 71, což představuje 51 % plochy jejího povodí.

Na snížení zatížení vod povrchovým znečištěním bylo navrženo celkem 2 538 opatření, z toho 1 552 v povodí vlašimské Blanice. Opatření se dotkla 30 povodí IV. řádu (51 % plochy povodí vlašimské Blanice. Realizací těchto PEO by došlo ke snížení odtoku splavenin závěrovým profilem Radonice o 30 % a ke snížení odtoku erozního fosforu o 37 %. Pokud by retenční i „záchytná a odváděcí“ opatření zcela absorbovala sediment/fosfor vstupující do nich z příslušných zemědělských pozemků, byl by efekt snížení vstupu splavenin i erozního

fosforu z okolních pozemků do stávající hydrografické sítě velmi výrazný. Hodnoty účinnosti jsou 38 % (splaveniny) a 43 % (erozní fosfor).

Vyjádřeno kvantitativně, v průměru za rok dokáží tato opatření **snížit celkový vnos fosforu** do říční sítě o objemu **přes 17 tun** a celkový vnos erozního smyvu (půdy) **přes 30 tis. tun**.

Opatření na snížení znečištění z podpovrchových zdrojů znečištění byla navrhována ve 26 povodích IV. řádu (47 % plochy povodí vlašimské Blanice). Celkem bylo navrženo 496 opatření relevantních pro snížení znečištění drenážními systémy. Tato opatření ovlivnila drenážní odtok na 38 % plochy odvodněných lokalit v povodích s návrhy opatření a měla vliv na snížení odnosu dusičnanového dusíku o 175 t/rok, což představuje snížení odnosu N – NO₃ o 24 %. V rámci celého povodí vlašimské Blanice, ve kterém bylo navrženými opatřeními ovlivněno 21 % odvodněných lokalit, tedy došlo k poklesu odnosu N-NO₃ drenážními systémy o 11 %.

Vyjádřeno kvantitativně, v případě **dusičnanového dusíku** se jedná v průměru o snížení celkového vnosu o **80 tun**.

Navržená opatření jednak zvýší retenční schopnost krajiny, když při stoleté srážce zadrží kolem 3,5 mil m³ vody v horních částech povodí s tím, že většina této zadržené vody se zasákne do půdy a pomalu, neškodně odtéká či je akumulována. Opatření rovněž posilují samočisticí schopnosti v mokřadech, nádržích, vodních tocích i půdě.

Řešení projektu přineslo řadu inovací pro efektivní řešení nízké retence vody v zemědělských povodích a omezování plošného zemědělského znečištění vod. Zejména jde o postupy pro prioritizaci hydrologických jednotek různých měřítek z pohledu potřeby opatření. Dále se jedná o komplexní katalog ochranných opatření, z nichž byla opatření v rámci listů opatření typu A navrhována. Zpracovaný katalog přináší z hlediska ČR i zahraničí inovativní podklad pro navrhování biotechnických opatření na zemědělské půdě a v její návaznosti, neboť jednak uvádí přehled opatření pro snížení povrchového i podpovrchového odtoku, vč. hodnocení jejich účinnosti na vodní režim a jakost vod, ale hlavně přichází s tzv. systémy opatření, tedy vhodnými kombinacemi různých typů opatření ve vzájemné návaznosti.

Řešení projektu také odhalilo řadu nejistot, zejména v oblasti znalostí skutečného působení jak jednotlivých opatření, tak synergií systémů opatření z pohledu vlivu na vodní režim a jakost vod. V těchto oblastech zjevně chybí řada poznatků, které nelze získat jinak než experimentálně.

Projekt je návodem ke komplexnímu přístupu řešení výše uvedených témat a možnou inspirací pro výběr prioritních lokalit, návrhy a výpočty účinnosti opatření v dalších povodích. Stejně tak je nutným krokem ke skutečné realizaci efektivních opatření v povodí. Projekt „Příprava listů opatření typu A lokalit plošného zemědělského opatření pro plány dílčích povodí“ významně přispěl k přesnému definování významu tohoto problému i naznačení možného řešení, potřebného rozsahu a podoby krajinných opatření a odhad jejich účinku.

Investiční náklady na navržená protierozní a přírodě blízká opatření, mezi kterými nechybí revitalizace vodních toků, budování tůní, mokřadů a suchých retenčních nádrží, jsou ve výši 3 mld. Kč a provozní roční náklady se pohybuji kolem 130 mil. Kč.

Předkládaná studie představuje svým zaměřením, rozsahem a komplexností v ČR ojedinělý podklad, využitelný jak v plánech dílčích povodí ve správní působnosti Povodí Vltavy, státní podnik, tak v povodích jiných. Vypracovaný materiál je dále velmi dobře použitelný při prioritizaci či navrhování opatření v rámci Komplexních pozemkových úprav, modifikací parametrů půdních bloků, přípravě, zacílení a kontrolách dotačních titulů a dalších změnách hospodaření v zemědělské krajině, směřujících ke zvýšení a posílení vodohospodářských a environmentálních funkcí krajiny.

10. Seznam tabulek

Tab. č. 1 Seznam katalogových listů.....	13
Tab. č. 2 Přehled navržených opatření	18
Tab. č. 3 Seznam navrhovaných liniových PEO	20
Tab. č. 4 Seznam navrhovaných plošných PEO.....	20
Tab. č. 5 Seznam navrhovaných bodových PEO	21
Tab. č. 6 Popis implementace vybraných PEO do modelu WaTEM/SEDEM	22
Tab. č. 7 Účinnost systému PEO z hlediska transportu sedimentu stanovená ve třech variantách pro řešená povodí IV. řádu	33
Tab. č. 8 Účinnost systému PEO z hlediska transportu erozního fosforu stanovená ve dvou variantách pro řešená povodí IV. řádu	40
Tab. č. 9 Hodnoty účinnosti navrženého systému PEO pro povodí ČHP 1-09-03-0470.....	44
Tab. č. 10 Účinnost 1 navržených PEO vyhodnocená v místě uzávěrového profilu výpočetního celku modelu WaTEM/SEDEM, uzávěrový profil povodí IV. řádu ČHP 1-09-03-0920.....	48
Tab. č. 11 Účinnost 2 navržených PEO pro 3 varianty funkčnosti systému (pro území všech 48 povodí IV. řádu – bílá pole, pro povodí Vlašimské Blanice (uzávěrový profil Radonice)-žlutá pole).....	49
Tab. č. 12 Množství erodovaného materiálu a erozního fosforu zachycené v navržených retenčních liniových prvcích v jednotlivých povodích IV. řádu.....	50
Tab. č. 13 Navržená ochranná opatření - podpovrchové zdroje znečištění (vlašimská Blanice)	54
Tab. č. 14 Koncentrace dusičnanového dusíku v drenážních vodách přiřazené jednotlivým hodnotám SR-SIPO	57
Tab. č. 15 Koncentrace a odnos dusičnanového dusíku v drenážních vodách jednotlivých povodí IV. řádu v povodí Blanice přiřazené jednotlivým hodnotám SR-SIPO	57
Tab. č. 16 Odnos dusičnanového dusíku a fosforu drenážními systémy v jednotlivých povodích IV. řádu vlašimské Blanice	58
Tab. č. 17 Účinnost opatření na snížení zemědělského znečištění z podpovrchových plošných zdrojů, navrhovaných v rámci projektu.....	60
Tab. č. 18 Výpočet změny odnosu N a P podpovrchovým odtokem po realizaci navržených opatření.....	67
Tab. č. 19 Přehled změn koncentrací N a P v povodích s navrženými opatřeními.....	70
Tab. č. 20 Přehled změn koncentrací N a P v povodích KB2 – dusičnanový dusík	70
Tab. č. 21 Přehled změn koncentrací N a P v povodích KB2 – celkový fosfor.....	71
Tab. č. 22 Přehled a počty jednotlivých typů navržených opatření	73
Tab. č. 23 Počty jednotlivých typů navržených opatření v dotčených povodích IV. řádu	74
Tab. č. 24 Přehled jednotlivých nákladů a jednotkových provozních nákladů na jednotlivé typy opatření.....	76
Tab. č. 25 Finanční analýzy modelového systému opatření v povodí vlašimské Blanice	78
Tab. č. 26 Ekonomické analýzy modelového systému opatření v povodí vlašimské Blanice 79	

11. Seznam obrázků

Obr. č. 1 Území řešené v rámci projektu se zobrazením povodí IV. řádu, ve kterých byly navrhovány systémy opatření	17
Obr. č. 2 Intenzita eroze před realizací PEO (nahore) a po realizaci PEO (dole).....	23
Obr. č. 3 Intenzita eroze a hydrografická síť před realizací PEO (nahore) a po realizaci PEO (dole)	25
Obr. č. 4 Intenzita eroze a hydrografická síť před realizací PEO (nahore) a po realizaci PEO (dole)	27
Obr. č. 5 Intenzita eroze před realizací PEO (nahore) a po realizaci PEO (dole).....	29
Obr. č. 6 Průběh transportu splavenin hydrografickou sítí před realizací VN (nahore) a po realizaci VN (dole)	31
Obr. č. 7 Hodnoty účinnosti PEO (varianta 1) z hlediska transportu splavenin pro jednotlivá povodí IV. řádu	35
Obr. č. 8 Hodnoty účinnosti PEO (varianta 2) z hlediska transportu splavenin pro jednotlivá povodí IV. řádu	37
Obr. č. 9 Hodnoty účinnosti PEO (varianta 3) z hlediska transportu splavenin pro jednotlivá povodí IV. řádu	39
Obr. č. 10 Hodnoty účinnosti PEO (varianta 1) z hlediska transportu erozního fosforu pro jednotlivá povodí IV. řádu	41
Obr. č. 11 Hodnoty účinnosti PEO (varianta 2) z hlediska vstupu erozního fosforu do stávající hydrografické sítě pro jednotlivá povodí IV. řádu.....	43
Obr. č. 12 Vodní toky s transportovaným množstvím erozního fosforu (kg/rok) – současný stav	45
Obr. č. 13 Vodní toky s transportovaným množstvím erozního fosforu (kg/rok) – návrhový stav	46
Obr. č. 14 Uzávěrový profil povodí Vlašimské Blanice, profil Radonice	47
Obr. č. 15 Účinnost 2* z hlediska transportu splavenin v jednotlivých povodích IV. řádu....	51
Obr. č. 16 Účinnost 2* z hlediska transportu erozního fosforu v jednotlivých povodích IV. řádu.....	52
Obr. č. 17 Erozní odtok v povodí Vlašimské Blanice (léto 2017, foto Josef Krása)	53
Obr. č. 18 Povodí IV. řádu vlašimské Blanice dotčená návrhem opatření	55
Obr. č. 19 Snížení odnosu N-NO ₃ po realizaci opatření.....	63
Obr. č. 20 Snížení odnosu Pcelk po realizaci opatření.....	64
Obr. č. 21 Příklad území s velmi účinně dimenzovanými systémy opatření	65
Obr. č. 22 Příklad povodí s nižším počtem navržených opatření při zachování jejich účinnosti	66
Obr. č. 23 Povodí IV. řádu a kritické body. Barevně vyznačena povodí, kde v modelu byly modifikovány koncentrace N-NO ₃ a Pcelk pro simulaci dopadu opatření.....	69

12. Seznam literatury

FUČÍK, P., ZAJÍČEK, KAPLICKÁ, M., DUFFKOVÁ, R., PETERKOVÁ, J., MAXOVÁ, J., TAKÁČOVÁ, Š. 2017. Incorporating rainfall-runoff events into nitrate-nitrogen and phosphorus load assessments for small tile-drained catchments. *Water*, 9, 712.

JŮVA, K. 1957. Odvodňování půdy. 526 s, SZN Praha

KVÍTEK, T. 2006. Využití a ochrana vodních zdrojů. *ZF JCU ČB*, 150 s.

KVÍTEK, T., 2015. Metodické zadání projektu „Listy opatření typu A pro eliminaci plošných zemědělských zdrojů znečištění. Povodí Vltavy, státní podnik, 10 s., (in Czech).

SEJÁK J., CUDLÍN P., POKORNÝ J., ZAPLETAL M., PETŘÍČEK V., GUTH J., CHUMAN T., ROMPORTL D., SKOŘEPOVÁ I., VACEK V., VYSKOT I., ČERNÝ K., HESSLEROVÁ P., BUREŠOVÁ R., PROKOPOVÁ M., PLCH R., ENGSTOVÁ B., STARÁ L. 2010. Hodnocení ekosystémových funkcí a služeb v ČR. *FŽP UJEP*, 197 p.

<https://atlaspl.vumop.cz/> Atlas plošného zemědělského znečištění vod v povodí Vltavy

ZAJÍČEK A., FUČÍK P., KAPLICKÁ M., LIŠKA M., MAXOVÁ J., DOBIÁŠ J. 2018. Pesticide leaching by agricultural drainage in sloping, mid-textured soil conditions – the role of runoff components. *Water Science and Technology*, 77(7-8): 1879-1890. doi: 10.2166/wst.2018.068.

13. Seznam příloh

1. Přehledová mapa navržených opatření
2. Přehled jednotlivých listů opatření po povodích IV. řádu včetně investičních a ročních provozních nákladů, vč. mapové přílohy
3. Vyhodnocení srážkoodtokových charakteristik povodí IV. řádu
4. Přehled nových retenčních a zásobních objemů po povodích IV. řádu
5. Přehled investičních a ročních provozních nákladů a efektů opatření po povodích IV. řádu