



NÁVRHY OPATŘENÍ ZLEPŠUJÍCÍ HOSPODAŘENÍ S POVRCHOVOU
VODOU
KE STUDII ODTOKOVÝCH POMĚRŮ NA ÚZEMÍ OBCE
PROVODOV-ŠONOV

ZPRACOVAL: VÝZKUMNÝ ÚSTAV MONITORINGU A OCHRANY PŮDY, V.V.I.



Obsah

Úvod a účel studie	6
Použité mapové a další podklady	7
1.1. Výběr lokalit pro návrhy opatření	8
1.2. Návrhy opatření v jednotlivých lokalitách a jejich popis	9
1.2.1. Kritický profil P01	10
1.2.2. Kritický profil P02.....	13
1.2.3. Kritický profil P03.....	15
1.2.4. Kritický profil P04.....	18
1.2.5. Kritický profil KB01.....	21
1.2.6. Kritický profil KB04.....	25
1.2.7. Kritický profil KB05.....	28
1.2.8. Kritický profil KB06.....	30
1.2.9. Kritický profil KB08.....	33
1.3. Rámcový návrh cestní sítě s možností využití jejich protierozní funkce	36
1.4. Vyhodnocení a závěry navržených opatření po projednání s dotčenými vlastníky a uživateli, správci vodních toků a povodí, dotčenými orgány a zástupci obce.....	38
1.5. Erozní ohrožení po realizaci navržených opatření	39
1.6. Možnosti zapojení navržených opatření do ÚSES.....	42
1.7. Posouzení kapacity propustků v katastrálním území Kleny	43
1.8. Posouzení kapacity propustků v místní části Václavice	45
1.9. Posouzení kapacity propustků nad obcí Provodov-Šonov	47
2. Návrh rozsahu obvodu následných KoPÚ	50
3. Shrnutí	51
4. Použité zdroje	52
5. Příloha- Katalog opatření	54
5.1. Odvodňovací příkop.....	54
5.2. Odváděcí průleh	58
5.3. Retenční průleh	61
5.4. Ochranná hrázka	64
5.5. Suchá nádrž	67
5.6. Polní cesta s protierozní funkcí.....	70
5.7. Zatravnění údolnice	72
5.8. Zatravněný pás	75



5.9.	Propustek.....	76
5.10.	Snížení komunikace.....	78
5.11.	Liniová zeleň	79
5.12.	Vegetační doprovod.....	81
5.13.	Hrázky z kamenného (štěrkového) pohozu	83
5.14.	Přehrážky (travnaté valy v údolnici).....	84
5.15.	Příčné svodnice	86
5.16.	Úprava koryta vodního toku (meandrování).....	88
5.17.	Agrotechnické postupy pro zvýšení infiltrace a retence vody a zlepšení její kvality	90



Autoři

Ing. Lucie Poláková

Ing. Petr Fučík, Ph.D. (fucik.petr@vumop.cz, 257 027 208)

Ing. Tomáš Hejduk, Ph.D.

doc. Ing. Zbyněk Kulhavý, CSc.

Lukáš Krejzek

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5

Zadavatel

Česká republika – Státní pozemkový úřad, Krajský pozemkový úřad pro Královéhradecký kraj, Pobočka Náchod, Palachova 1303, 547 01 Náchod



Úvod a účel studie

Česká republika – Státní pozemkový úřad, Krajský pozemkový úřad pro Královéhradecký kraj, Pobočka Náchod, vyzval k podání nabídky na veřejnou zakázku malého rozsahu s názvem: „Studie odtokových poměrů pro obec Provodov-Šonov“. Tato zakázka byla vyhlášena v souladu s § 27 zákona č. 134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek, a vztahovala se na ni výjimka dle § 31 tohoto zákona.

VÚMOP, v.v.i. (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy) zpracovával veřejnou zakázku malého rozsahu, která má za cíl vyhotovení komplexního hodnocení odtokových a erozních poměrů v zájmové oblasti Provodov-Šonov. Studie analyzuje současné odtokové a erozní poměry a navrhuje účinná protierozní a protipovodňová opatření. Výsledky této studie jsou klíčovým podkladem pro zpracování plánu společných zařízení v rámci komplexních nebo jednoduchých pozemkových úprav, které mají za cíl zlepšit řízení vodních zdrojů a ochranu půdy v dané lokalitě.

Tato studie přináší:

A) Analýzu území

- A.1 vypracování rozborových map na podkladě hydrologicky korektního digitálního modelu terénu
- A.2 provedení terénního průzkumu (včetně erozní a povodňové historie a vzniklých škod)
- A.3 analýza ohrožení území vodní erozí půdy
- A.4 analýza ohrožení území větrnou erozí půdy
- A.5 analýza srážkoodtokových poměrů území
- A.6 analýza a vyhodnocení stávajících územně plánovacích dokumentací či jiných studií krajinných struktur
- A.7 provedení identifikace melioračních staveb v území

B) Návrh opatření

- B.1 návrh komplexního systému protierozních a protipovodňových opatření
- B.2 projednání návrhů opatření s rozhodující částí uživatelů a vlastníků zemědělské půdy, správci vodních toků a povodí, dotčenými orgány a zástupci obce
- B.3 zohlednění a zapracování připomínek uživatelů, vlastníků, správců vodních toků a povodí, dotčených orgánů a zástupců obce do komplexního systému návrhu opatření
- B.4 stanovení účinnosti navržených opatření
- B.5 návrh rozsahu obvodu následných KoPÚ

C) Výstupy studie

- C.1 výstupy analytické části
 - průvodní a technická zpráva, mapové výstupy, tabulky a grafy, dokladová část
- C.2 výstupy návrhové části
 - průvodní a technická zpráva, mapové výstupy, tabulky a grafy, dokladová část



Použité mapové a další podklady

- Digitální katastrální mapa
Digitální mapa katastrální je zpravidla v S-JTSK ve vztáhném měřítku 1 : 1 000. Digitální mapy jsou stěžejním mapovým podkladem v informačních systémech a aplikacích vztahujících se k území. Dokončení digitální vektorové katastrální mapy v rozsahu celého území České republiky je jedním z nejvýznamnějších úkolů resortu, zdroj: Český úřad zeměměřický a katastrální
- Základní mapa ČR 1:10 000 (ZM 10)
Rastrový mapový podklad v měřítku 1:10 000 v celém rozsahu zájmového území. Základní státní mapové dílo obsahující polohopis (sídlá, objekty, komunikace, vodstvo, porost, povrch půdy atd.), výškopis (vrstevnice a terénní stupně) a popis, zdroj: Český úřad zeměměřický a katastrální.
- Ortofoto České republiky
Sada periodicky aktualizovaného barevného ortografického zobrazení zemského povrchu v rozměrech a kladu mapových listů, zdroj: Český úřad zeměměřický a katastrální.
- mapa vodních toků – jemné úseky (DIBAVOD), dostupné z: <https://www.dibavod.cz/>
- mapa parcel (RUIAN)
Registr územní identifikace, adres a nemovitostí (RÚIAN) je jedním ze základních registrů veřejné správy. Je veřejným seznamem, nevede žádné osobní údaje a je jedinečným zdrojem adres nejen pro veřejnou správu. Obsahuje také údaje o územních prvcích, územně evidenčních jednotkách a jejich vzájemných vazbách.
- mapa LPIS (zdroj: Ministerstvo zemědělství)
- mapa digitálního modelu terénu 5. generace (DMR 5G)
- povodňový informační systém (POVIS), dostupné z: <https://www.povis.cz/>



1.1. Výběr lokalit pro návrhy opatření

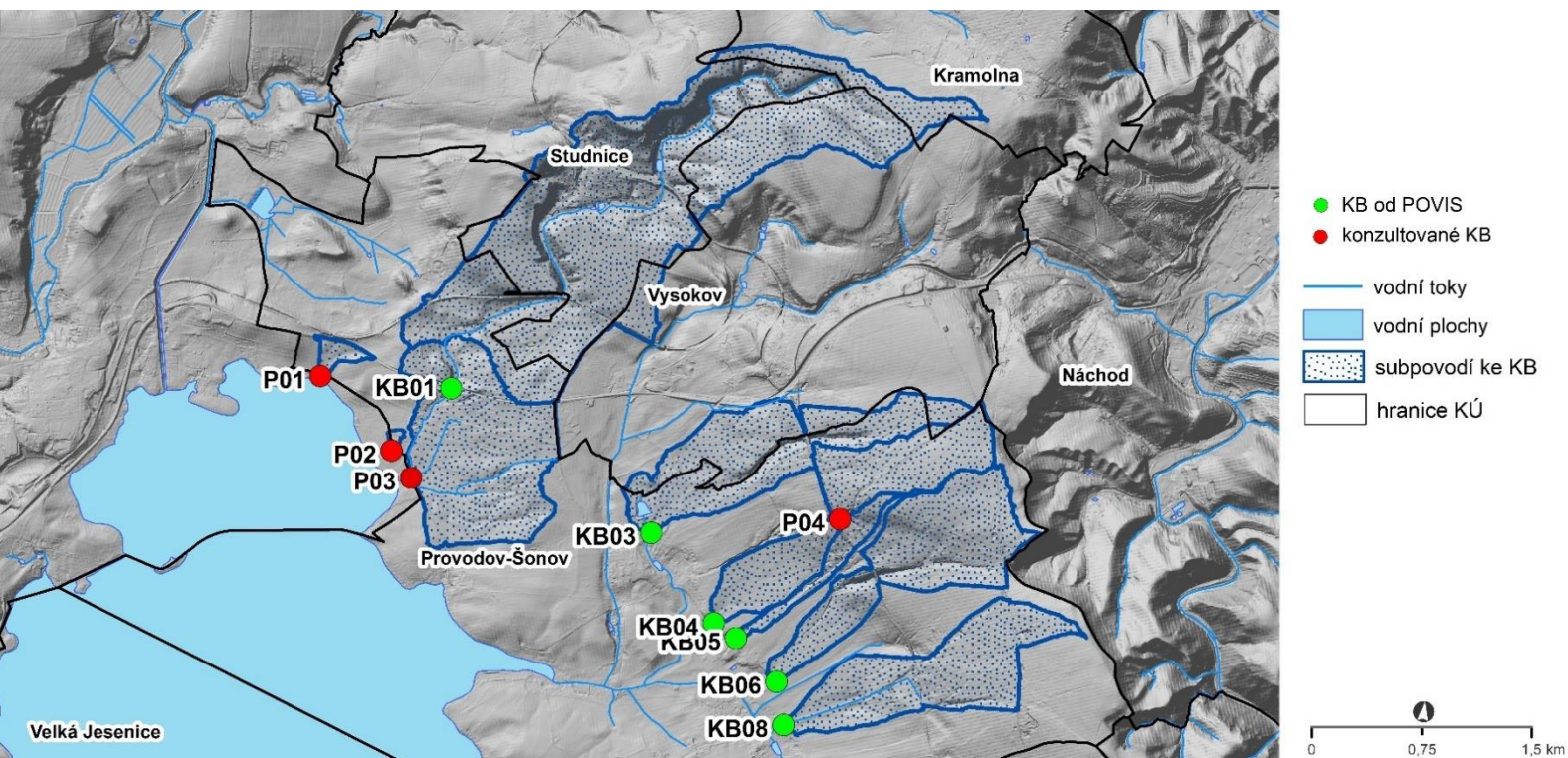
Na základě analytické části odtokových poměrů v lokalitě Provodov-Šonov bylo identifikováno devět pilotních oblastí, které vyžadují implementaci opatření ke snížení odtoku a zlepšení hydrologických podmínek v území. Tyto oblasti byly vybrány na základě stanovení kritických bodů a profilů. Kritické profily **P01**, **P02**, **P03** a **P04** byly stanoveny na základě konzultací s uživateli, vlastníky pozemků a vedením obce, se kterými byly problematické lokality diskutovány. Kritické body **KB01**, **KB04**, **KB05**, **KB06** a **KB08** byly identifikovány na základě dat z Povodňového informačního systému (POVIS).

Kritické body z POVIS jsou stanovovány pomocí analýzy povodňového rizika spojeného s přívalovými srážkami a soustředěným povrchovým odtokem, který může nepříznivě ovlivnit zastavěná území. Proces identifikace začíná tvorbou digitálního modelu terénu (DMT) z výškopisných dat ZABAGED, který je klíčový pro analýzu směrů a akumulace odtoku. Kritické body jsou vymezovány tam, kde dráhy soustředěného odtoku s přispívající plochou větší než 0,3 km² protínají hranice intravilánu obcí, přičemž plocha musí být mezi 0,3 a 10 km². Pro každý kritický bod jsou stanoveny fyzicko-geografické charakteristiky, jako je velikost sběrné plochy, průměrný sklon a podíl orné půdy. Tyto informace jsou zpracovávány pomocí GIS nástrojů. Finální výběr kritických bodů je založen na kombinaci těchto charakteristik, přičemž rozhodujícími kritérii jsou velikost přispívající plochy, průměrný sklon plochy (minimálně 3,5 %) a podíl orné půdy (minimálně 40 %). Konečný výběr je dále ovlivněn ukazatelem kritických podmínek (F), který musí dosahovat hodnoty vyšší než 1,85.

Pro stanovení kritických bodů byly využity nástroje GIS k podrobné modelaci ploch povodí, které jsou klíčové pro pochopení hydrologických poměrů na jednotlivých územích. Pomocí těchto nástrojů byly analyzovány topografické a hydrologické charakteristiky terénu, jako jsou směr odtoku, akumulace vody a rozvodnice, což umožnilo přesně vymezit oblasti, které přispívají k soustředěnému odtoku do daných kritických profilů. Takto definované plochy povodí byly následně zahrnuty do návrhů opatření, jež mají za cíl optimalizovat řízení odtoku vody, snížit riziko povodní a omezit erozi půdy.

Tyto plochy se staly předmětem podrobného řešení, kde byly zvažovány různé typy opatření, například zlepšení infiltrace vody, vybudování retenčních nádrží či vytvoření vegetačních pásů, které mohou efektivně zadržet vodu v krajině. Návrhy opatření byly koncipovány jako různé varianty možných řešení, z nichž každé má potenciál přispět ke zlepšení hydrologických podmínek v lokalitě. Předkládaná opatření představují pouze variantní návrhy, které mohou být dále upravovány a optimalizovány na základě podrobnějších analýz a monitoringu. Jejich konečná podoba bude záviset na konkrétních podmínkách a potřebách dané oblasti.





Obr. č. 1: Vymezené kritické body a jejich umístění v rámci řešené oblasti

1.2. Návrhy opatření v jednotlivých lokalitách a jejich popis

Problematické lokality byly podrobně popsány v dokumentu s názvem Studie odtokových poměrů pro obec Provodov-Šonov, v kapitole č. 1.2. a 1.5.3.

Tento dokument se zabývá návrhem opatření zaměřených na optimalizaci hospodaření s vodou v rámci vymezených povodí příslušných ke kritickým profilům. Obsahuje hydrotechnické výpočty povrchového odtoku a provádí srovnání mezi stávajícími podmínkami a potenciálním stavem, kterého by bylo možné dosáhnout implementací zemědělských protierozních postupů a realizací návrhů opatření.

Zemědělské protierozní technologie hrají klíčovou roli při ochraně půdy a efektivním hospodaření s vodními zdroji, zejména v oblastech, kde je zvýšené riziko eroze, jako je území obce Provodov-Šonov. Správné zacházení s půdou je klíčové pro řízení povrchového odtoku, který je hlavním zdrojem eroze a následného odnosu sedimentů. Nevyhovující způsoby hospodaření, jako je orba kolmo na vrstevnice, urychlují povrchový odtok, který rychle stéká po svazích a způsobuje výraznou erozi a následné škody v dolních částech povodí. Naopak orba po vrstevnicích zpomaluje odtok vody, zlepšuje vsakování do půdy a tím snižuje erozi.

Mezi klíčové protierozní postupy patří již zmíněné konturové orání, které zpomaluje odtok vody a zlepšuje její vsakování, či osev ochrannými pásy, kde pásy travin nebo plodin s hlubšími kořeny pomáhají stabilizovat půdu a brání erozi. Zatrávňování svažitých pozemků a pásové střídání plodin jsou dalšími účinnými metodami, které pomáhají zpomalovat povrchovou vodu a snižovat její erozivní sílu. Mulčování, meze a terasy jsou další techniky, které zpomalují odtok a zvyšují



schopnost půdy zadržovat vodu. Zvýšení organické hmoty v půdě a agrolesnictví dále posilují stabilitu půdy a její biodiverzitu.

Implementace zemědělských protierozních opatření je zásadní nejen pro ochranu půdy, ale i pro efektivní hospodaření s vodou v krajině. Tato opatření nejen zlepšují vodní bilanci, ale také posilují ekologickou stabilitu území a zajišťují dlouhodobou udržitelnost zemědělského hospodaření.

1.2.1. Kritický profil P01

Kritický bod **P01** (50.3964894 N, 16.0745783 E; mapy.cz) se nachází v oblasti, kde dochází k nežádoucí akumulaci vody z pole a výše položeného lesa. Tato akumulace se vytváří nad cyklostezkou, což vede k tvorbě velkých zamokřených ploch a následnému vtoku vody a sedimentu na cyklostezku. Tento proces způsobuje znečištění a možné poškození povrchu stezky. Následně dochází k odtoku této vody a sedimentů směrem do nádrže Rozkoš, což může negativně ovlivňovat kvalitu vody v nádrži.



Obr. č. 2: Vymezení kritického bodu P01 a jeho povodí

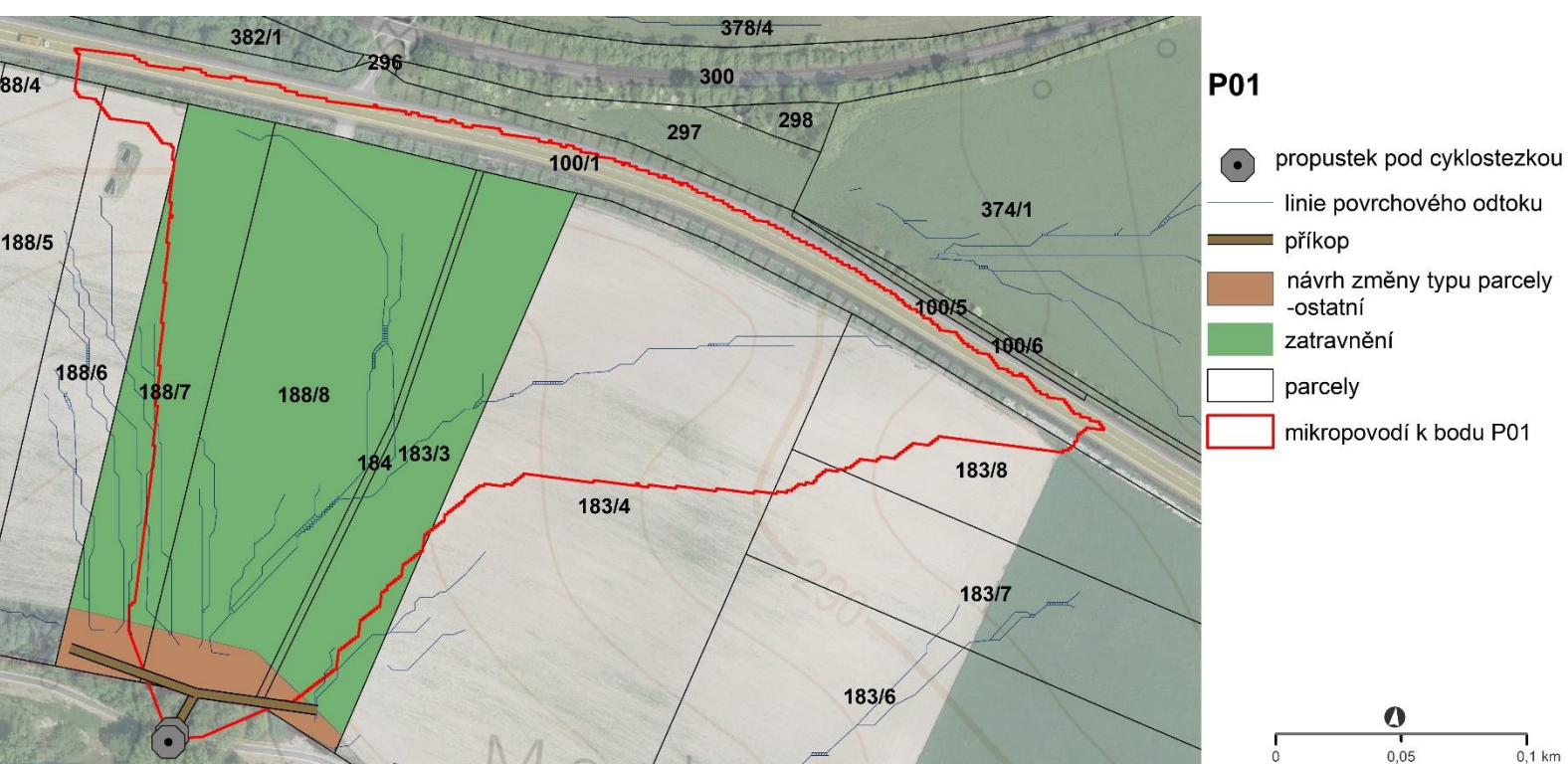
Z hlediska povrchového odtoku je řešena oblast o velikosti 0,0496 km². Návrhy opatření pro mikropovodí v lokalitě P01, které se zaměřují na snížení povrchového odtoku a zlepšení hydrologických podmínek v daném území jsou vyobrazeny na Obr. č.3.

Návrh zahrnuje zatravnění vybraných parcel, které je navrženo jako opatření ke zlepšení infiltrační schopnosti půdy a prevenci vzniku povrchového odtoku, jenž způsobuje škody na níže položené cyklostezce. Zatravnění je zamýšleno tak, aby zabránilo vzniku povrchového odtoku již v horních částech území, a zároveň zachytilo povrchový odtok přitékající z okolních parcel. Tímto



způsobem dojde ke zvýšení retenční schopnosti půdy, protože voda bude zasáknuta do půdního profilu a povrchový odtok bude eliminován. Rozsah zatravněného pásu je navrhován s ohledem na ucelenost pozemků a umožnění jejich vhodného obhospodařování ze strany uživatelů. Zatravnění se týká parcel č. 188/7, 188/8, 184 a 183/3.

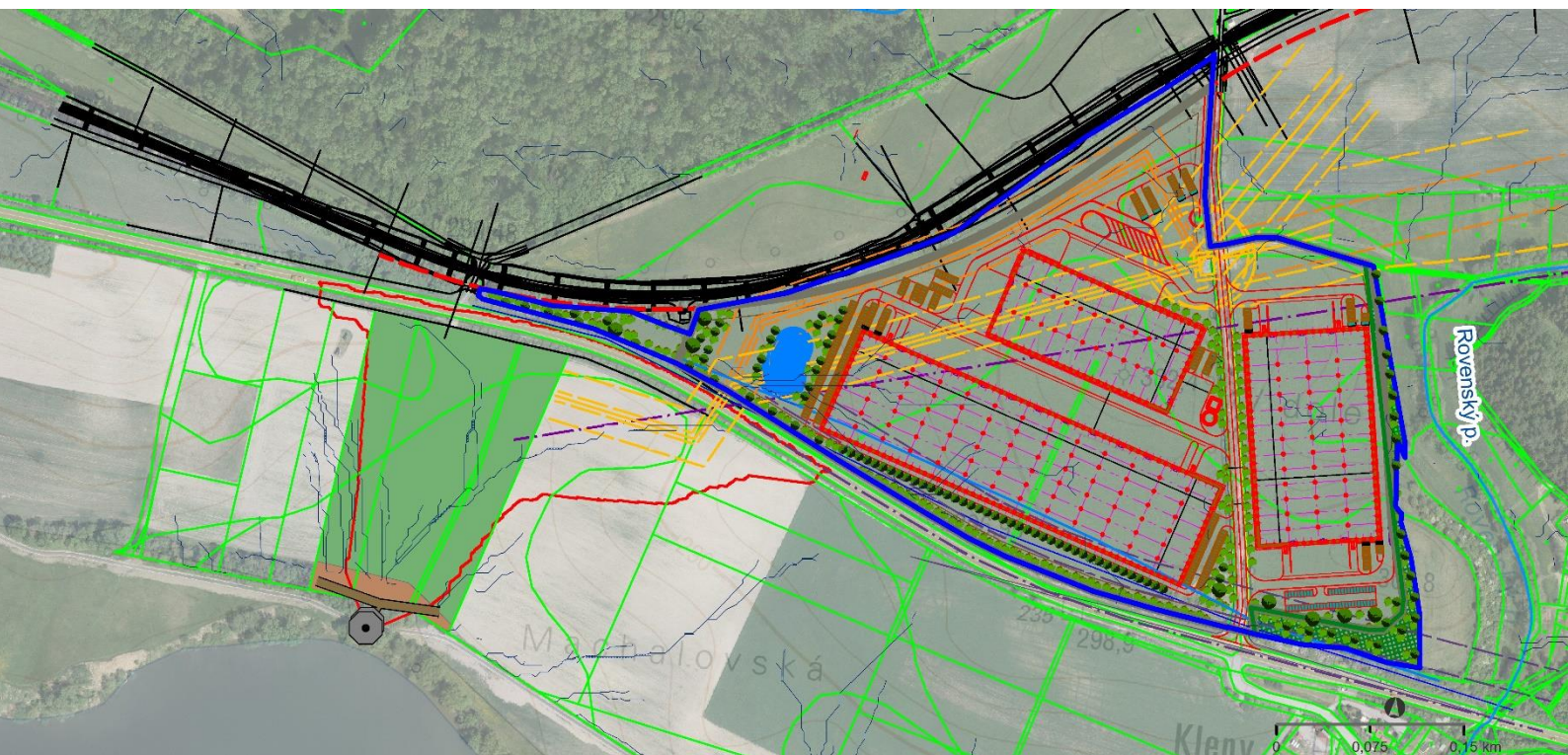
Navrhovaná změna typu pozemků v jižní části parcel č. 188/7, 188/8, 184 a 183/3 spočívá v převedení z orné půdy na ostatní plochy. Tento krok je zamýšlen kvůli potřebě stabilizace půdy pomocí již existující výsadby, která svým kořenovým systémem významně přispívá ke zpomalení či úplnému zastavení povrchového odtoku. Tím je umožněno lepší vsakování povrchové vody do půdního prostředí. Součástí návrhu je také výstavba příkopu, který bude mít za úkol při vyšších průtocích soustředit a bezpečně odvést povrchovou vodu směrem k propustku. Tento příkop bude mít zásadní roli v prevenci hromadění vody v tělese cyklostezky. Propustek, který se nachází pod cyklostezkou v dolní části mikropovodí, je klíčovým prvkem pro bezpečný odvod povrchové vody z území, čímž se minimalizuje riziko eroze a povodňových škod.



Obr. č. 3: Navrhovaná opatření v oblasti povodí ke kritickému bodu P01

Na Obr. č. 4 jsou vedle navrhovaných protierozních opatření zobrazeny plány na výstavbu objektů pro výrobu a skladování společnosti Panattoni. Tato výstavba bude mít zásadní vliv na okolní krajinu, především ve vztahu k hospodaření s povrchovou vodou. Epizodní voda z areálu Panattoni bude pravděpodobně směřovat do povodí kritického profilu, což povede k větší zátěži povrchovým odtokem. Z tohoto důvodu bylo navrhované zatravnění dimenzováno na větší plochu, aby dokázalo zadržet a regulovat zvýšený povrchový odtok. Je nezbytné, aby byla v rámci plánované výstavby navržena a implementována efektivní opatření pro odvodnění a řízení dešťové vody, která zajistí bezpečné odvádění vody z areálu a zabrání ohrožení níže položených pozemků. Opatření musí být koncipována tak, aby minimalizovala riziko nekontrolovaného odtoku a zamezila zvýšené erozi a poškození v povodí.





Obr. č. 4: Záměr výstavby nových objektů k výrobě a skladování, Panattoni

Hydrotechnické výpočty byly provedeny pomocí metody CN křivek, která slouží k odhadu povrchového odtoku na základě různých typů využití krajiny a hydrologických vlastností povodí. Výpočty zahrnovaly stanovení objemu povrchového odtoku jak pro stávající podmínky hospodaření, tak i pro podmínky po zavedení zemědělských protierozních opatření. Hodnoty byly počítány pro různé N-leté vody, konkrétně pro 2, 5, 10, 50 a 100leté vody, což odpovídá extrémním dešťovým událostem s různou pravděpodobností výskytu.

Tab. č. 1: Objem přímého odtoku pro oblast povodí P01 za stávajících podmínek a po zavedení zemědělských protierozních osevních postupů a po zavedení návrhů opatření (zatravnění, změna druhu pozemku), vyhodnocení účinnosti obou protierozních postupů

objem přímého odtoku:	objem odtoku při stávajícím způsobu hospodaření (m3)	objem odtoku po zavedení zemědělských půdoochranných technologií (m3)	účinnost zemědělských protierozních postupů (%)	objem odtoku po zavedení navrhovaných opatření (m3)	účinnost navrhovaných opatření (%)
N2	81,6	0,63	100,0	0,2	99,8
N5	315,0	44,62	48,4	50,8	83,9
N10	431,8	87,99	39,8	97,0	77,5
N50	1021,63	388,69	24,5	409,3	60,0
N100	1298,35	557,13	21,6	582,3	55,2

V tabulce č. 1 je znázorněno porovnání objemu odtoku při stávajícím způsobu hospodaření, po zavedení zemědělských protierozních postupů a po zavedení navrhovaných opatření. Důraz je kladen na účinnost obou typů opatření.

Zemědělské protierozní postupy dosahují vysoké účinnosti, zejména u častých srážkových událostí, kde dosahují až 99,23 % účinnosti pro 2leté vody (N2). Postupně klesá účinnost u větších srážkových událostí, přičemž u 100letých vod (N100) je účinnost 57,09 %. To znamená, že i přes zavedení těchto opatření zůstává výrazná část odtoku u extrémnějších událostí, avšak stále dochází ke značnému snížení.

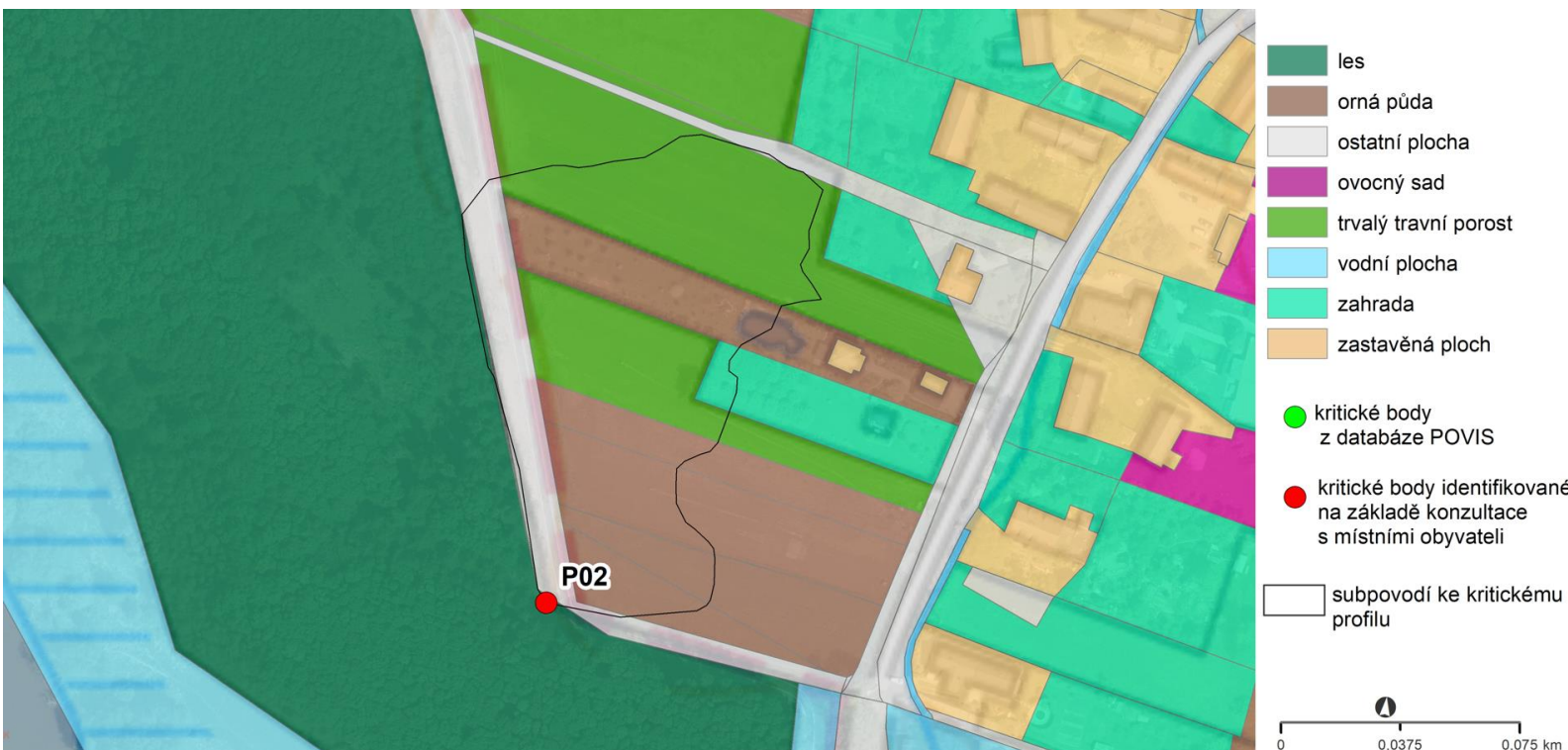


Navrhovaná opatření (zatravnění a změna druhu pozemku) jsou ještě účinnější u menších srážkových událostí, kde dosahují 99,80 % účinnosti u 2letých vod (N2). U častějších událostí, jako je 5letá voda, je účinnost 83,87 %, a u 10letých vod 77,54 %. Pro 50leté a 100leté vody účinnost dále klesá na 59,95 % a 55,16 %, což však stále představuje významné snížení povrchového odtoku.

Ideálním řešením pro minimalizaci povrchového odtoku a zlepšení hydrologických podmínek v území spočívá v kombinaci obou přístupů – zavedení zemědělských protierozních postupů a realizace navrhovaných opatření. Zemědělské protierozní postupy mají vysokou účinnost zejména při menších srážkových událostech, zatímco navrhovaná opatření přinášejí další významné snížení odtoku i při extrémních srážkách. Spojení těchto opatření by zajistilo maximální ochranu území před negativními dopady povodní a erozí, a zároveň by podpořilo udržitelné hospodaření s vodou v krajině. Tato kombinace by tedy poskytla komplexní řešení, které by bylo dlouhodobě přínosné pro ochranu půdy i pro zajištění vodního režimu v povodí.

1.2.2. Kritický profil P02

Kritický bod **P02** (50.3924336 N, 16.0815708 E; mapy.cz) se nachází v oblasti, kde dochází k nežádoucí stagnaci vody na louce u cyklostezky a v jejím okolí. Tento problém je pravděpodobně způsoben zasypanými odváděcími příkopy v přilehlém lese, které brání přirozenému odtoku vody. Stagnace vody na louce může vést k tvorbě ploch se stálým zamokřením, což negativně ovlivňuje nejen vegetaci, ale také stabilitu a použitelnost cyklostezky.



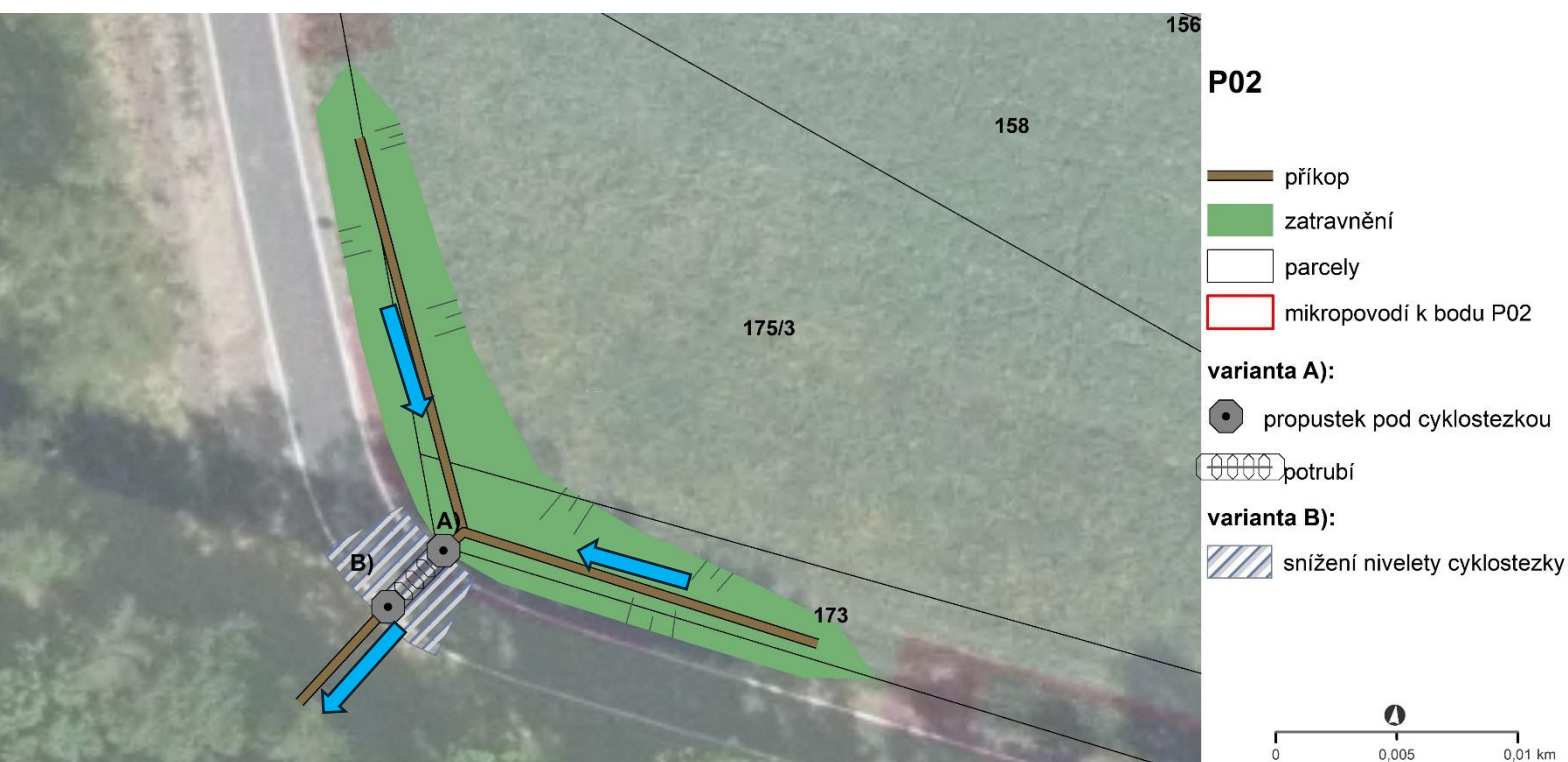
Obr. č. 5: Vymezení kritického bodu P02 a jeho povodí

Oblast o velikosti 0,01 km² je řešena z hlediska povrchového odtoku, přičemž návrhy opatření pro mikropovodí v lokalitě P02 se zaměřují na snížení odtoku a zlepšení hydrologických



podmínek, jak je zobrazeno na Obr. č. 6. Návrh zahrnuje zatravnění vybraných částí parcel, které má zlepšit schopnost půdy absorbovat vodu a zabránit vzniku povrchového odtoku, který by mohl způsobovat problémy v nižších částech území, včetně cyklostezky. Zatravnění má rovněž za úkol zachytit vodu přitékající z okolních parcel a zvýšit retenční kapacitu půdy, čímž se omezí odtok. Zatravnění bude směrem k příkopu vyspádováno.

Dalším důležitým opatřením je výstavba příkopu v zatravněné části parcel podél cyklostezky. Tento příkop bude sloužit k zachycení a soustředění povrchové vody, která se v menším množství vsákne do půdního prostředí. V případě vyšších průtoků bude příkop odvádět vodu směrem k propustku nebo ke sníženému úseku cyklostezky, v závislosti na zvolené variantě (varianta A nebo varianta B). Varianta A předpokládá výstavbu propustku (s DN 400 pro N100) pod cyklostezkou a potrubí pro bezpečný odvod vody pod cestou, zatímco varianta B zahrnuje snížení nivelety cyklostezky, což umožní bezpečný odtok vody. Přebytečná voda bude následně odváděna do jižně položeného lesního porostu, kde se bude moci infiltrovat do půdního prostředí. Cílem těchto opatření je zajistit efektivní odvod vody a minimalizovat riziko poškození cyklostezky povrchovým odtokem.



Obr. č. 6: Navrhovaná opatření v oblasti povodí ke kritickému bodu P02, modré šipky znázorňující směr odtoku

Pro lokalitu P02 se výše položené pozemky č. 156, 158, 175/3 a 173 již nacházejí ve stavu zatravnění, což představuje nejúčinnější zemědělské protierozní opatření. Z tohoto důvodu nebyla pro tuto oblast počítána účinnost dalších protierozních postupů, protože stávající zatravnění již plně naplňuje tento účel a navrhovaná opatření slouží k bezpečnému odvedení povrchové vody z území pryč. Vypočítán byl objem přímého odtoku pro různé N-leté vody.

Výsledky výpočtů ukazují, že objem přímého odtoku pro 2letou vodu (N2) je 70,78 m³. Pro 5letou vodu (N5) objem odtoku vzroste na 157,66 m³, a pro 10letou vodu (N10) dosahuje 194,45



m³. U extrémnějších srážkových událostí, jako je 50letá voda (N50), je objem odtoku 357,81 m³ a pro 100letou vodu (N100) dosahuje 427,93 m³ (viz. Tab. č. 2).

Tyto hodnoty ukazují, že i přes účinné opatření v podobě zatravnění stále dochází k významnému povrchovému odtoku zejména u vyšších N-letých vod, což je přirozené pro extrémní srážky, kdy je infiltrační kapacita půdy překročena. Poměrně vysoké hodnoty objemu přímého odtoku mohou být způsobeny nátokem povrchové vody podél těla cyklostezky z výše položených oblastí.

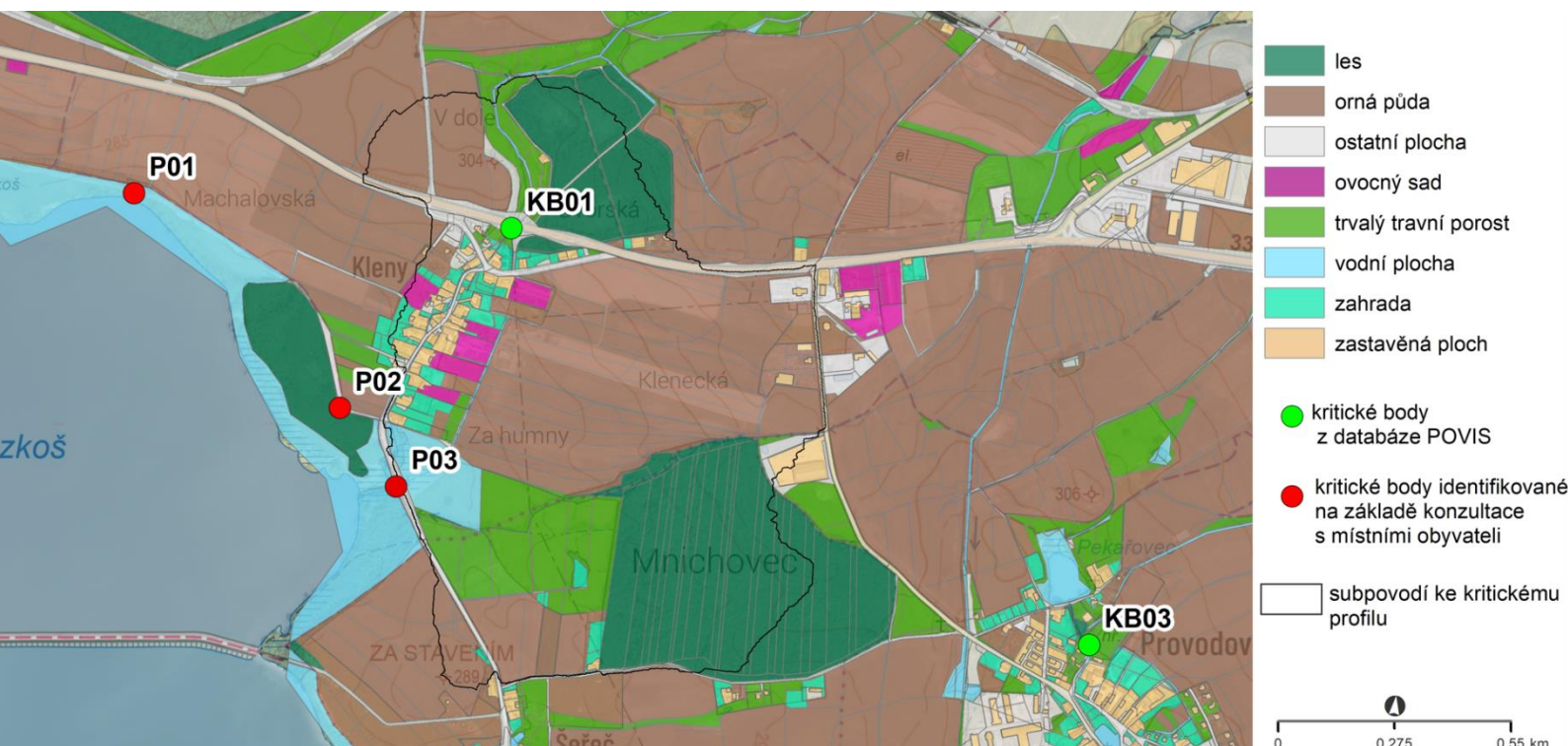
Tab. č. 2: Objem povrchového odtoku pro N-leté srážkové události

objem přímého odtoku N2	70,8 m ³
objem přímého odtoku N5	157,7 m ³
objem přímého odtoku N10	194,5 m ³
objem přímého odtoku N50	357,8 m ³
objem přímého odtoku N100	427,9 m ³

1.2.3. Kritický profil P03

Kritický bod P03 (50.3914675 N, 16.0833383 E; mapy.cz) se nachází v oblasti, kde dochází k nežádoucí akumulaci vody na louce poblíž silnice. Tento problém vede k vtékání vody na silnici, což může být důsledkem omezeného odtoku vody v zanedbaném korytě vodního toku, který se nachází v blízkosti nádrže Rozkoš. K situaci dále přispívá propustek s nedostatečnou kapacitou, který není schopen efektivně odvádět nahromaděnou vodu. V důsledku toho se voda hromadí na louce a přetéká na silnici, což představuje riziko pro bezpečnost dopravy a může vést k poškození silniční infrastruktury. Nedostatečný propustek v místě křížení Rovenského potoka a místní komunikace spojující místní část Kleny a Šeřeč způsobuje zadržení vody na západ od komunikace, kdy při intenzivních srážkách voda stagnuje a dosahuje až téměř k jižní části zastavěného území Kleny.





Obr. č. 7: Vymezení kritického bodu P03 a jeho povodí

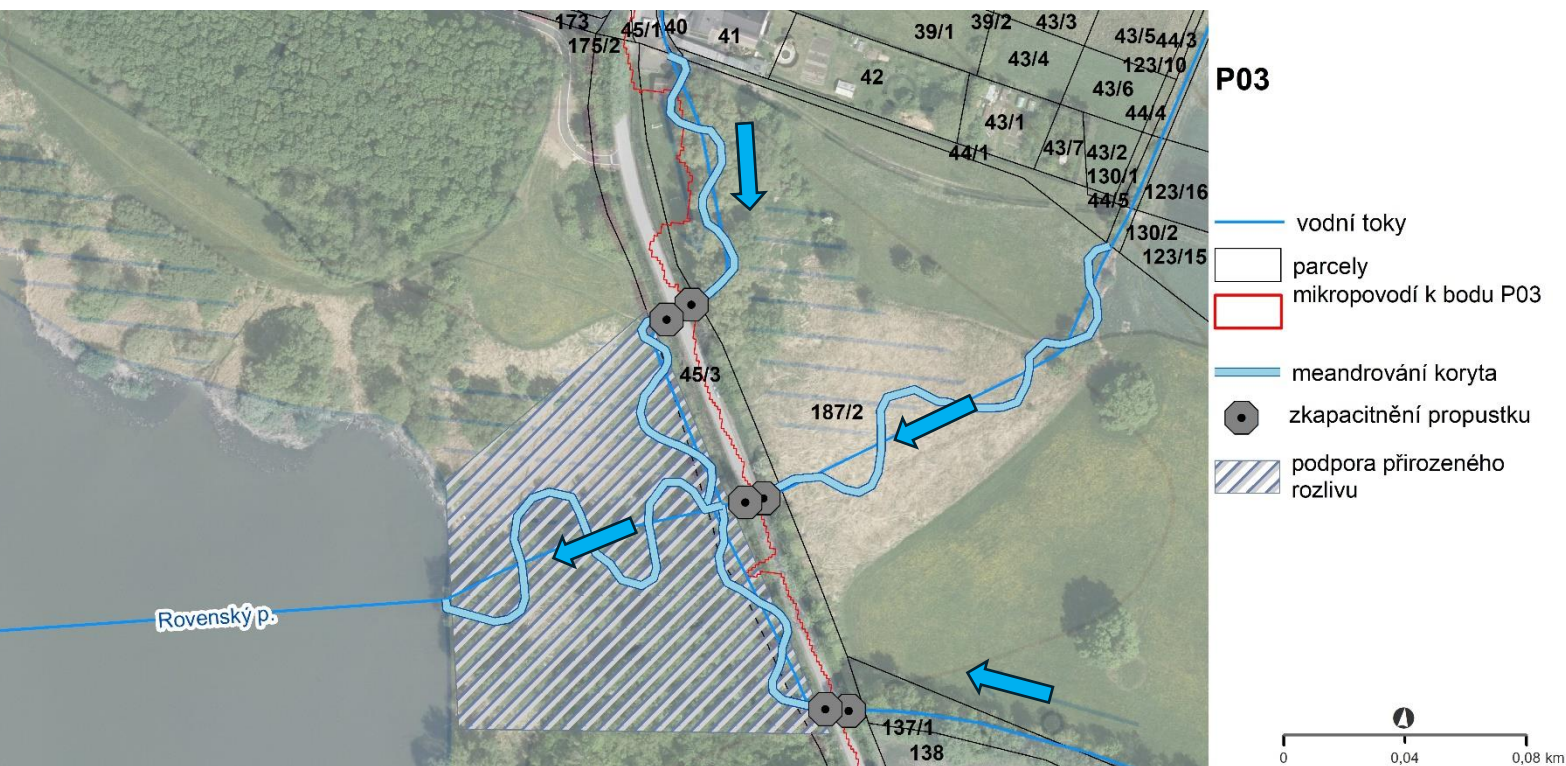
Na obrázku č. 8 jsou zobrazeny návrhy opatření pro mikropovodí v lokalitě P03 o rozloze 1,12 km², která se zaměřují na zlepšení odtoku a snížení akumulace vody v oblasti poblíž nádrže Rozkoš. Jedním z hlavních opatření je meandrování koryta vodního toku, které má za cíl zpomalit tok vody, zvýšit její retenci v krajině a podpořit přirozený rozliv v níže položených oblastech. Toto opatření pomůže snížit riziko rychlého odtoku vody na silnici a minimalizuje erozi půdy.

Další klíčové opatření je zkapacitnění propustků, což znamená jejich úpravu tak, aby mohly efektivněji odvádět vodu i při vyšších průtocích. Tím se sníží riziko, že dojde k zadržení vody na západ od silnice a jejímu následnému přetečení na komunikaci, což by mohlo ohrozit dopravu a infrastrukturu. Zkapacitnění propustků bude zásadní pro zajištění plynulého odtoku vody z území a prevenci stagnace vody v kritických místech.

Navíc je navržena podpora přirozeného rozlivu, což zahrnuje vytvoření prostoru, kde může voda při vyšších průtocích volně rozlévat do krajiny, aniž by způsobila škody. Tento přístup umožní, aby byla voda přirozeně zasakována do půdního prostředí a aby došlo ke snížení tlaku na vodní toky a propustky v době přívalových dešťů. Tyto navrhované úpravy a opatření společně zajistí lepší hospodaření s povrchovou vodou, minimalizují riziko záplav a zlepší celkové hydrologické podmínky v oblasti.

Návrhy opatření zobrazené na obrázku se týkají především pozemků s parcelními čísly 45/3, 187/2, a 137/1.





Obr. č. 8: Navrhovaná opatření v oblasti povodí ke kritickému bodu P03, modré šipky znázorňující směr odtoku

Tab. č. 3 ukazuje objemy přímého odtoku pro různé N-leté vody v lokalitě P03. Nejmenší odtok, odpovídající 2leté vodě (N2), činí 2485,74 m³. S narůstající intenzitou srážek objemy odtoku výrazně rostou – pro 5letou vodu (N5) je to 8450,28 m³ a pro 10letou vodu (N10) dokonce 11 337,31 m³. U extrémních srážkových událostí, jako jsou 50letá a 100letá voda (N50 a N100), jsou objemy odtoku velmi vysoké, konkrétně 25 548,74 m³ a 32 103,52 m³.

Tyto hodnoty ukazují na značné množství povrchové vody, které musí být efektivně odvedeno z oblasti, aby se předešlo škodám způsobeným záplavami a erozí. Většina povrchové vody je dotována z Rovenského potoka, kde je nezbytné řešit vysoké průtoky již ve vyšších částech vodního toku (viz KB01). Úpravy zaměřené na zvýšení kapacity koryta potoka a opatření proti erozi ve vyšších partiích povodí výrazně přispějí ke snížení odtoku v této lokalitě a k lepšímu zvládnutí přívalových srážek.

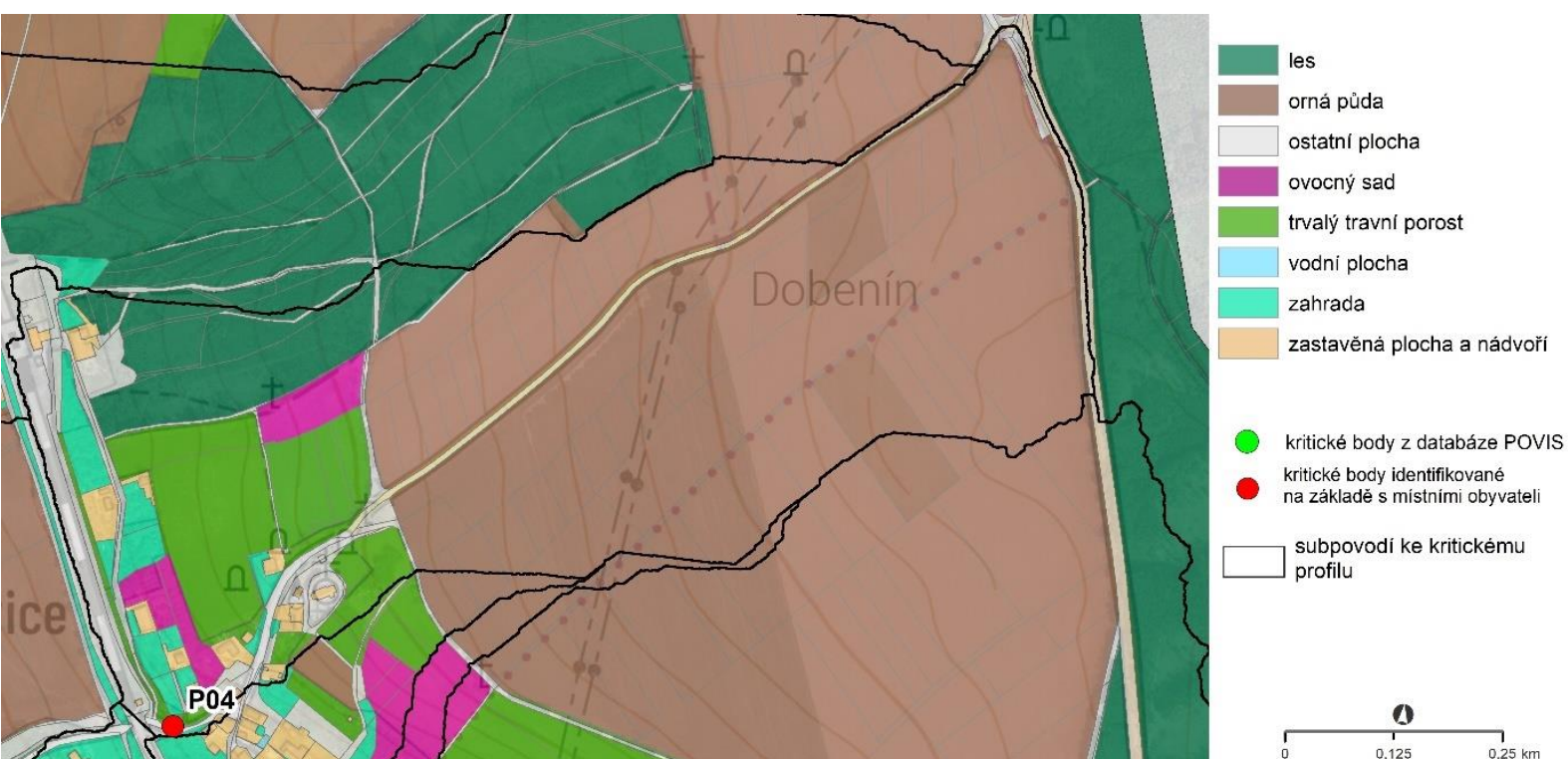
Tab. č. 3: Objem povrchového odtoku pro N-leté srážkové události

objem přímého odtoku N2	2485,7 m ³
objem přímého odtoku N5	8450,3 m ³
objem přímého odtoku N10	11337,3 m ³
objem přímého odtoku N50	25548,7 m ³
objem přímého odtoku N100	32103,5 m ³



1.2.4. Kritický profil P04

Kritický bod **P04** (50.3930500N, 16.1268111E; mapy.cz) se nachází na území místní části Václavice. V této lokalitě dochází k zrychlenému povrchovému odtoku vody, která přitéká z výše položených zemědělských ploch nacházející se nad kostelem sv. Václava. Ačkoli tyto zemědělské plochy nemají vysoké hodnoty sklonitosti, jejich nepřerušovaná délka může být příčinou vzniku erozního smyvu. Podél místní komunikace spojující Václavice a Staré Město nad Metují vede svodný příkop, který usměrňuje a odvádí povrchovou vodu ze zemědělských ploch do zastavěného území. Příkop a další opatření v části Václavice, jako jsou propustky, nejsou v této lokalitě dostatečně dimenzované. Tento problém představuje riziko pro přilehlé zemědělské, a především nově vybudované obytné oblasti nacházející se jižně od bodu P04, které by mohly být negativně ovlivněny nekontrolovaným odtokem vody a erozními procesy v této lokalitě.



Obr. č. 9: Vymezení kritického bodu P03 a jeho povodí

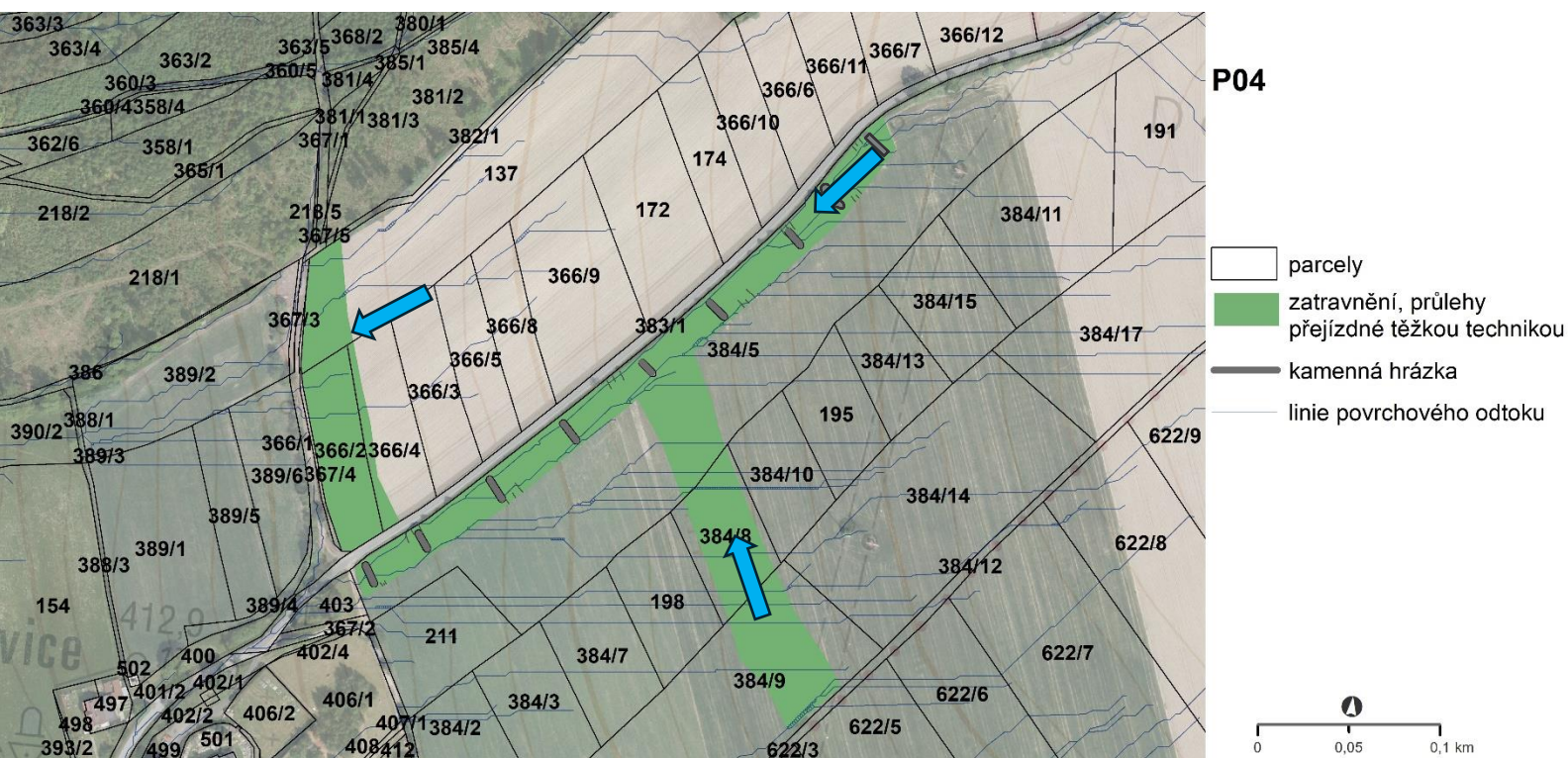
Na Obr. č. 10 jsou zobrazena opatření zaměřená na snížení povrchového odtoku prostřednictvím zatravnění orné půdy. Zatravněná plocha se nachází podél místní komunikace spojující Václavice a silnici č. 14, vedoucí do Starého Města nad Metují. Zatravněná plocha podél komunikace je navržena se sklonem směrem k centrální části, kde je vytvořeno odvodňovací koryto. Toto koryto efektivně odvádí povrchovou vodu do středu zatravněné plochy, čímž zajišťuje kontrolovaný odtok a zadržování vody v této oblasti. Zatravnění je navrhováno v šířce 20 metrů. V korytě uprostřed zatravněného pásu jsou umístěny hrázky z pohozy nebo lomového kamene, jejichž úkolem je zpomalit povrchový odtok, zadržet ho a podpořit vsakování vody přímo v místě hrázky. Hrázky jsou navrženy v souboru po 9 hrázkách, s prodlevami 35-40 metrů, s výškou 1 metr a šířkou cca 5 m. Tímto způsobem navržená opatření snižují riziko rychlého povrchového odtoku a erozních procesů, přičemž zvyšují infiltrační kapacitu půdního prostředí.



Zatavněný pás je dále doplněn svodným průlehem o šířce 40 m, který je přejezdny těžkou technikou a slouží ke sběru vody z povrchového odtoku, jenž vzniká uprostřed pole. Tento průleह pomáhá efektivně zachytit a odvést vodu k hrázkám, kde se může bezpečně vsakovat. Zatavněný pás o šířce 35 m je navržen i v severní části nad místní komunikací, v oblasti nad polní cestou. Tento pás je navržen tak, aby zadržel a umožnil vsakování povrchového odtoku z výše položeného zemědělského půdního bloku.

Tato opatření jsou klíčová pro zpomalení odtoku, snížení erozních účinků a zlepšení hospodaření s vodou v celé oblasti. Návrhy opatření zobrazené na obrázku se týkají následujících pozemků: 366/2, 367/3, 366/4, 366/5, 383/1, 384/8, 384/5, 384/9.

Hydrotechnické výpočty byly provedeny pomocí metody CN křivek, která slouží k odhadu povrchového odtoku na základě různých typů využití krajiny a hydrologických vlastností povodí. Výpočty zahrnovaly stanovení objemu povrchového odtoku jak pro stávající podmínky hospodaření, tak i pro podmínky po zavedení zemědělských protierozních opatření. Hodnoty byly počítány pro různé N-leté vody, konkrétně pro 2, 5, 10, 50 a 100leté vody, což odpovídá extrémním dešťovým událostem s různou pravděpodobností výskytu.



Obr. č. 10: Navrhovaná opatření v oblasti povodí ke kritickému bodu P04, modré šipky znázorňující směr odtoku

Tab. č. 4 srovnává objemy přímého odtoku a účinnost dvou typů protierozních opatření: zemědělských půdoochranných technologií a navrhovaných opatření, jako jsou hrázky a zatavnění. Pro menší srážky N2 a N5 jsou obě opatření velmi účinná. Zemědělské půdoochranné technologie dosahují vysoké účinnosti 99,23 % a 85,83 %, ale navrhovaná opatření mají dokonce stoprocentní účinnost, což znamená, že po jejich zavedení nedochází k žádnému odtoku.

U středních srážek, jako je N10, účinnost obou opatření klesá. Zemědělská opatření mají účinnost 79,62 %, zatímco navrhovaná opatření jsou účinnější, s hodnotou 87,76 %, přesto však



zůstává zůstatkový odtok 173,18 m³. Při větších srážkách, jako jsou N50 a N100, účinnost obou opatření dále klesá. Zemědělská opatření dosahují účinnosti 61,95 % pro N50 a 57,09 % pro N100. Navrhovaná opatření mají v těchto případech nižší účinnost, konkrétně 31,05 % pro N50 a 22,55 % pro N100. To znamená, že navrhovaná opatření, jako jsou hrázky a zatravnění, nejsou schopna zadržet veškerý odtok při extrémních srážkách, což je pochopitelné vzhledem k omezené kapacitě těchto opatření.

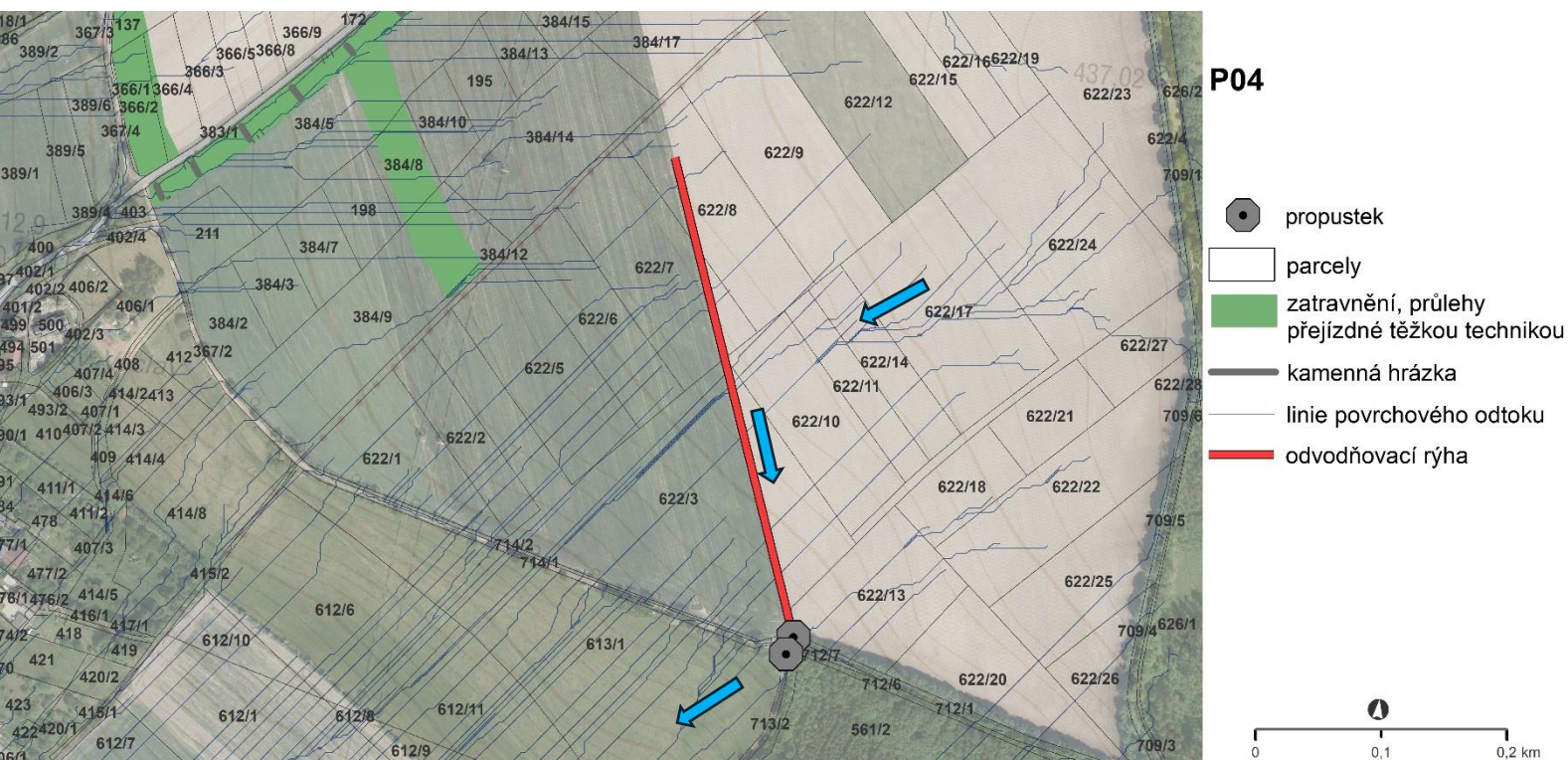
Kombinace obou opatření by byla vhodným řešením, protože každé opatření funguje nejlépe za různých podmínek. Zemědělské půdoochranné technologie poskytují dobrou ochranu při nižších a středních srážkách, zatímco hrázky a zatravnění mohou výrazně snížit odtok i při větších srážkách, zejména když jsou správně navrženy a umístěny. Kombinace těchto dvou typů opatření by tedy zajistila maximální účinnost ochrany proti erozi a zadržování odtoku ve všech typech srážkových událostí.

Tab. č. 4: Objem přímého odtoku pro oblast povodí P01 za stávajících podmínek a po zavedení zemědělských protierozních osevních postupů a po zavedení návrhů opatření (zatravnění, změna druhu pozemku), vyhodnocení účinnosti obou protierozních postupů

objem přímého odtoku:	objem odtoku při stávajícím způsobu hospodaření (m3)	objem odtoku po zavedení zemědělských půdoochranných technologií (m3)	účinnost zemědělských protierozních postupů (%)	objem odtoku po zavedení navrhovaných opatření (m3)	účinnost navrhovaných opatření (%)
N2	21,7	0,0	99.23	0,0	100,0
N5	836,3	431,8	85.83	0,0	100,0
N10	1414,7	851,6	79.62	173,2	87,8
N50	4984,6	3761,5	61.95	3436,8	31,1
N100	6875,1	5391,6	57.09	5324,9	22,6

V oblasti má klíčovou funkci stávající rýha (Obr. č. 11), která rozděluje severní a jižní část půdního bloku v povodí a funguje jako svodný příkop. Rýha účinně zachytává povrchovou vodu z výše položené zemědělské plochy a zabraňuje jejímu dalšímu stékání po svahu. Voda je tak odváděna z orné půdy a následně směřována na zatravněné plochy na pozemcích níže, kde se může přirozeně zasakovat, čímž se eliminuje další odtok z povodí. Zachování této rýhy či její úpravy na svodný příkop je doporučeno i v případě změn ve způsobu využívání půdy nebo zemědělských postupů, protože hraje důležitou roli při řízení odtoku vody a zlepšuje hydrologickou stabilitu oblasti. Pro zajištění účinného odvádění povrchové vody a sedimentů smytých ze zemědělských ploch pod cyklostezkou je na konci rýhy u cyklostezky navrženo zavedení propustků pod cyklostezkou o průměru přibližně DN 200–250. Tyto propustky umožní bezpečný průchod vody pod cyklostezkou, čímž se zabrání jejímu zanášení a následnému poškození.



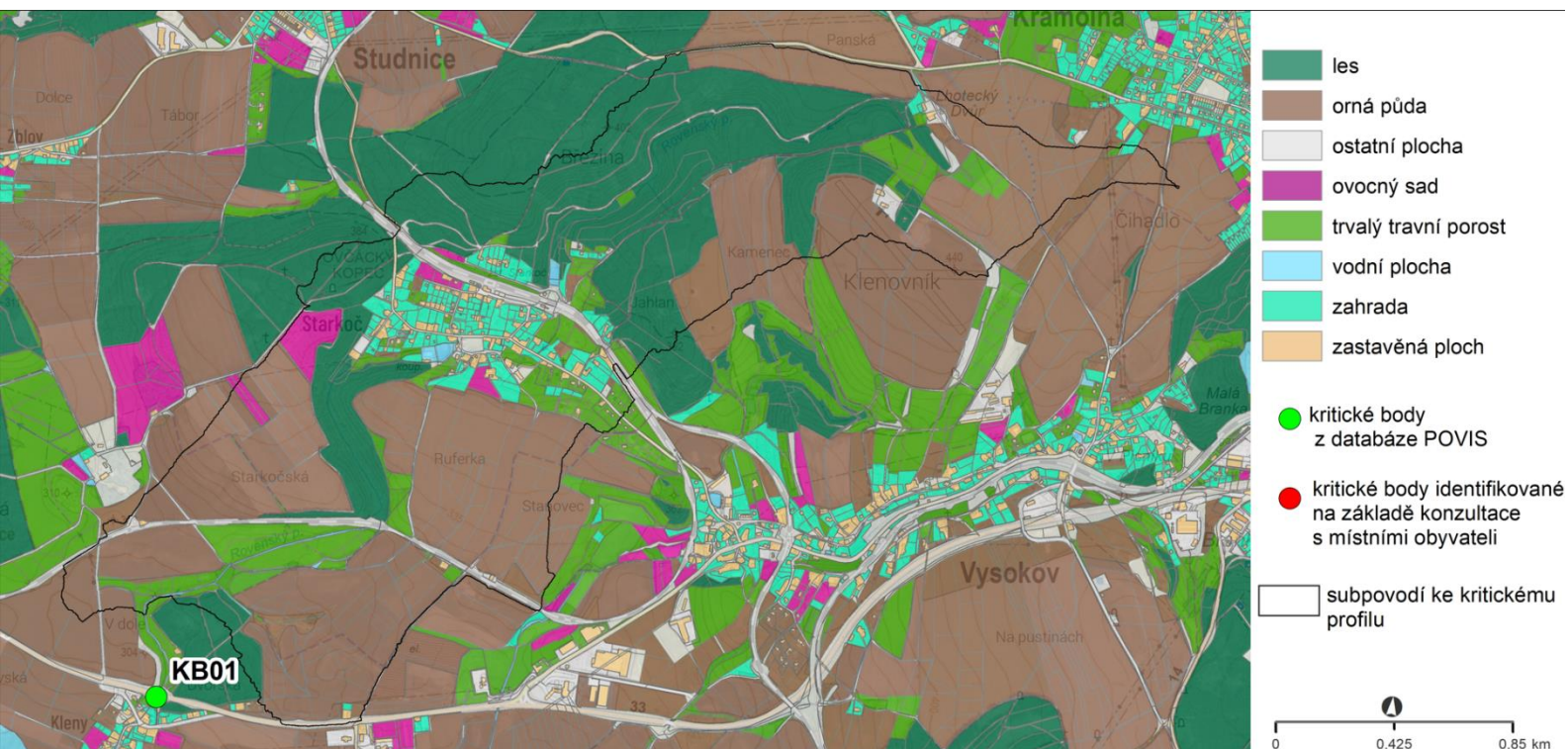


Obr. č. 11: Navrhovaná opatření v oblasti povodí ke kritickému bodu P04, znázornění rýhy na hranici dvou zemědělských půdních bloků, modré šipky značí směr odtoku

1.2.5. Kritický profil KB01

Kritický bod KB01 (50.3958944 N, 16.0856881 E; mapy.cz) se nachází při vtoku Rovenského potoka do intravilánu obce Kleny. Problematická území se nacházejí níže po vodním toku v intravilánu obce Kleny, kde se vyskytují nekapacitní propustky a částečné zatrubnění potoka uvnitř obce. Propustky jsou nedostatečně dimenzované pro větší průtoky, což zvyšuje riziko záplav a škod na přilehlých domech a silniční infrastruktuře. Zvýšené průtoky mohou způsobit zaplavení intravilánu obce, což představuje významné riziko pro bezpečnost obyvatel a majetek. Z tohoto důvodu vzniká potřeba problematiku řešit na vodním toce ještě nad vtokem do zastavěné oblasti.





Obr. č. 12: Vymezení kritického bodu KB01 a jeho povodí

Podle údajů ČHMÚ, byly pro Rovenský potok zaznamenány následující N-leté průtoky:

Tab. č. 5: Průtoky na Rovenském potoce, data od ČHMÚ

Vodní tok	Rovenský potok	
Číslo hydrologického pořadí	1-01-03-0551-0-00	
Profil	Provodov - Šonov, most ev.č. 33-020	
Souřadnice v S JTSK	x = -620655 m	y = -1023771 m
Plocha povodí A^3	3,58 km ²	

N-leté průtoky Q_N	$m^3 \cdot s^{-1}$					Třída IV	
	1	2	5	10	20	50	100
Q	1,10	1,87	3,08	4,62	6,27	8,80	11,0



Tab. č. 6: Objem přímého odtoku pro oblast povodí KB01, data od ČHMÚ

N-leté období	Průtok (m ³ /s)	objem přímého odtoku (m ³ /s)
1	1,1	3 938
2	1,9	6 694,60
5	3,1	11 026,40
10	4,6	16 539,60
20	6,3	22 446,60
50	8,8	31 504
100	11,0	39 380

Tyto hodnoty poskytly základ pro navržení retenčních opatření, která by měla zadržet průtoky při povodních a zmírnit riziko záplav. Bylo navrženo několik variant možného uložení hrází suchých nádrží:

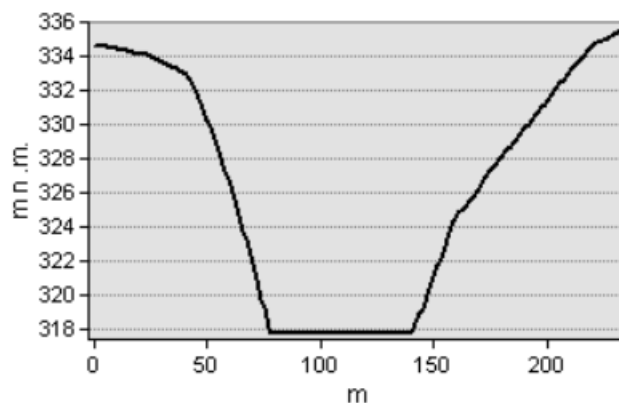
- **Varianta A:** Hráz o výšce 2 m, šířce 30 m a délce zátopy 100 m, s retenčním objemem 6 000 m³.
- **Varianta B:** Hráz o výšce 2 m, šířce 47 m a délce zátopy 250 m, s retenčním objemem 23 500 m³.
- **Varianta C:** Hráz o výšce 1,5 m, šířce 120 m a délce zátopy 120 m, s retenčním objemem 21 600 m³.
- **Varianta D:** Hráz o výšce 1,5 m, šířce 70 m a délce zátopy 100 m, s retenčním objemem 10 500 m³.
- **Varianta E:** Hráz o výšce 1,5 m, šířce 64 m a délce zátopy 110 m, s retenčním objemem 10 500 m³.

Varianta B se jeví jako nejvhodnější řešení díky umístění v lesní rokli s příznivou morfologií terénu a dostatečnou retenční kapacitou 23 500 m³. Tento objem je dostatečný k zadržení velkých průtoků až do hodnoty Q₂₀ (6,27 m³/s) během povodní. Hráz suché nádrže bude navržena s několika vícekapacitními propustky, které budou mít za cíl umožnit stálý průtok vody v korytě vodního toku a bezpečný odtok vody při vyšších průtocích. Propustky budou navrženy tak, aby zajišťovaly kontrolovaný průtok vody při běžných a zvýšených stavech vod, přičemž budou chránit obyvatele a infrastrukturu před náhlým a nekontrolovaným odtokem při povodňových stavech. Tyto vícekapacitní propustky budou zahrnovat různé stupně otevření, aby při menších průtocích došlo k jejich regulovanému odtoku, zatímco při extrémních povodňových stavech propustky umožní bezpečný průtok bez ohrožení stability hráze.

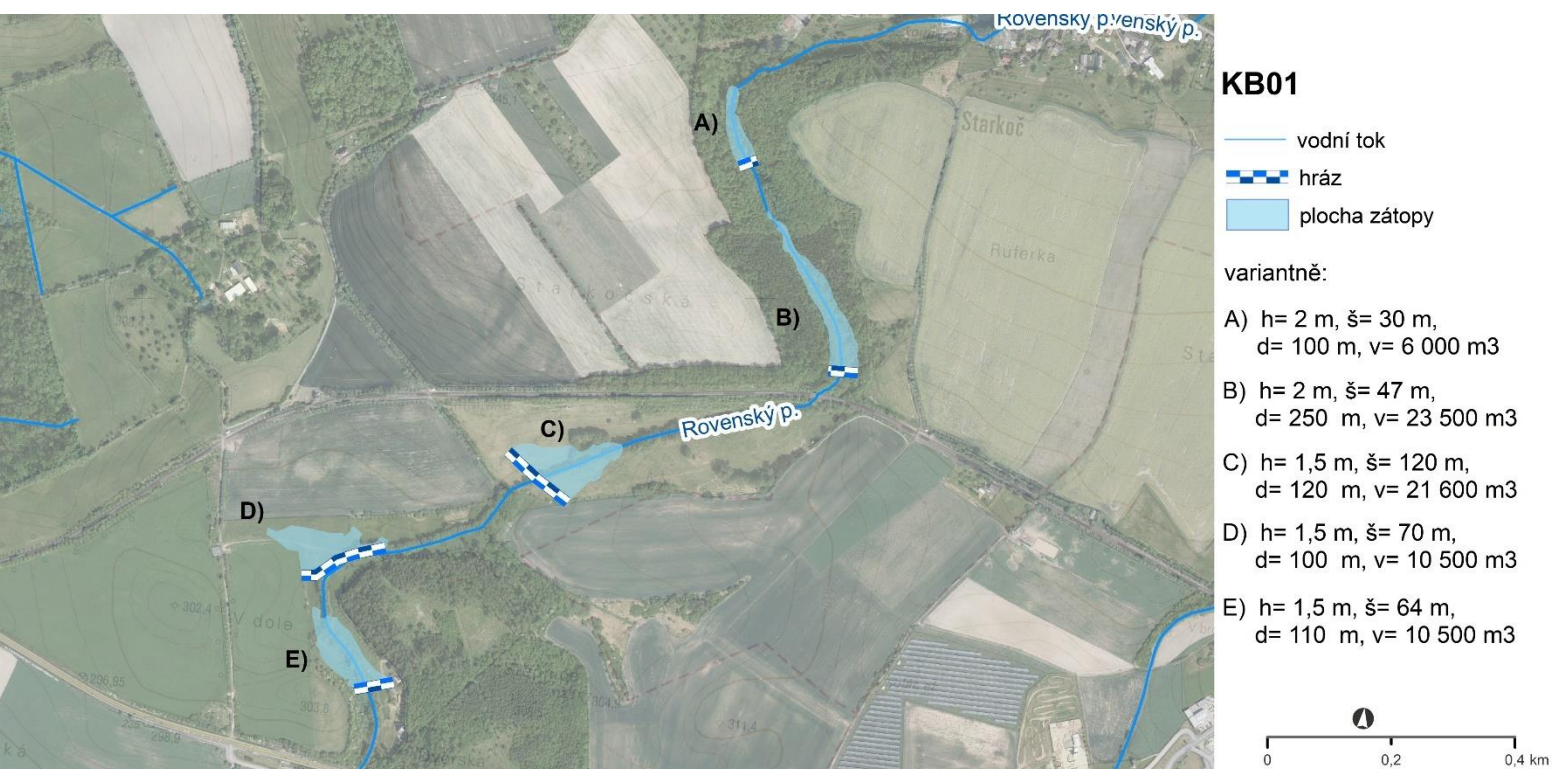
Díky těmto technickým prvkům zajistí varianta B nejen zadržení významného objemu vody během povodní, ale také její řízený odtok v případě extrémních srážkových událostí. Tímto způsobem přispěje k minimalizaci rizika zaplavení intravilánu obce Kleny a ke zvýšení celkové bezpečnosti obyvatel a jejich majetku.



Varianta B je sice považována za nejvhodnější řešení díky příznivé morfologii terénu a dostatečné retenční kapacitě, ale je nutné zdůraznit, že se jedná pouze o jedno z možných řešení. Údolí v této konkrétní lokalitě nabízí řadu dalších možností pro dimenzování návrhu hráze a jejího umístění. Je proto vhodné uvažovat i o dalších variantách, které mohou lépe odpovídat specifickým požadavkům na ochranu před povodněmi a zadržení vody v daném povodí.



Obr. č. 13: Profil údolí v navrhované lokalitě hráze



Obr. č. 14: Navrhovaná opatření v oblasti povodí ke kritickému bodu KB01, hodnoty pro maximální plochy zátopy

Díky navrženým opatřením v povodí, která se zaměřují na zadržování vyšších průtoků vody, dojde ke snížení rizika povodňového ohrožení i v lokalitě P03, která se nachází níže po vodním toku. Tato opatření přispějí k regulaci a zpomalení odtoku vody při extrémních srážkových událostech, čímž se výrazně sníží zatížení dolní části povodí. Výsledkem bude zvýšená ochrana jak obytné, tak infrastrukturní části území Kleny i oblasti povodí P03 před potenciálním zaplavením a erozními procesy.



Bylo by vhodné zvážit různé dimenzování či kombinaci několika hrází v rámci navrhovaného systému. Tento přístup by vedl k navýšení celkové retenční kapacity a umožnil by tak rovnoměrnější distribuci zadržované vody v povodí, čímž by se výrazně zlepšila ochrana proti povodňovým událostem. Integrace více hrází se suchými nádržemi by tak efektivněji přispěla ke snížení kulminačních průtoků během extrémních srážek a zároveň zajistila vyšší úroveň bezpečnosti pro dotčené území.

1.2.6. Kritický profil KB04

Kritický bod KB04 (50.3840267 N, 16.1137761 E) se nachází v místě, kde dochází k vtoku povrchového odtoku a unášeného sedimentu z výše položených zemědělských ploch do obce. Tato oblast je charakterizována svahem o délce přibližně 900 metrů, který je převážně pokryt ornou půdou. Při intenzivních srážkách dochází k erozi a splavování sedimentů směrem do obce. Částečně je tento problém zmírněn sedimentační zatravněnou údolnicí pod místní komunikací, nicméně pro účinné řešení problému je třeba realizovat další opatření přímo na výše položených polích.



Obr. č. 15: Vymezení kritického bodu KB04 a jeho povodí

V oblasti byla podle dat vrstvy ZVHS identifikována drenážní stavba, která může významně ovlivňovat hydrologické poměry v povodí. Tato zařízení urychlují odvod srážkové vody z pozemků během intenzivních srážek, což může vést k vyššímu odtoku vody směrem do intravilánu obce, a tím zvyšovat riziko povodní i erozních procesů.

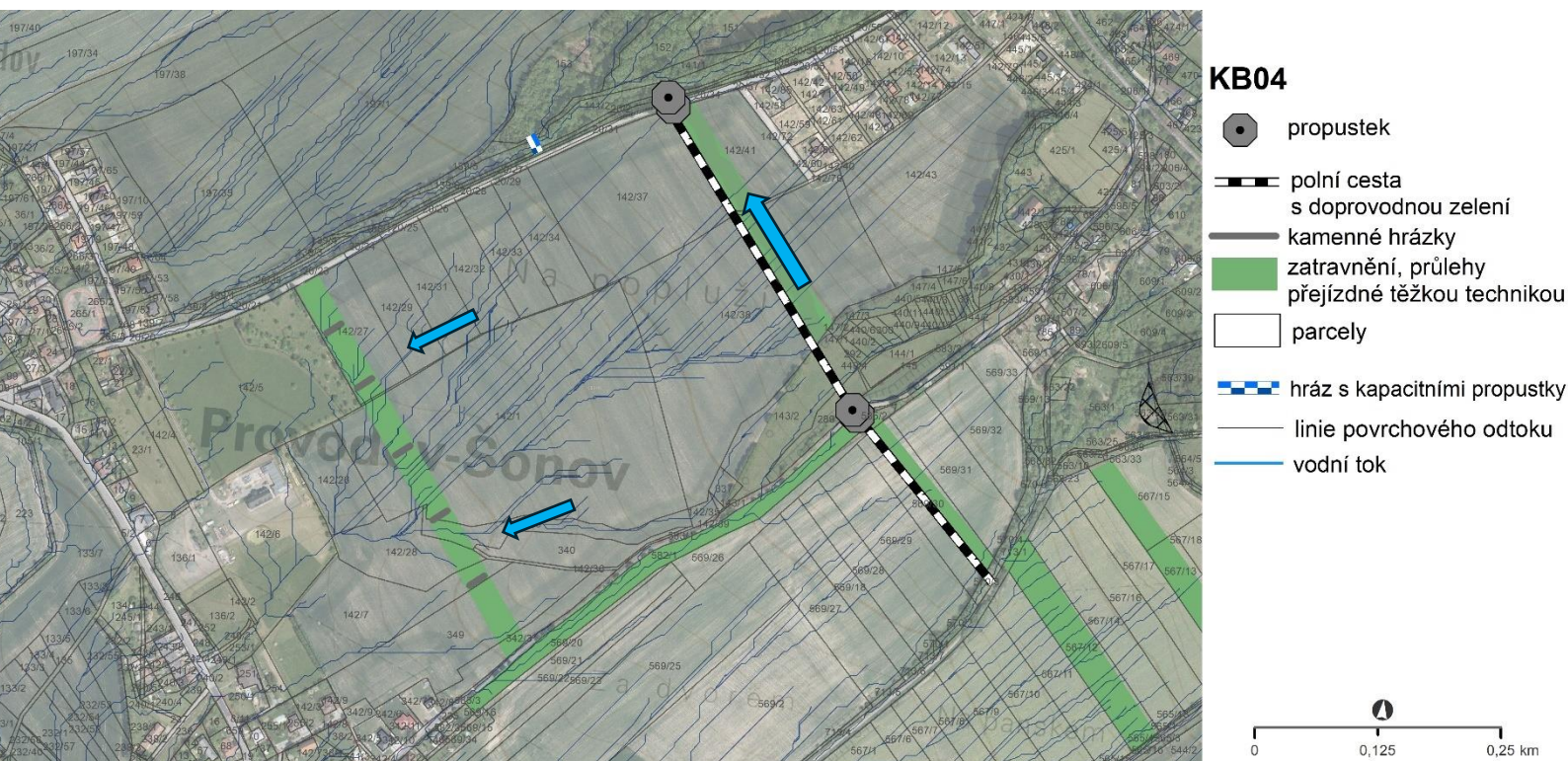
Další kritickou oblastí je plánovaná nová výstavba na zemědělské půdě v severovýchodní části povodí, která bude zahrnovat rozšíření o nové obytné domy. Tato oblast se nachází na strmém svahu, kde se přirozeně vytváří povrchový odtok vody během srážkových událostí. Svahovitý terén zvyšuje riziko vzniku rychlého odtoku vody směrem k obci, čímž se riziko povodní



a vodní eroze v této lokalitě ještě více umocňuje. Vzhledem k těmto podmínkám bude nezbytné věnovat pozornost efektivnímu řešení hospodaření s vodou a zavedení opatření, která by omezila jak povodňové škody, tak erozi půdy v oblasti nových staveb.

Ve vyšších částech povodí je navržena nová polní cesta, která bude spojoval dvě místní komunikace. Tato cesta bude doplněna systémem zatravněných pásů, doprovodné zeleně a sběrného příkopu, který zajistí odvod povrchové vody směrem na sever, kde se bude stékat ke stávající cyklostezce. Pod cyklostezkou je plánován propustek, jenž umožní bezpečné odvedení vody do místního úvozu. V tomto úvozu bude navíc umístěna hráz, která vytvoří suchou retenční nádrž. Tato nádrž bude schopna dočasně zadržet vodu, která bude následně přirozeně zasakovat přímo v tělese nádrže. Aby byla hráz chráněna při vyšších průtocích, bude vybavena vícekapacitními propustky, které zajistí řízený průtok vody a tím ochrání strukturu hráze před případným poškozením. Díky tomuto opatření dojde k přerušení dlouhého zemědělského svahu a výraznému snížení odtoku vody, který se vytváří ve vyšších částech povodí.

V nižších částech povodí je navržen travnatý pás o šířce 25 metrů, jehož hlavním cílem je přerušení dlouhého svahu a zvýšení zasakovací kapacity pro odtokovou vodu. Tento travnatý průleh bude doplněn o malé hrázky, které v zatravněném pásu vytvoří tůňky schopné akumulovat vodu. Tůňky budou zadržovat přebytečnou vodu, která se během intenzivních srážkových událostí nestihne okamžitě vsáknout do půdy. Tímto způsobem se nejen zpomalí odtok vody, ale zároveň dojde k posílení retenční schopnosti celého území, což přispěje ke snížení rizika eroze a povodňových škod v oblasti.



Obr. č. 16: Navrhovaná opatření v oblasti povodí ke kritickému bodu KB04, modré šipky znázorňující směr odtoku

Hydrotechnické výpočty byly provedeny pomocí metody CN křivek, která slouží k odhadu povrchového odtoku na základě různých typů využití krajiny a hydrologických vlastností povodí. Výpočty zahrnovaly stanovení objemu povrchového odtoku jak pro stávající podmínky hospodaření, tak i pro podmínky po zavedení zemědělských protierozních opatření. Hodnoty byly



počítány pro různé N-leté vody, konkrétně pro 2, 5, 10, 50 a 100leté vody, což odpovídá extrémním dešťovým událostem s různou pravděpodobností výskytu.

Tím, že dojde k přerušení svahu ve vrchních částech povodí prostřednictvím nově navržené polní cesty doplněné o zatravněný pás a svodný příkop, bude zajištěno efektivní zachycení a odvádění srážkové vody. Svodný příkop povede vodu do úvozu, kde bude následně docházet k jejímu zasakování přímo do půdního prostředí. Tento komplexní systém opatření by měl vést k úplné eliminaci povrchového odtoku z této vrchní části svahu, neboť voda bude efektivně řízena a distribuována do místa, kde se přirozeně vsákne. Výsledkem bude výrazné zkrácení délky odtokových linií v rámci svahu, což přispěje k minimalizaci rychlého povrchového odtoku a tím i ke snížení erozních procesů a rizika povodňových škod v nižších částech povodí. Tento přístup nejen zlepší hydrologické poměry, ale také zvýší retenční kapacitu území, což je klíčové pro dlouhodobou udržitelnost krajiny.

Tab. č. 7: Objem přímého odtoku pro oblast povodí KB04 za stávajících podmínek a po zavedení zemědělských protierozních osevních postupů a po zavedení návrhů opatření (zatravnění, změna druhu pozemku), vyhodnocení účinnosti obou protierozních postupů

objem přímého odtoku:	objem odtoku při stávajícím způsobu hospodaření (m3)	objem odtoku po zavedení zemědělských půdoochranných technologií (m3)	účinnost zemědělských protierozních postupů (%)	objem odtoku po zavedení navrhovaných opatření (m3)	účinnost navrhovaných opatření (%)
N2	39,0	0,0	100,0	4,6	88,2
N5	663,9	291,4	56,1	309,2	53,4
N10	1071,8	563,5	47,4	534,8	50,1
N50	3491,6	2423,0	30,6	1952,5	44,1
N100	4745,9	3458,1	27,1	2710,3	42,9

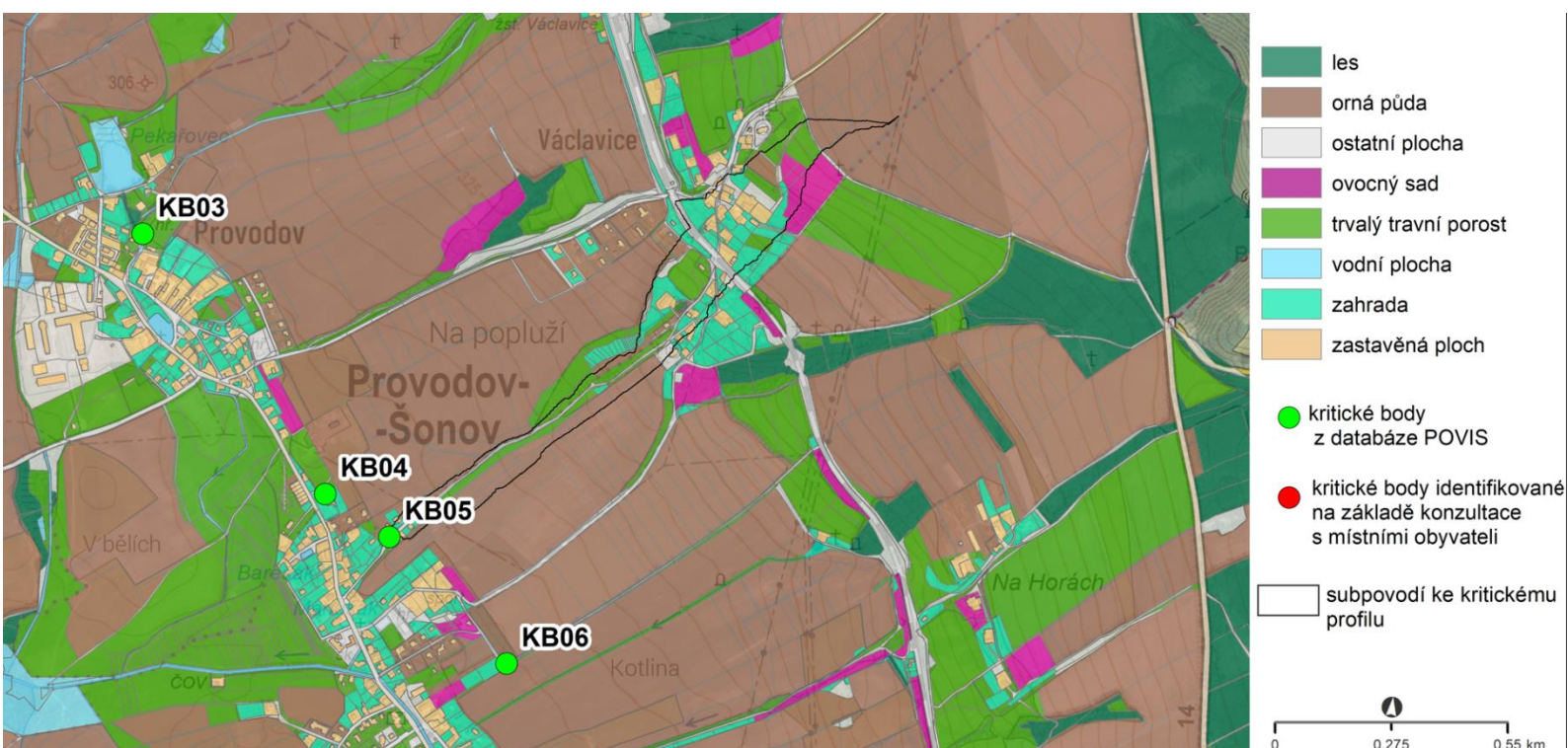
Tabulka č. 7 ukazuje rozdíly v objemu odtoku při různých scénářích a hodnotí účinnost zavedených opatření. Objem odtoku při stávajícím způsobu hospodaření, bez jakýchkoliv opatření, postupně roste s intenzitou srážek od N2 až po N100. Při zavedení zemědělských půdoochranných technologií dochází k výraznému snížení objemu odtoku, zejména pro menší srážkové události. Například pro N2 dojde k úplné eliminaci odtoku, což znamená 100% účinnost těchto technologií. Pro vyšší srážkové události, jako je N100, je účinnost nižší a dosahuje přibližně 27 %.

Objem odtoku po zavedení navrhovaných opatření, která zahrnují kombinaci více přístupů, se dále snižuje. Pro N2 se objem odtoku sníží na 4,6 m³, což znamená účinnost 88,17 %. Pro vyšší srážky, jako je N100, účinnost dosahuje přibližně 42,9 %, což ukazuje, že navrhovaná opatření jsou stále účinná i při intenzivnějších srážkách, i když jejich účinnost klesá s rostoucí intenzitou dešťů. Ideální by byla kombinace navrhovaných opatření a protierozních zemědělských postupů, která by mohla maximalizovat účinnost a zajistit snížení odtoku i při vyšších srážkách.



1.2.7. Kritický profil KB05

Kritický bod KB05 (50.3841875 N, 16.1174186 E; mapy.cz) se nachází v lokalitě, kde dochází k vtoku povrchového odtoku z výše situovaných polí do obce. Toto povodí o rozloze 0,15 km² je ovlivněno nepřerušným svahem o délce přibližně 900 metrů, pokrytým převážně ornou půdou, což způsobuje výrazné erozní procesy během intenzivních srážek. Při těchto událostech dochází k významnému splavování sedimentů do intravilánu obce, což představuje riziko pro místní infrastrukturu a obydlí. Na části zemědělské půdy je evidováno odvodnění (dle dat ZVHS), které může ovlivňovat hydrologické podmínky v oblasti a přispívat k problému povrchového odtoku. Další významný povrchový odtok je soustředěn v severní části pole, kde dochází k akumulaci vody podél nově vybudované cyklostezky. V tomto místě dochází ke zrychlení proudění vody vlivem morfologických podmínek, což zvyšuje spád a intenzitu odtoku, čímž dochází k prohloubení erozních procesů v dotčené oblasti.

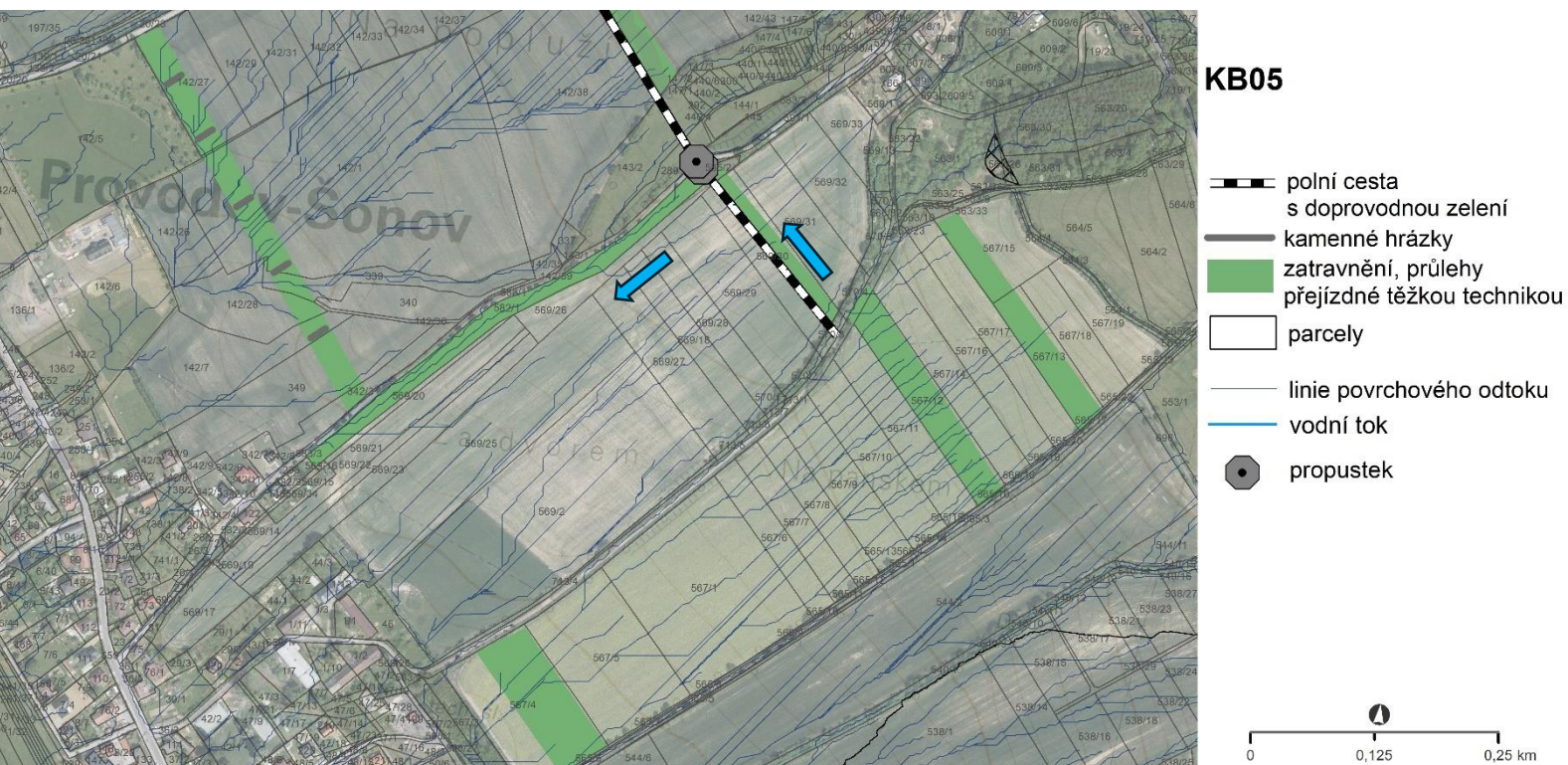


Obr. č. 17: Vymezení kritického bodu KB04 a jeho povodí

Navrhovaná opatření v povodí kritického profilu KB05 zahrnují komplexní systém protierozních a vodohospodářských zásahů. Nově vybudovaná cesta, která navazuje už z povodí KB04, je opatřena všemi přídatnými opatřeními pro zadržení a zpomalení povrchového odtoku. Podél nové cesty je vysazena doprovodná zeleň, která dále přispívá k zadržování vody a stabilizaci půdy v okolí cesty. Zeleň zároveň zvyšuje biologickou rozmanitost a zlepšuje celkovou hydrologickou bilanci oblasti. Ve svahu nad navrhovanou cestou je umístěn zatravněný pás o šířce 16 metrů, který tvoří ochrannou bariéru proti přívalovým srážkám a výrazně zpomaluje povrchový odtok směřující k cestě, čímž je zkrácena délka zbylého svahu. Tento soubor opatření pomáhá chránit nejen infrastrukturu, ale i přilehlé obytné oblasti, čímž snižuje riziko povodní a erozních škod během intenzivních dešťových událostí.



Dalším navrhovaným opatřením je zavedení zatravněného pásu o šířce 20 metrů podél stávající nové cyklostezky. Tento pás má zásadní vliv na zpomalení povrchové vody, která se soustřeďuje v odtokové linii vedoucí podél cyklostezky. Zatravněný pás zlepšuje infiltraci vody do půdy, čímž dochází k výraznému snížení rychlosti povrchového odtoku a tím i k omezení erozních procesů v oblasti.



Obr. č. 18: opatření v oblasti povodí ke kritickému bodu KB05, modré šipky znázorňující nový směr odtoku

Hydrotechnické výpočty byly provedeny pomocí metody CN křivek, která slouží k odhadu povrchového odtoku na základě různých typů využití krajiny a hydrologických vlastností povodí. Výpočty zahrnovaly stanovení objemu povrchového odtoku jak pro stávající podmínky hospodaření, tak i pro podmínky po zavedení zemědělských protierozních opatření. Hodnoty byly počítány pro různé N-leté vody, konkrétně pro 2, 5, 10, 50 a 100leté vody, což odpovídá extrémním dešťovým událostem s různou pravděpodobností výskytu.

Tab. č. 8: Objem přímého odtoku pro oblast povodí KB05 za stávajících podmínek a po zavedení zemědělských protierozních oševních postupů a po zavedení návrhů opatření (zatravnění, změna druhu pozemku), vyhodnocení účinnosti obou protierozních postupů

objem přímého odtoku:	objem odtoku při stávajícím způsobu hospodaření (m3)	objem odtoku po zavedení zemědělských půdoochranných technologií (m3)	účinnost zemědělských protierozních postupů (%)	objem odtoku po zavedení navrhovaných opatření (m3)	účinnost navrhovaných opatření (%)
N2	20,5	11,5	43,9	0,0	100,0
N5	336,8	291,1	13,6	18,3	94,6
N10	542,3	481,9	11,1	44,3	91,8
N50	1758,3	1638,7	6,8	250,1	85,8
N100	2387,7	2245,3	6,0	371,7	84,4



Tabulka č. 8 ilustruje srovnání účinnosti jednotlivých opatření v povodí ke kritickému bodu KB05. Je patrné, že plocha tohoto povodí nezasahuje v takové míře do zemědělsky obdělávaných ploch, což vysvětluje nižší účinnost zemědělských půdoochranných technologií. Například od srážkové události N5 až N100 je účinnost zemědělských technologií výrazně nižší, pohybuje se mezi 5,96 % až 13,56 %.

Na druhé straně navržený zatravněný pás pokrývá významnou část povodí a jeho vliv je tudíž mnohem výraznější. Zatravnění podél kritického bodu poskytuje vyšší míru ochrany před povrchovým odtokem, což potvrzuje vysoká účinnost dosahující 100 % u N2 a stále vysokých 84,43 % u N100. Tento výrazný pokles povrchového odtoku ukazuje, že navrhované zatravněné pásy hrají klíčovou roli při snižování odtoku i eroze.

Ačkoli účinnost zemědělských technologií v této oblasti není vysoká, jejich zavedení zůstává nezbytné. V kombinaci s navrhovanými opatřeními, jako jsou zatravněné pásy, by tato opatření vytvořila komplexní systém ochrany, který by nejen zpomaloval odtok, ale také účinně zabraňoval erozi. Návrh cesty a zatravnění nad ní přispívá ke zkrácení délky svahu, čímž se přerušuje povrchový odtok a stabilizuje erozní proces.

Tabulka č. 8 ukazuje, že objem přímého odtoku bez jakýchkoli opatření, například u události N5, činí 336,81 m³. Po zavedení zemědělských půdoochranných technologií se tento objem snižuje na 291,12 m³, což odpovídá účinnosti 13,56 %. Navržená opatření, jako je zavedení zatravněného pásu, mají výrazně vyšší účinnost, kdy se objem odtoku snižuje na pouhých 18,32 m³, což představuje účinnost 94,56 %. Tento trend je vidět i u dalších srážkových událostí, kde navrhovaná opatření výrazně redukuje objem odtoku, a to i při větších srážkách.

Je zřejmé, že navrhovaná opatření jsou velmi účinná, avšak kombinace půdoochranných technologií a těchto opatření by byla ideálním řešením. Zemědělské půdoochranné technologie mohou zpomalit erozi a zlepšit zadržování vody, zatímco navržené opatření, jako je zatravněný pás, poskytují další vrstvu ochrany tím, že přerušují povrchový odtok a umožní lepší vsakování vody. Kombinace těchto dvou přístupů by zajistila optimální ochranu před povrchovým odtokem a erozí.

1.2.8. Kritický profil KB06

Kritický bod KB06 (50.3813344 N, 16.1210608 E; mapy.cz) se nachází v lokalitě, kde dochází k vtoku povrchového odtoku a sedimentů z výše položených polí. Tato lokalita je silně náchylná k erozním procesům, které vznikají vlivem povrchového odtoku z polí situovaných v horních partiích povodí o celkové rozloze 0,88 km². Intenzivní srážky způsobují transport velkého množství vody a sedimentů, které jsou unášeny z polí a následně směřují do obce. Kritickým faktorem je místní polní cesta, která v této lokalitě funguje jako přirozená odtoková linie. Povrchová voda je zde koncentrována a kvůli charakteru polní cesty je její odtok zrychlen, což vede k výraznému splavování bahna a sedimentů směrem k intravilánu.





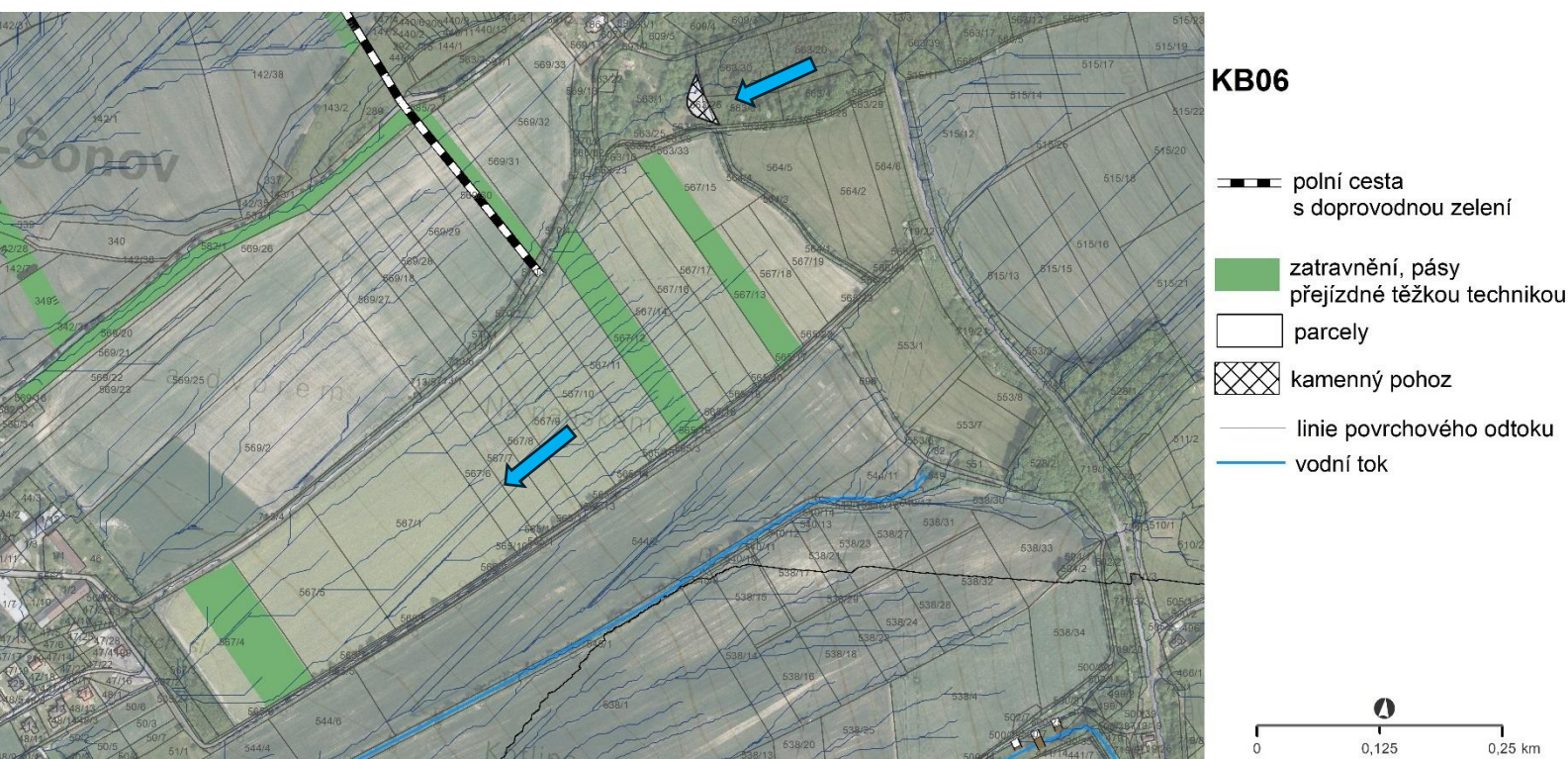
Obr. č. 19: Vymezení kritického bodu KB06 a jeho povodí

Navržená opatření v oblasti kritického bodu KB06 zahrnují zásahy, které mají za cíl zmírnit povrchový odtok, zlepšit infiltraci vody do půdy a snížit erozi. Jedním z hlavních opatření jsou zatravněné pásy o šířkách 25 (horní), 35 (prostřední) a 55 metrů (spodní pás), které jsou rozmístěny na níže položené zemědělské půdě. Tyto pásy mají zásadní roli při zkracování svahu, což výrazně přerušuje dráhu povrchového odtoku. Tím se snižuje rychlost odtékající vody, čímž dochází k omezení erozních procesů, a současně se zvyšuje zasakování vody do půdního prostředí. Zatravněné pásy tedy nejen zadržují vodu, ale také podporují obnovu půdní vlhkosti, což má dlouhodobě pozitivní vliv na půdní strukturu a stabilitu svahu.

Dalším důležitým opatřením je navržená hráz v lesní rokli. Tato hráz má zásadní funkci při zadržování povrchového odtoku přicházejícího z horní části povodí. Povrchová voda, jejíž odtok je z vyšších částí povodí soustřeďován v rokli, je díky této hrázi zpomalena a dochází k jejímu zadržení. To umožňuje nejen zpomalení toku, ale také zvýšení možnosti infiltrace vody do půdy, což snižuje riziko vzniku erozních rýh a splavování sedimentů do nižších částí povodí. Hráz tedy funguje jako klíčový prvek, který reguluje množství vody proudící na zemědělský půdní blok níže v povodí, a napomáhá stabilizovat hydrologický režim v oblasti.

Důležitost těchto opatření spočívá v jejich synergii. Zatravněné pásy přerušují dlouhé svahy a zadržují část povrchové vody, zatímco hráz v rokli funguje jako ochranná bariéra, která reguluje tok vody z horních partií povodí. Kombinace těchto opatření pomáhá nejen chránit zemědělskou půdu před erozí, ale také zajišťuje lepší vsakování vody, což má zásadní význam pro udržitelnost půdního prostředí a ochranu proti povodňovým situacím.





Obr. č. 20: Navrhovaná opatření v oblasti povodí ke kritickému bodu KB06, modrá šipka znázorňující směr odtoku

Hydrotechnické výpočty byly provedeny pomocí metody CN křivek, která slouží k odhadu povrchového odtoku na základě různých typů využití krajiny a hydrologických vlastností povodí. Výpočty zahrnovaly stanovení objemu povrchového odtoku jak pro stávající podmínky hospodaření, tak i pro podmínky po zavedení zemědělských protierozních opatření. Hodnoty byly počítány pro různé N-leté vody, konkrétně pro 2, 5, 10, 50 a 100leté vody, což odpovídá extrémním dešťovým událostem s různou pravděpodobností výskytu.

Tab. č. 9: Objem přímého odtoku pro oblast povodí KB06 za stávajících podmínek a po zavedení zemědělských protierozních osevnických postupů a po zavedení návrhů opatření (zatravnění, změna druhu pozemku), vyhodnocení účinnosti obou protierozních postupů

objem přímého odtoku:	objem odtoku při stávajícím způsobu hospodaření (m3)	objem odtoku po zavedení zemědělských půdoochranných technologií (m3)	účinnost zemědělských protierozních postupů (%)	objem odtoku po zavedení navrhovaných opatření (m3)	účinnost navrhovaných opatření (%)
N2	13,4	0,0	100,0	0,0	100,0
N5	1305,5	622,7	52,3	952,8	27,0
N10	2284,6	1311,1	42,6	1793,0	21,5
N50	8495,1	6302,2	25,8	7425,2	12,6
N100	11830,4	9152,3	22,6	10532,2	10,9

Tabulka č. 9 ukazuje, že kombinace zemědělských půdoochranných technologií a navrhovaných opatření je velmi účinná, zejména u menších srážkových událostí, kde dosahuje 100% účinnosti při srážkách typu N2. U středně velkých srážkových událostí, jako je N5, poskytují obě opatření stabilní ochranu, kdy zemědělské technologie dosahují 52,3% účinnosti a navrhovaná opatření 27,02 %. Tento výsledek jasně ukazuje, že opatření významně přispívají ke snížení odtoku a regulaci vody.

I při větších srážkách, jako jsou N10, N50 a N100, obě opatření zajišťují stabilní účinnost. Například u N50 zůstává účinnost zemědělských technologií na 25,81 %, zatímco navrhovaná



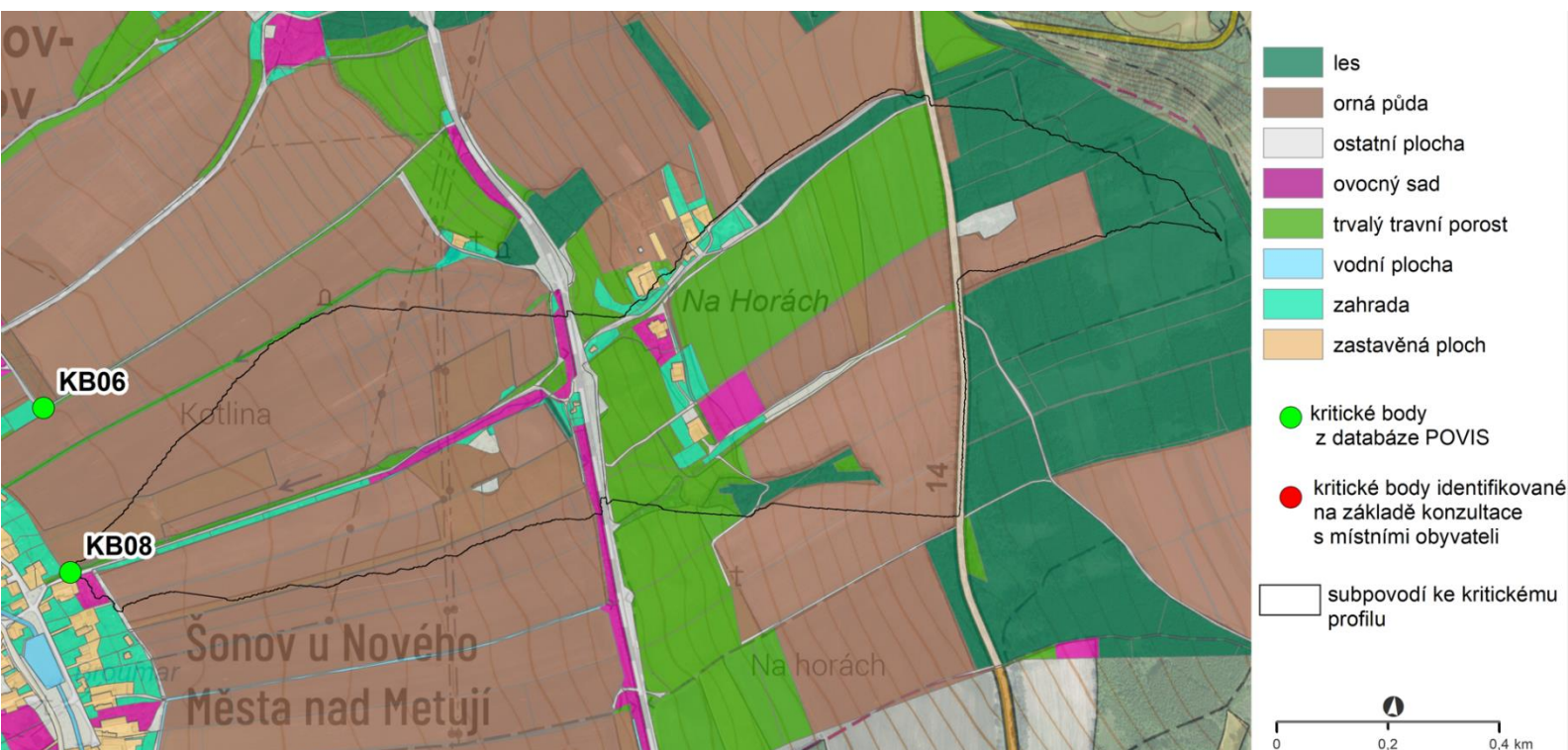
opatření stále dosahují 12,59 %. Tato opatření fungují dobře i při intenzivnějších srážkách, což znamená, že přispívají k řízenému odtoku vody z území.

Ideálním řešením je tedy využití kombinace obou přístupů – jak zemědělských půdoochranných technologií, tak navrhovaných opatření. Společně poskytují komplexní ochranu proti povrchovému odtoku. Zemědělské technologie napomáhají zlepšovat vsakování vody a snižují erozi, zatímco navrhovaná opatření, jako zatravněné pásy, efektivně zadržují vodu a pomáhají řídit odtok, zejména v oblastech s vyšší koncentrací vody. Tato synergie zajišťuje stabilní a udržitelnou ochranu před povrchovým odtokem napříč různými srážkovými událostmi.

1.2.9. Kritický profil KB08

Kritický bod KB08 (50.378604 N, 16.122411 E; mapy.cz) se nachází těsně před zastavěnou částí obce Provodov-Šonov a je ohrožen přítokem povrchové vody z přilehlých výše položených pozemků. Povrchový odtok začíná na pozemcích nad místní částí Na Horách, kde dochází ke koncentraci vody, která je následně unášena směrem na níže položené plochy. Tato lokalita je silně ovlivněna erozními procesy, které jsou způsobeny intenzivním a soustředěným povrchovým odtokem z horní části povodí o celkové rozloze 0,81 km².

Kritickým faktorem v této oblasti je polní cesta, která zde funguje jako umělé koryto vodního toku, kde se tok vody zrychluje a zvyšuje se jeho intenzita i objem. To vede k výraznému splavování sedimentů a nátoků velkého množství vod na pozemky níže, což představuje riziko pro zastavěné části obce. Koncentrovaný a rychlý tok vody zvyšuje riziko eroze a transportu sedimentu do intravilánu, čímž je ohrožena místní infrastruktura a obytné domy.

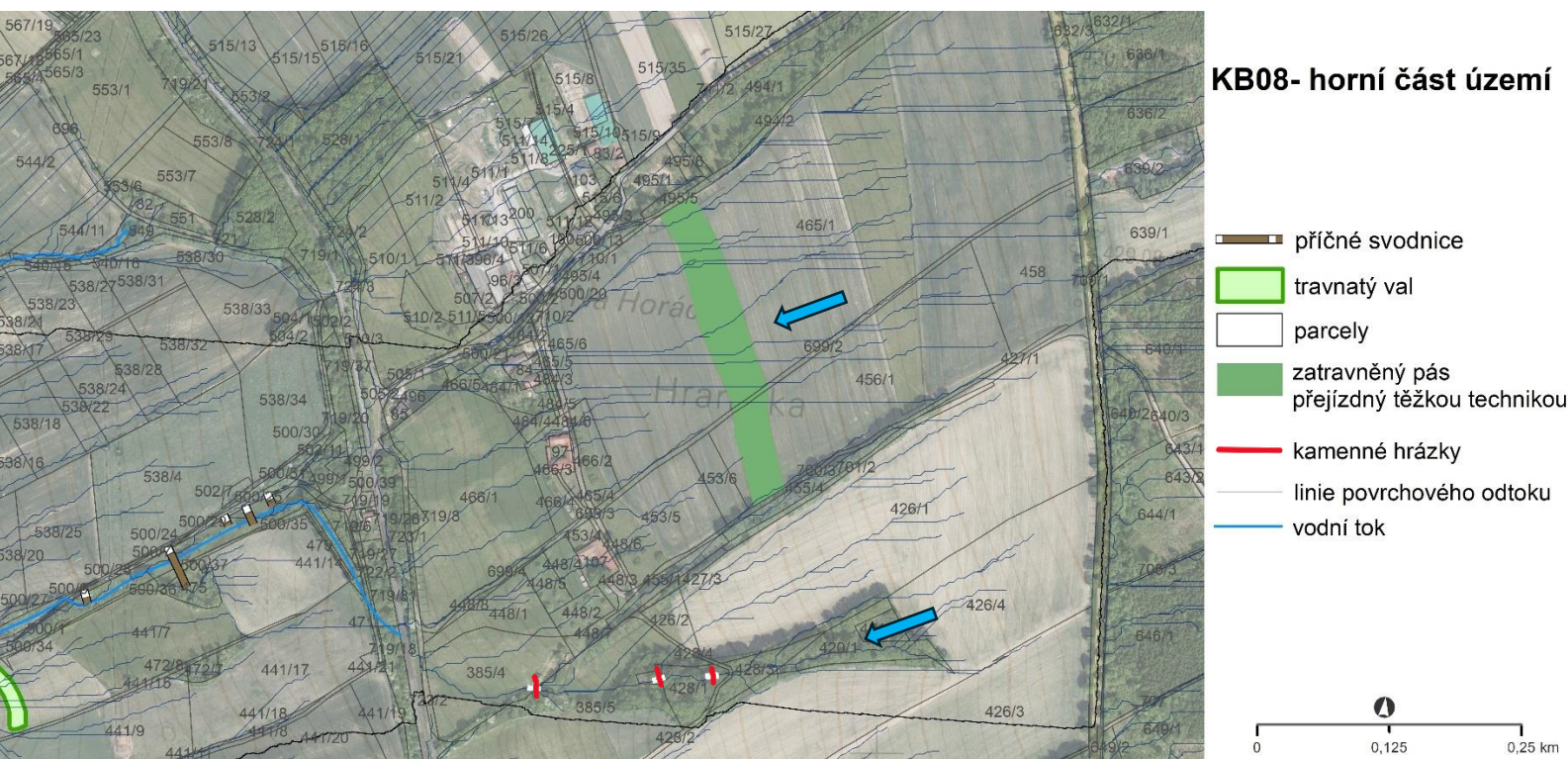


Obr. č. 21: Vymezení kritického bodu KB08 a jeho povodí



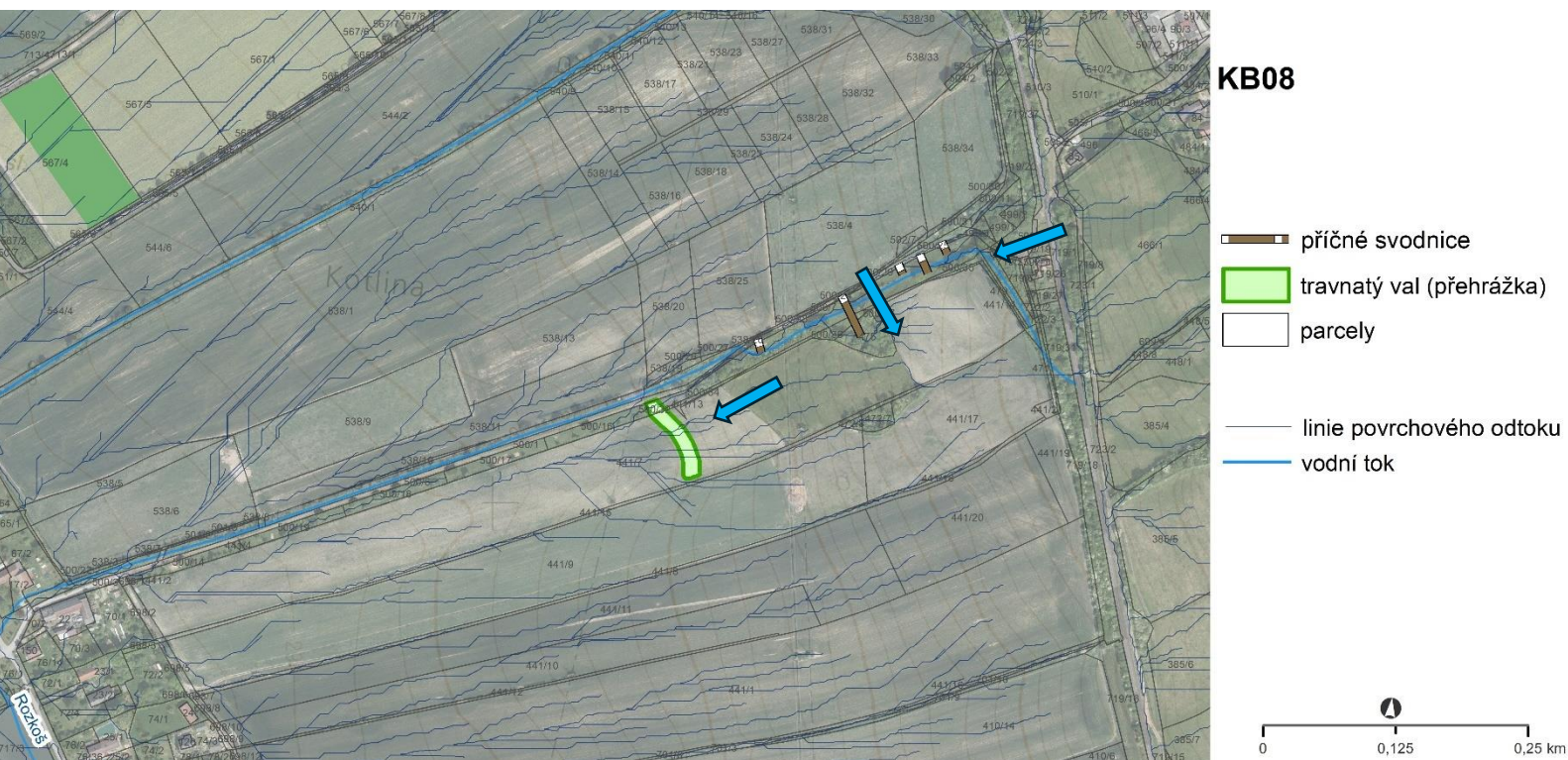
V oblasti kritického bodu KB08 byla navržena opatření primárně zaměřená na zpomalení a regulaci povrchového odtoku, který zde představuje zásadní problém. Intenzivní srážky vedou k rychlé koncentraci vody z výše položených pozemků, což způsobuje její akumulaci a zrychlený odtok podél polní cesty, čímž se zvyšuje riziko eroze, transportu sedimentů a vtoku vody do zastavěné oblasti pod kritickým profilem.

Klíčovým prvkem navržených opatření je zatravněný pás o šířce 40 metrů ve vrchní části povodí, který zamezuje vzniku povrchového odtoku již v horních částech povodí. Na území se ve vyšších polohách již jeden zatravněný pás nachází, dle konzultace s místním vlastníkem pozemku je však nedostatečný. Zatravněné pásy podporují vsakování povrchových vod do půdního prostředí již na počátku svahu a snižují splavování půdy, čímž účinně redukuje objem vody stékající na níže položené pozemky. V zalesněné údolnici na jižní straně horní části povodí byly navrženy tři hrázky z lomového kamene, které zadržují a zpomalují povrchový odtok v místech jeho přirozené koncentrace a kulminace. V nižších částech povodí byla na polní cestě navržena skupina pěti příčných svodnic, které odvádějí přebytečnou vodu na přilehlé zatravněné pozemky, kde dochází k jejímu přirozenému vsakování do půdního prostředí, a tím dochází k významnému snížení rizika zrychleného povrchového odtoku po cestě. V případě, že by se voda na těchto pozemcích nestihla dostatečně vsáknout, zajišťuje její další zadržení a postupné odvedení zatravněný val v dolní části povodí.



Obr. č. 22: Navrhovaná opatření v oblasti povodí ke kritickému bodu KB08, horní část řešeného území, modrá šipka znázorňující směr odtoku





Obr. č. 23: Navrhovaná opatření v oblasti povodí ke kritickému bodu KB08, spodní část řešeného území, modrá šipka znázorňující směr odtoku

Tato komplexní opatření efektivně snižují objem povrchového odtoku a zmírňují erozi. Jejich hlavním cílem je zpomalit a rozptýlit vodu ještě před vstupem do intravilánu obce, a tím minimalizovat riziko poškození místní infrastruktury a obytné zástavby.

Tab. č. 10: Objem přímého odtoku pro oblast povodí KB08 za stávajících podmínek a po zavedení zemědělských protierozních oševních postupů a po zavedení návrhů opatření (zatravnění, změna druhu pozemku), vyhodnocení účinnosti obou protierozních postupů

objem přímého odtoku:	objem odtoku při stávajícím způsobu hospodaření (m3)	objem odtoku po zavedení zemědělských půdoochranných technologií (m3)	účinnost zemědělských protierozních postupů (%)	objem odtoku po zavedení navrhovaných opatření (m3)	účinnost navrhovaných opatření (%)
N2	45,2	0,0	100,0	1,3	97,1
N5	1467,2	724,8	50,6	1094,9	25,4
N10	2461,9	1430,9	41,9	1812,6	26,4
N50	8559,9	6329,7	26,1	7491,2	12,5
N100	11777,5	9074,6	23,0	10622,5	9,8

Tabulka č. 10 ukazuje objemy odtoku pro různá N-letá období a srovnává účinnost zemědělských protierozních postupů s navrhovanými opatřeními. Pro N2 dosahuje objem odtoku před zavedením opatření 45,21 m³, zatímco po zavedení půdoochranných technologií klesá na 0 m³, což znamená 100% účinnost. Po implementaci navrhovaných opatření objem mírně vzroste na 1,336 m³, což je způsobeno především vyššími vlhkostními podmínkami a možností zvýšeného vsaku. Přesto zůstává účinnost velmi vysoká (97,05 %), což naznačuje, že navrhovaná opatření jsou účinná i pro menší srážkové události.

V případě N5 a vyšších srážek účinnost navrhovaných opatření klesá, přičemž pro N5 je účinnost 25,38 %, pro N10 je to 26,38 %, pro N50 12,49 % a pro N100 9,81 %. Tento pokles účinnosti je způsoben tím, že navrhovaná opatření mají omezenou kapacitu zadržovat větší



objemy vody při intenzivnějších srážkách. Navrhovaná opatření výrazně redukuje odtok, ale nejsou schopna zcela eliminovat riziko u větších srážek.

Je důležité zvážit kombinaci obou přístupů — půdoochranných technologií a navrhovaných opatření. Zatímco půdoochranné technologie jsou účinné při snižování rizika eroze a pomáhají výrazně snížit odtok, navrhovaná opatření poskytují dodatečné zpomalení a zadržení vody, což může být zásadní při vyšších srážkových událostech. Kombinací obou přístupů lze dosáhnout vyšší účinnosti a lepší ochrany před povodňovými riziky, což je zvláště důležité v lokalitách s vyšším rizikem povrchového odtoku a erozí.

1.3. Rámcový návrh cestní sítě s možností využití jejich protierozní funkce

Navrhovaná polní cesta o délce 582 m je situována na území KB04 a KB05 na parcelách č. 142/40, 142/41, 142/38, 143/2, 289, 583/1, 582/1, 591/1, 569/30 a 570/3. Tento návrh respektuje stávající terénní podmínky a je navržen tak, aby plnil nejen dopravní, ale i protierozní funkci. Cesta propojuje jednotlivé zemědělské pozemky a další polní cesty a umožňuje snadný přístup k obhospodařovaným plochám. Vzhledem ke své lokalizaci a návrhu přispívá cesta k celkovému zlepšení odtokových poměrů a snížení rizika eroze v této části povodí.

Jedním z klíčových prvků návrhu je travnatý pás, který je umístěn před cestou, ve směru sklonu svahu. Tento pás hraje významnou roli v ochraně půdy, protože zpomaluje povrchový odtok vody z výše položených lokalit. Díky tomu dochází k zadržování vody na místě a podpoře jejího vsakování do půdy, což nejen snižuje riziko vzniku erozních rýh, ale také přispívá k doplňování zásob podzemních vod. Tento prvek je obzvláště důležitý v lokalitách s vyšší mírou náchylnosti k erozi a představuje klíčový aspekt integrované ochrany půdy.

Cesta je navíc doplněna svodným příkopem, který je veden podél její trasy. Tento příkop slouží k zachytávání přebytečné povrchové vody, která není schopna se zcela vsakovat do půdy. Přebytečná voda je následně odváděna mimo svah, což snižuje riziko podmáčení okolních pozemků a erozi půdy způsobenou intenzivním povrchovým odtokem. Správné dimenzování příkopu zajišťuje jeho dostatečnou kapacitu i během intenzivních srážek, čímž přispívá k dlouhodobé stabilitě celé konstrukce.

Dalším důležitým prvkem návrhu je doprovodná zeleň, která je plánována podél celé trasy polní cesty. Tato zeleň, tvořená převážně stromy a keři, má nejen ekologickou funkci, ale také praktickou. Kořenový systém vegetace pomáhá stabilizovat terén a zvyšuje jeho odolnost proti vodní a větrné erozi. Vegetace rovněž zachycuje prach, zlepšuje mikroklima v lokalitě a přispívá k biodiverzitě, protože poskytuje útočiště pro různé druhy živočichů. Doprovodná zeleň zároveň zvyšuje estetickou hodnotu území a pomáhá jej vizuálně integrovat do okolní krajiny.

Alternativně je možné cestu navrhnout výše ve svahu, kde by byla propojena se stávající místní komunikací. Tato alternativa by zajistila lepší napojení na existující i plánovanou infrastrukturu, zejména s ohledem na nově plánované rodinné domy, které se v budoucnu pravděpodobně budou nacházet v těchto vyšších polohách. Nicméně tato varianta by zároveň znemožnila zavedení travnatého pásu nad polní cestou, což by mohlo negativně ovlivnit schopnost cesty plnit protierozní funkci. Absence tohoto pásu by mohla vést k rychlejšímu odtoku vody ze svahu, což by zvýšilo riziko erozních procesů a omezilo efektivitu zadržování vody v území.



Návrh polní cesty, tak jak je znázorněn na mapě, nabízí komplexní řešení, které propojuje potřebu dopravní obslužnosti zemědělských pozemků s důrazem na ochranu půdy a vody. Kombinace travnatého pásu, svodného příkopu a doprovodné zeleně představuje integrovaný přístup k ochraně krajiny před negativními vlivy eroze a zajištění ekologické stability území. Toto řešení je navrženo s ohledem na udržitelnost a dlouhodobou funkčnost, přičemž vychází z pečlivé analýzy terénních podmínek a hydrologických poměrů. Implementace navržené cesty výrazně přispěje k ochraně zemědělské půdy, zlepšení vodního režimu a zvýšení estetické i ekologické hodnoty krajiny.



Obr. č. 24: Rámcový návrh polní cesty v oblasti povodí KB04 a KB05



1.4. Vyhodnocení a závěry navržených opatření po projednání s dotčenými vlastníky a uživateli, správci vodních toků a povodí, dotčenými orgány a zástupci obce

Jednání k navrženým opatřením proběhla ve dvou termínech, konkrétně 14. září a 12. října 2024, přičemž byla zaměřena na různé skupiny účastníků. Zářijového jednání se zúčastnila odborná veřejnost, uživatelé pozemků, zástupci správců vodních toků a povodí, zástupci obce a dotčené orgány. V říjnu se pak jednání zaměřilo především na vlastníky a uživatele dotčených pozemků. Obě schůzky byly klíčové pro zajištění efektivního projednání navržených opatření a jejich následnou úpravu dle připomínek.

Zářijové jednání se soustředilo na odbornou diskuzi nad technickými aspekty návrhů a jejich lokalizaci. Byly podrobně představeny analytické podklady, metodika výpočtů a návrhová řešení. Zúčastnění správci vodních toků a povodí, stejně jako dotčené orgány, přispěli svými připomínkami zejména v otázkách hydrologických a environmentálních dopadů navrhovaných opatření. Zástupci obce pak reflektovali potřebu ochrany intravilánu a možnosti integrace opatření do širšího kontextu územního plánování.

Říjnové jednání bylo orientováno na vlastníky a uživatele pozemků, kteří měli možnost se k navrženým opatřením vyjádřit a předložit své požadavky. Na základě těchto diskusí došlo k úpravě návrhů v několika kritických bodech. V kritickém bodě KB08 bylo na žádost majitele pozemků, navrženo doplnění zatravněného pásu na půdním bloku č. 7503/5 a systému kamenných hrázek na parcelách č. 428/1 a 385/4. Další diskuse vedly k návrhu doplňujících technických prvků, jako je například zahrnutí stávající rýhy mezi půdními bloky č. 7404/1 a 7404/4 v rámci bodu P04, která odvádí povrchovou vodu směrem k cyklostezce a podporuje vsakování v travnatých lokalitách. V jednání vyplynul nesouhlas vlastníků pozemků s navrhovaným plošným zatravněním v katastrálním území Kleny, na parcelách č. 188/7, 188/8, 184 a 183/3. Tito vlastníci rovněž předpokládají nesouhlas zemědělského subjektu s realizací tohoto opatření. Tento nesouhlas byl vzat na vědomí, přičemž bude nezbytné hledat kompromisní řešení, které zohlední ochranu půdy a vody i ekonomické zájmy vlastníků. Úpravy reflektují potřebu efektivního zachytávání povrchové vody a omezení erozních procesů v nejhroženějších částech povodí.

V obou termínech byla klíčovým tématem otázka dlouhodobé udržitelnosti navrhovaných opatření a jejich kompatibility s hospodářským využitím území. Dotčené orgány a zástupci správců vodních toků vyjádřili podporu návrhům s tím, že opatření byla navržena s ohledem na environmentální a hydrologické cíle. Vlastníci a uživatelé pozemků ocenili podrobné zpracování podkladových materiálů, včetně katastrálních map a LPIS, které usnadnily jejich orientaci v návrzích.

Závěrem lze konstatovat, že projednání návrhů ve většině případů vedlo k výraznému posílení jejich akceptace mezi všemi zúčastněnými stranami. Upravené návrhy opatření zohledňují požadavky dotčených subjektů a zároveň přispívají k dosažení hlavních cílů projektu, mezi které patří omezení eroze, zlepšení retence vody a podpora udržitelného hospodaření. Tato opatření tak představují komplexní řešení s dlouhodobým přínosem pro ochranu půdy, vody i krajiny jako celku.





Obr. č. 26: Pravděpodobný stav erozní ohroženosti půdy po zavedení navržených opatření, dle rovnice USLE, použitý faktor $R=40$

Průměrná dlouhodobá ztráta půdy (hodnota G) pro celé řešené území před realizací navržených opatření činila 3,11 t/ha/rok. Po zavedení opatření se hodnota G snížila na 3,01 t/ha/rok. Tento pokles ilustruje efektivitu navržených opatření, ačkoliv v některých částech území stále přetrvávají oblasti s vyššími hodnotami eroze. Navržená opatření by tak přispěla nejen ke snížení erozního rizika, ale také k celkovému zlepšení ochrany půdy. Pro další zlepšení situace by bylo vhodné implementovat také zemědělská organizační protierozní opatření a postupy, jako například vhodné střídání plodin, minimalizaci zpracování půdy nebo zatravnění nejohroženějších částí pozemků, které by mohly dále posílit ochranu půdy a zvýšit dlouhodobou udržitelnost zemědělského hospodaření.

Na mapě po realizaci opatření je patrné, že rozsah oblastí s vysokými hodnotami eroze byl výrazně snížen. Díky navrženým opatřením bylo dosaženo snížení rizika eroze o desítky procent, přičemž konkrétní efektivita jednotlivých opatření závisí na jejich lokalizaci a intenzitě nasazení.

Celkově lze konstatovat, že by realizace protierozních opatření přispěla nejen ke snížení ztráty půdy, ale také ke zvýšení stability krajiny a zlepšení retenční schopnosti území. Tyto kroky jsou klíčové pro udržitelné hospodaření s půdou a vodou v daném regionu a představují důležitý krok k ochraně přírodních zdrojů.



Větrná eroze:

Již na základě provedené analýzy a dostupných dat bylo zjištěno, že v řešené lokalitě Provodov-Šonov není zemědělská půda ohrožena větrnou erozí. Tento závěr vychází z charakteru krajiny, která je tvořena převážně svažitém terénem a má dostatečné vegetační pokrytí. Lokality s rizikem větrné eroze, typicky ploché a rozsáhle obhospodařované zemědělské oblasti, zde větrnou erozí nejsou oroženy.

Navržená opatření, jako jsou zatravněné pásy, liniová zeleň a doprovodná vegetace podél polních cest, dále snižují teoretické riziko větrné eroze tím, že zvyšují povrchovou drsnost terénu a podporují mikroklimatickou stabilitu. Doprovodná vegetace zároveň vytváří přirozené bariéry, které by v případě potřeby mohly sloužit k omezení rychlosti větru v blízkosti zemědělských ploch.

Ačkoli v současné době ani po realizaci navržených opatření nebylo identifikováno riziko větrné eroze, navržené prvky přispívají ke komplexní ochraně půdy a zvyšují odolnost krajiny vůči případným změnám klimatických podmínek, které by mohly riziko větrné eroze zvýšit. Realizace navržených opatření tedy nejen posiluje ochranu proti vodní erozi, ale zároveň vytváří prevenci proti potenciálním negativním vlivům větrné eroze v budoucnu.



1.6. Možnosti zapojení navržených opatření do ÚSES

Navržená protierozní opatření v území Provodov-Šonov mají potenciál významně přispět k posílení Územního systému ekologické stability (ÚSES), jak na lokální, tak na regionální úrovni. Z analýzy limitů (dostupné na: <https://www.novemestonm.cz/o-meste/rozvoj-mesta-a-uzemi/uzemni-planovani/uzemne-analyticke-podklady/>) využití území vyplývá, že část opatření se nachází v přímém kontaktu s prvky ÚSES, což umožňuje jejich integraci a vzájemné posílení ekologických funkcí krajiny.

Zatravněné pásy, liniová zeleň a další vegetační prvky navržené podél polních cest a svodných příkopů mohou sloužit jako efektivní biokoridory, které propojí existující biocentra ÚSES v řešeném území. Tyto prvky nejen zvyšují biodiverzitu, ale také poskytují útočiště pro různé druhy fauny a zlepšují podmínky pro jejich migraci. Navíc zatravněné pásy a liniová vegetace plní důležitou roli v ochraně půdy a zvyšují její retenční schopnosti, čímž naplňují jak ekologické, tak hydrologické cíle ÚSES.

V kritických bodech, kde dochází k nejintenzivnějším erozním procesům, byla navržena opatření zahrnující kamenné hrázky a retenční průlehy. Tyto prvky mají nejen protierozní, ale i ekologickou funkci, protože přispívají ke stabilizaci vodního režimu a mohou být doplněny o výsadbu doprovodné zeleně, čímž se zvyšuje jejich ekologická hodnota. Vzhledem k tomu, že některé z těchto opatření jsou navrženy v blízkosti stávajících biocenter, mohou přirozeně rozšiřovat jejich vliv a vytvářet nové ekologicky cenné plochy.

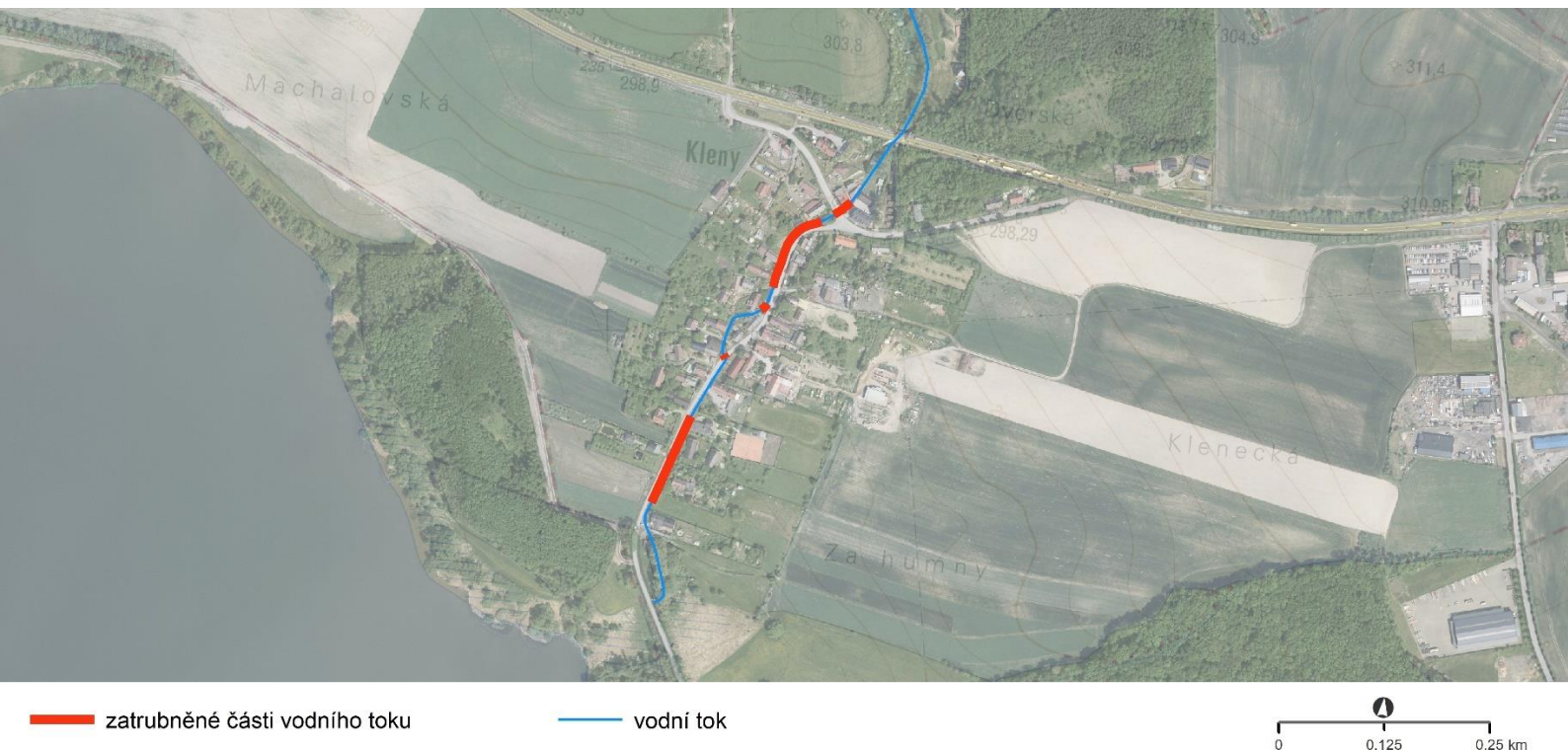
Dle výkresu limitů využití území je patrné, že některé části řešeného území se nacházejí v bezprostřední blízkosti ochranných pásmech přírody a krajiny. To zdůrazňuje význam citlivého zapojení navržených opatření do ÚSES, které musí respektovat stávající přírodní podmínky. Integrace těchto opatření s ohledem na limity území zajistí jejich dlouhodobou udržitelnost a přínos jak pro ochranu přírody, tak pro zemědělské a hospodářské využití krajiny.

Celkově lze říci, že zapojení navržených opatření do ÚSES představuje strategický krok ke zvýšení ekologické stability území Provodov-Šonov. Navrhovaná opatření plní nejen funkci ochrany půdy před erozí, ale také posilují ekologickou konektivitu krajiny, podporují biodiverzitu a přispívají k harmonickému rozvoji regionu. Tím se stávají nezbytnou součástí komplexního řešení ochrany přírodních zdrojů a udržitelného hospodaření v daném území.



1.7. Posouzení kapacity propustků v katastrálním území Kleny

V rámci intravilánu obce Kleny protéká Rovenský potok, který je v určitých úsecích částečně zatrubněn. Dochované dokumentace o přesných parametrech těchto propustků nejsou k dispozici. Původní vnitřní průměr potrubí DN 500 mm byl proto stanoven odhadem. Pro zajištění dostatečné kapacity propustku bylo cílem navrhnout optimální průměr, který by umožnil bezproblémový odtok i během extrémních povodňových situací, konkrétně 100leté vody.



Obr. č. 27: Zákres pravděpodobného průběhu zatrubnění Rovenského potoka v Klenech

Tabulka č. 11 shrnuje objemy přímého odtoku a průtoky pro různé N-leté události v lokalitě:

Tab. č. 11: Průtoky na Rovenském potoce, data od ČHMÚ

N-leté období	Průtok (m ³ /s)	objem přímého odtoku (m ³ /s)
1	1,1	3 938
2	1,9	6 694,60
5	3,1	11 026,40
10	4,6	16 539,60
20	6,3	22 446,60
50	8,8	31 504
100	11,0	39 380



Posouzení kapacity různých průměrů DN:

Pro výpočet kapacity propustků byly zvažovány různé průměry potrubí (DN 500, DN 600, DN 700, DN 800 a DN 1000). Níže uvádíme průtoky, které by jednotlivé průměry zvládly odvést, a procentní podíl z celkového průtoku 100leté vody ($11 \text{ m}^3/\text{s}$):

DN 500 – propustek o průměru 500 mm zvládne průtok přibližně $4,91 \text{ m}^3/\text{s}$, což je 44,6 % požadovaného průtoku pro 100letou vodu.

DN 600 – propustek o průměru 600 mm zvládne průtok přibližně $7,06 \text{ m}^3/\text{s}$, což je 64,2 % požadovaného průtoku.

DN 700 – propustek o průměru 700 mm zvládne průtok přibližně $9,60 \text{ m}^3/\text{s}$, což je 87,3 % požadovaného průtoku.

DN 800 – propustek o průměru 800 mm zvládne průtok přibližně $12,55 \text{ m}^3/\text{s}$, což je 114,1 % požadovaného průtoku.

DN 1000 – propustek o průměru 1000 mm zvládne průtok přibližně $19,63 \text{ m}^3/\text{s}$, což je 178,5 % požadovaného průtoku.

Na základě výše uvedených výpočtů lze konstatovat, že původní DN 500 není dostatečně kapacitní pro zvládnutí průtoku 100leté vody. Propustek DN 500 je schopný odvést pouze 44,6 % tohoto průtoku, což je výrazně pod potřebnou kapacitou. I propustek DN 600 a DN 700 nedosahují plné kapacity potřebné k bezpečnému odvádění vody při povodňových stavech.

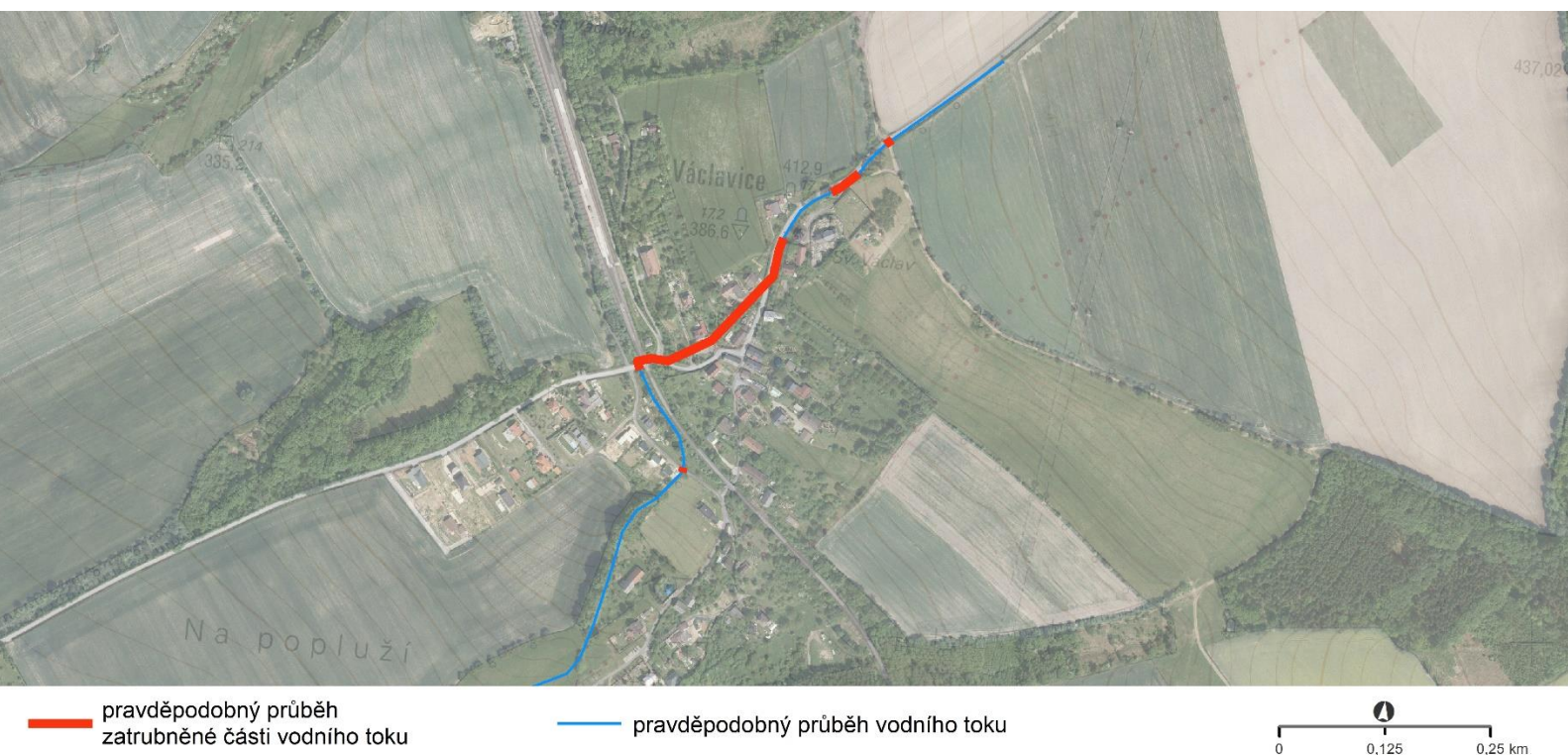
Doporučuje se tedy navrhnout a realizovat propustky s průměrem **DN 800** nebo **DN 1000**, přičemž DN 800 by bylo dostačující k odvedení 100letého průtoku s mírnou rezervou, zatímco DN 1000 by poskytovalo dostatečnou kapacitu i pro extrémnější podmínky nebo případné budoucí zhoršení hydrologických podmínek a zvýšeného odnosu sedimentu.

Zároveň se doporučuje zavést opatření ve vyšších polohách povodí, která by pomohla snížit rychlost a objem povrchového odtoku, čímž by se snížila zátěž na propustky v intravilánu obce.



1.8. Posouzení kapacity propustků v místní části Václavice

V intravilánu místní části Václavice dochází k významnému povrchovému odtoku vody z výše položených zemědělských ploch, který může představovat riziko pro stávající infrastrukturu. Odhaduje se, že v území jsou umístěny propustky s vnitřním průměrem DN 300 mm, avšak dochovaná dokumentace k přesným parametrům trasy a charakteristikám zatrubnění v oblasti Václavic není k dispozici. Pro zajištění adekvátní průtočné kapacity propustků bylo cílem navrhnout vhodný průměr, který by umožnil bezpečný odvod vody i během extrémních povodňových stavů odpovídajících 100leté vodě.



Obr. č. 28: Zákres pravděpodobného průběhu zatrubnění Rovenského potoka v Klenech

Tabulka č. 12 shrnuje objemy přímého odtoku a průtoky při různých N-letých srážkových událostech:

Tab. č. 12: Objemy přímého odtoku z P04

N-leté období	Objem přímého odtoku (m ³)	Přepočítaný průtok (m ³ /s)
N2	21.74	0.01
N5	836.25	0.23
N10	1414.65	0.39
N50	4984.63	1.38
N100	6875.09	1.91



Pro výpočet kapacity byly posuzovány propustky s průměry DN 300, DN 400, DN 500 a DN 600 mm. Níže jsou uvedeny průtoky, které jednotlivé průměry potrubí umožňují, a jejich procentní podíl na požadovaném průtoku 100leté vody.

DN 300 – Propustek o průměru 300 mm umožňuje průtok přibližně 1,8 m³/s, což představuje 26,2 % z požadovaného průtoku odpovídajícího 100leté vodě. Tento průměr je tedy výrazně pod potřebnou kapacitou.

DN 400 – Propustek s průměrem 400 mm má průtočnou kapacitu 3,0 m³/s, což pokrývá 43,6 % z průtoku pro 100letou vodu. Tento průměr je lepší než DN 300, ale stále není zcela dostačující pro zvládnutí extrémních povodňových stavů.

DN 500 – Při průměru 500 mm dokáže propustek odvést průtok přibližně 4,9 m³/s, což odpovídá 71,3 % potřebné kapacity pro 100letou vodu. Tento průměr se již blíží dostatečné kapacitě, avšak stále nedosahuje plné požadované hodnoty.

DN 600 – Propustek o průměru 600 mm zvládne průtok přibližně 7,1 m³/s, což představuje 103,3 % požadované kapacity pro 100letou vodu. Tento průměr by již byl dostatečný k odvedení požadovaného objemu vody při extrémních povodňových stavech.

V případě propustků v lokalitě Václavice je třeba zvažovat nejen kapacitu navrhovaných průměrů potrubí, ale také jejich vliv na dynamiku a objem odtoku do níže položených oblastí. Zvýšení kapacity propustků by sice umožnilo efektivnější odvod vody během silných srážek, nicméně tento přístup by měl i svá rizika. Při použití větších průměrů potrubí, například DN 500 či DN 600, by docházelo k rychlejšímu odtoku většího objemu vody. Tento efekt by mohl způsobit zvýšení průtoků v níže položených částech povodí, kde již nyní existují omezené možnosti k absorpci nebo regulaci těchto povodňových průtoků.

Zvýšená rychlost a objem odtoku by tak potenciálně mohly přinést větší zátěž na infrastrukturu v níže položených úsecích a vystavit tato území zvýšenému riziku povodňových škod, erozi a akumulaci sedimentů. Větší objem vody v kratším časovém intervalu by byl z pohledu celkového řízení povodňových situací méně žádoucí, protože by nebylo možné efektivně snížit rychlost a množství vody přicházející z horních částí povodí.

Pro minimalizaci těchto rizik je nezbytné uvažovat o komplexním řešení, které zahrnuje nejen zvětšení průměru propustků, ale i systém zpomalovacích a retenčních opatření ve vyšších polohách povodí. Opatření pomohou regulovat odtok ještě před tím, než voda dosáhne intravilánu obce, a následně sníží zátěž na propustky a ochrání níže položené oblasti před rychlým náporům velkého množství vody. Tato kombinace úprav by byla nejvhodnějším řešením pro zajištění dlouhodobé ochrany a zvýšení stability vodního režimu v celém povodí.

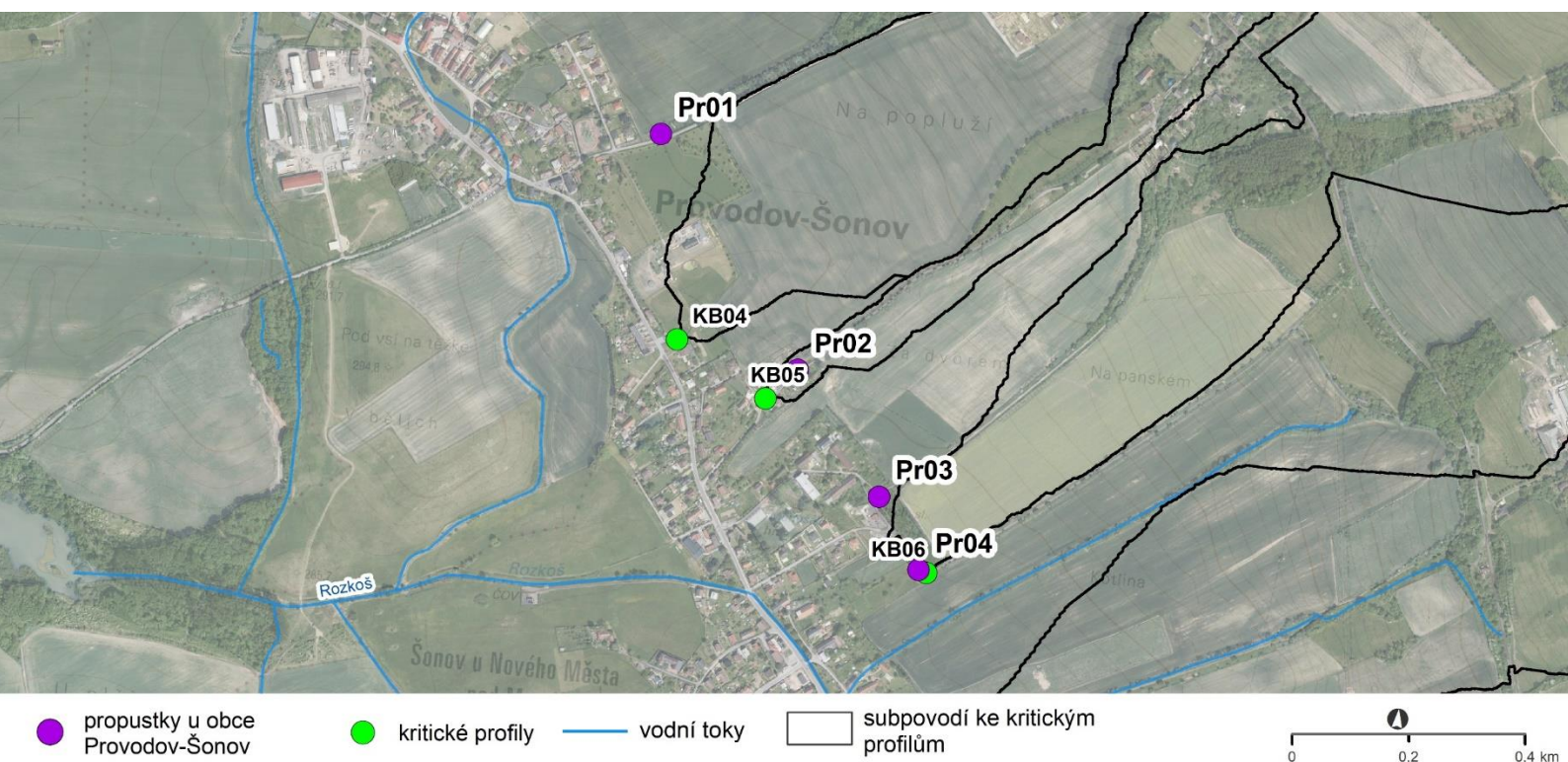


1.9. Posouzení kapacity propustků nad obcí Provodov-Šonov

V rámci katastrálního území obce Provodov-Šonov se nacházejí čtyři propustky (označené jako Pr01 až Pr04), které odvádějí vodu přítékající z výše položených zemědělských ploch do intravilánu obce. Tyto propustky se nacházejí ve třech kritických profilech (KB04, KB05 a KB06). Bohužel nejsou k dispozici podrobné informace o parametrech potrubí, takže odhady vnitřních průměrů jednotlivých propustků byly provedeny na základě vizuálního průzkumu a odhadu stávající infrastruktury. Cílem posouzení je navrhnout průměry propustků dostatečné k bezpečnému odvádění vody i při extrémních povodňových situacích, konkrétně až pro 100letou vodu.

Tab. č. 13: Objemy přímého odtoku pro různé N-leté události ve vybraných kritických profilech (KB04, KB05, KB06)

Kritický profil	N-letá událost	Objem přímého odtoku (m ³)
KB04	N2	38,98
	N5	663,93
	N10	1071,81
	N50	3491,58
	N100	4745,87
KB05	N2	0,67
	N5	60,93
	N10	106,39
	N50	394,29
	N100	548,76
KB06	N2	13,38
	N5	1305,49
	N10	2284,59
	N50	8495,06
	N100	11830,36



Obr. č. 29: Označení lokalit zkoumaných propustků



Propustek Pr01 (DN 750 mm, povodí KB04):

- DN 750 má kapacitu přibližně 4,85 m³/s, což představuje 87,4 % požadovaného průtoku pro stoletou vodu (5,55 m³/s).
- Zvýšení kapacity:
 - DN 850 mm: Kapacita cca 6,15 m³/s, což odpovídá 110,8 % potřebného průtoku.
 - DN 950 mm: Kapacita cca 7,60 m³/s, což pokrývá 136,9 % požadovaného průtoku.
 - DN 1050 mm: Kapacita cca 9,30 m³/s, což odpovídá 167,6 % požadovaného průtoku.

Propustek Pr02 (DN 400 mm, povodí KB05):

- DN 400 má kapacitu přibližně 0,95 m³/s, což odpovídá 65,4 % požadovaného průtoku pro stoletou vodu (1,45 m³/s).
- Zvýšení kapacity:
 - DN 500 mm: Kapacita cca 1,50 m³/s, což odpovídá 103,4 % potřebného průtoku.
 - DN 600 mm: Kapacita cca 2,20 m³/s, což představuje 151,7 % požadovaného průtoku.
 - DN 700 mm: Kapacita cca 3,00 m³/s, což odpovídá 206,9 % požadovaného průtoku.

Oba následující propustky Pr03 a Pr04 jsou umístěny ve stejném mikropovodí, bylo celkové množství odtoku rozděleno rovnoměrně mezi propustky Pr03 a Pr04. Každý propustek tak musí zvládnout polovinu uvedeného odtoku.

Propustek Pr03 (DN 600 mm, povodí KB06):

- DN 600 má kapacitu přibližně 3,35 m³/s, což představuje 72,3 % požadovaného průtoku pro stoletou vodu (4,63 m³/s).
- Zvýšení kapacity:
 - DN 700 mm: Kapacita cca 4,80 m³/s, což odpovídá 103,6 % potřebného průtoku.
 - DN 800 mm: Kapacita cca 6,65 m³/s, což pokrývá 143,6 % požadovaného průtoku.
 - DN 900 mm: Kapacita cca 8,80 m³/s, což představuje 190,1 % požadovaného průtoku.

Propustek Pr04 (DN 400 mm, povodí KB06):

- DN 400 má kapacitu přibližně 2,6 m³/s, což odpovídá 45,2 % požadovaného průtoku pro 100letou vodu (5,88 m³/s).
- Zvýšení kapacity:
 - DN 500 mm: Kapacita cca 3,35 m³/s, což odpovídá 57,0 % požadovaného průtoku.



- DN 600 mm: Kapacita cca 6,0 m³/s, což pokrývá 102,2 % požadovaného průtoku.
- DN 700 mm: Kapacita cca 7,06 m³/s, což odpovídá 120,1 % požadovaného průtoku.

Stávající průměry některých propustků v oblasti Provodov-Šonov nejsou dostatečné pro zajištění kapacity potřebné pro odtok 100leté vody. Propustek Pr01 s průměrem DN 750 mm je relativně blízko požadované kapacity a zvládne 87,4 % objemu stoletého průtoku. Jeho kapacita by byla plně dostatečná při zvětšení na DN 850 mm, kde by dosahovala 110,8 % potřebného průtoku, což by umožnilo zvládnout i nadprůměrné povodňové situace. U propustku Pr02 s DN 400 mm byla zjištěna výraznější nedostatečnost, kdy propustek zvládne pouze 65,4 % požadovaného průtoku. Zvýšení na DN 500 mm by již bylo dostatečné, neboť by zajistilo 103,4 % kapacity pro stoletý průtok. Propustky Pr03 a Pr04, umístěné ve stejném mikropovodí, byly hodnoceny s ohledem na poloviční přidělený objem odtoku. Pr03 o průměru DN 600 mm zvládne 72,3 % potřebného průtoku a je doporučeno jeho zvětšení na DN 700 mm, čímž by dosáhl 103,6 % požadované kapacity. Propustek Pr04 s DN 400 mm zvládne pouze 45,2 % potřebného průtoku; pro dosažení dostatečné kapacity je nutné navýšit průměr alespoň na DN 600 mm, což by mu umožnilo odvézt 102,2 % požadovaného objemu.

Doporučená opatření zahrnují zvětšení průměrů vybraných propustků, což zajistí dostatečnou kapacitu pro stoletou vodu a zároveň ochrání nižší polohy před možným rizikem zrychleného odtoku, který by mohl způsobit erozní škody nebo zvýšit riziko zaplavení v intravilánu obce. Tato úprava by rovněž zlepšila bezpečnost a spolehlivost vodohospodářské infrastruktury v Provodov-Šonově při zvládnání extrémních povodňových stavů.



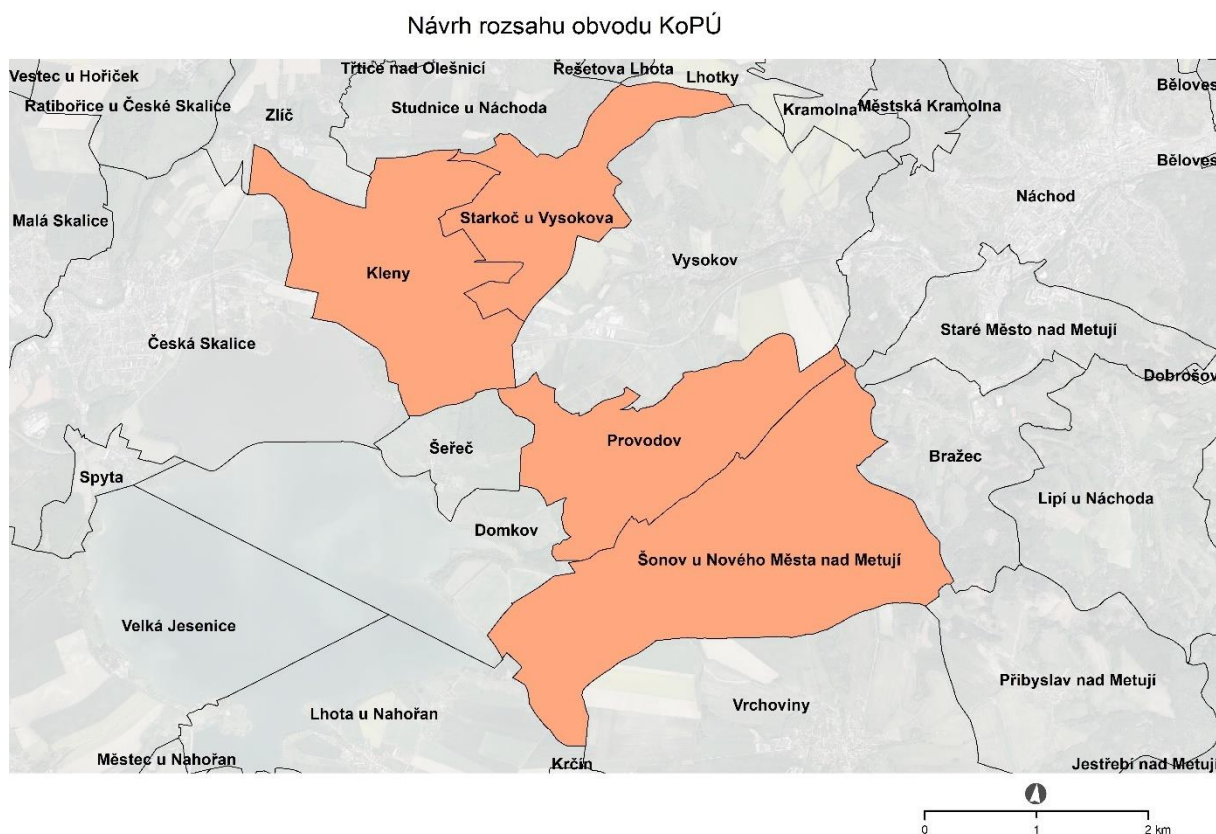
Obr. č. 30: Zkoumané propustky



2. Návrh rozsahu obvodu následných KoPÚ

Ve vazbě na navrhovaná opatření doporučujeme zahájit komplexní pozemkové úpravy (KoPÚ) na dotčeném území zahrnujícím katastrální území Kleny, Provodov, Šonov u Nového Města nad Metují a Starkoč u Vysokova. Opatření byla navrhována s ohledem na potřebu zmírnění erozních procesů, zlepšení retence vody v krajině a efektivní řízení povrchového odtoku, který výrazně ovlivňuje stav povodí a stav vodních toků v těchto oblastech. Vzhledem k hydrologické návaznosti povodí jednotlivých kritických profilů je nezbytné, aby byly navržené zásahy realizovány v celkovém kontextu území, s důrazem na jejich vzájemnou provázanost a funkčnost.

V katastrálním území Starkoč u Vysokova je vhodné zahájit jednání o možném zahájení komplexních pozemkových úprav, neboť toto území hraje klíčovou roli v návaznosti hydrologického režimu v povodí a jeho úpravy by měly přímý vliv na efektivitu navržených opatření v sousedících katastrálních územích. Důraz je kladen na zajištění ochrany intravilánu obcí před povodňovými vlnami, stejně jako na prevenci dalšího zhoršování stavu zemědělské půdy v důsledku eroze. KoPÚ na tomto území umožní efektivnější koordinaci navržených opatření a posílí celkovou hydrologickou stabilitu krajiny.



Obr. č. 31: Zvýrazněny návrh rozsahu obvodu KoPÚ dle navrhovaných opatření



3. Shrnutí

V rámci zakázky Studie odtokových poměrů na území Provodov-Šonov bylo v rámci devíti povodí k identifikovaným kritickým profilům navrženo několik opatření zaměřených na zlepšení hydrologických podmínek a snížení rizika eroze v krajině.

Navržená opatření, která komplexně řeší problematiku hospodaření s vodou a ochranu půdy v krajině, jako jsou zatravněné pásy, vegetační doprovody či hráze, společně přispívají k posílení infiltrační kapacity půdy, zadržování vody v krajině a výraznému snížení povrchového odtoku. Tato opatření jsou navržena s ohledem na specifika jednotlivých kritických lokalit v povodí, kde se riziko eroze a povodní projevuje ve zvýšené intenzitě.

Implementace těchto opatření má významný vliv na zlepšení hydrologické funkce v krajině, zejména v kontextu častějších extrémních klimatických událostí, jako jsou přivalové deště. Změna klimatických podmínek vede ke zvyšování intenzity srážek, což zvyšuje tlak na správné řízení povrchového odtoku a efektivní ochranu půdy. Navržená opatření proto představují nezbytnou součást dlouhodobé strategie přizpůsobení krajiny těmto změnám a zajištění její ekologické stability.

Důležitým aspektem je kombinace technických opatření se zemědělskými půdoochrannými technologiemi, jako je např. orba po vrstevnici, střídání plodin nebo zatravnění svažitéch pozemků. Tyto technologie hrají klíčovou roli při ochraně půdy před erozí a regulaci povrchového odtoku na zemědělských plochách. Společně s navrženými technickými opatřeními vytvářejí ucelený systém, který zajišťuje efektivní řízení vody v krajině, ochranu půdy a prevenci škod způsobených erozí.

Navržená opatření, spolu s implementací zemědělských půdoochranných technologií a efektivním řízením drenážních staveb, jsou zásadní pro zajištění hydrologické stability krajiny, ochrany půdy před erozí a zajištění dlouhodobě udržitelného zemědělského hospodaření v kontextu měnícího se klimatu.



4. Použité zdroje

Bechmann, M, Kleinman, P.J.A., Sharpley A.N., Saporito L. 2005. Effect of freezing and thawing on fate of phosphorus in bare, manured and catch cropped soils. *J Environ Qual*, 34: 2301–2309.

Bergström L., Kirchmann H., Djodjic F., Kyllmar K., Ulén B., Liu J., Andersson H., Aronsson H., Börjesson G., Kynkäänniemi P., Svanbäck A., Villa A. 2015. Turnover and Losses of Phosphorus in Swedish Agricultural Soils: Long-Term Changes, Leaching Trends, and Mitigation Measures. *Journal of Environmental Quality*, 44 (2): 512-523.

Dalmago G.A., Bergamaschi H., Bergonci J.I., Krüger C.A.M.B., Comiran F., Heckler B.M.M. 2009. Retention and availability of water to plants in soils under no-tillage and conventional tillage systems. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13: 855–864.

Doležal F., Kvítek T., 2004: - Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C

Hanák, K. a kol., 2008: Stavby pro plnění funkce lesa, Praha

Janeček, M. a kol, 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Česká zemědělská univerzita v Praze.

Kabelka, D., Kincl, D., Vopravil, J., Vráblík, P. 2021: Impact of cover crops in inter-rows of hop gardens on reducing soil loss due to water erosion. *Plant, Soil and Environment*. 67(4): 230-235.

Kadlec, V. a kol., 2014: Navrhování technických protierozních opatření

Köhler A, a kol., 2006: The mRNA export factor Sus1 is involved in Spt/Ada/Gcn5 acetyltransferase-mediated H2B deubiquitylation through its interaction with Ubp8 and Sgf11. *Mol Biol Cell* 17(10):4228-36

Konečná, J. a kol., 2023: Komplexní opatření pro ochrany půdy, vody a vodních organismů v malých zemědělských povodích, Brno

Kulhavý, Z. a kol., 2015: Opatření k posílení infiltračních procesů v krajině, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy

KULHAVÝ Z., FUČÍK P., TLAPÁKOVÁ L. (2013): Pracovní postupy eliminace negativních funkcí odvodňovacích zařízení v krajině. Metodická příručka pro žadatele OPŽP. MŽP, SFŽP Praha. ISBN: 978-80-7212-589-0.

Kulhavý, Z. a kol. 2017: Katalog opatření pro snížení plošných zemědělských zdrojů znečištění pro listy opatření typu A (včetně odvodňovacích systémů) s ohledem na kategorizaci kritických ploch a povodí. Zpracováno v rámci studie pro povodí Vltavy, státní podnik „Příprava listů opatření A lokalit plošného zemědělského znečištění pro plány dílčích povodí. Praha

Lohani, S., Baffaut, C., Thompson, A. L., & Sadler, E. J. (2019). Soil Vulnerability Index assessment as a tool to explain annual constituent loads in a nested watershed. *Journal of Soil and Water Conservation*, 75(1), 42-52.

Novotný, I. a kol., 2014: Příručka ochrany proti vodní erozi, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy



Růžek P., Kusá H., Mühlbachová G., Vavera R. 2014. Nové postupy ve výživě rostlin a jejich praktické uplatnění v pěstebních technologiích. Sborník pilotního semináře. Zemědělský svaz ČR a Institut vzdělávání v zemědělství o.p.s.

Sharpley A.N., Kleinman P.J.A., Jordan P., Bergstrom L., Allen A.L. 2009. Evaluating the success of phosphorus management from field to watershed. *J. Environ. Qual.* 38, 1981–1988.

Schoumans O.F., Chardon W.J., Bechmann M.E., Gascuel-Oudoux C., Hofman G., Kronvang B., Rubæk G.H., Ulén B., Dorioz J.M. 2014. Mitigation options to reduce phosphorus losses from the agricultural sector and improve surface water quality: A review. *Science of the Total Environment* Volume, 468-469: 1255-1266.

Smith D.R., Warnemuende E.A., Huang C., Heatmen, G.C. 2007. How does the first year tilling a long-term no-tillage field impact soluble nutrient losses in runoff? *Soil&Tillage Research*, 95: 11-18.

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2019: *Studie protierozních opatření pro město Havlíčkův Brod*. Spolufinancováno Evropskou unií.

Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. (1978) Predicting Rainfall Erosion Losses. A Guide to Conservation Planning. The USDA Agricultural Handbook No. 537, Maryland.

Zajíček A., Fučík P., a kol., 2011: Metodický postup pro monitoring dynamiky pesticidů v zemědělských drenážích a drobných vodních tocích

Zajíček, A., Dostál, T., Hanák, R., Novotná, J., Kulhavý, Z., Krása, J., Ryšavý, S., Fučík, P., a kolektiv. (2023): Identifikace kritických bodů odtoku vody a kategorizace jejich přispívajících lokalit z hlediska potřebnosti návrhů opatření ke zvýšení infiltrace, retence, akumulace a jakosti vod v zemědělských povodích na území České republiky. Certifikovaná metodika. 84 s. ISBN 978-80-88323-74-7 (tištěná verze), 978-80-88323-75-4 (online pdf), osvědčení č. MZE-32953/2023-15121.

Zavadil J, Cermak L, Soto-Nieves N, Böttinger EP. Integration of TGF-beta/Smad and Jagged1/Notch signalling in epithelial-to-mesenchymal transition. *EMBO J.* 2004 Mar 10;23(5):1155-65. doi: 10.1038/sj.emboj.7600069. Epub 2004 Feb 19. PMID: 14976548; PMCID: PMC380966



5. Příloha- Katalog opatření

Katalog opatření představuje soubor technických a přírodních postupů zaměřených na zpomalení povrchového odtoku, zlepšení zasakování vody do půdního prostředí a snížení erozních procesů v krajině. Jednotlivá opatření jsou navržena s ohledem na specifické podmínky povodí a jejich cílem je minimalizovat riziko vzniku povodní a degradace půdy. V tomto katalogu jsou zahrnuta jak technická řešení, jako jsou příčné svodnice, hrázky z lomového kamene, tak i přírodně blízké metody, jako jsou zatravněné pásy. Implementace těchto opatření má pozitivní vliv nejen na ochranu půdy, ale také na stabilizaci vodního režimu v krajině, čímž přispívá k trvalé udržitelnosti zemědělské i nelesní krajiny.

5.1. Odvodňovací příkop

Popis opatření: Odvodňovací příkop je liniový prvek, jehož úkolem je zachytit povrchový odtok a odvést ho mimo chráněnou plochu do recipientu (často do svodného příkopu). Příčný profil příkopu je nejčastěji lichoběžníkový, se šířkou ve dně 0,3 – 0,6 m, hloubkou 0,6 – 1,2 m a sklonem svahů 1:1,5 až 1:2. Pokud je to možné vzhledem ke sklonovým poměrům, dimenzi příkopu a místním materiálům, je preferováno, aby příkopy byly opevněné pouze zatravněním.

Z hlediska lokalizace jsou odvodňovací příkopy děleny na:

- záchytné – které jsou situovány nad chráněným pozemkem a zabraňují přítoku vnějších vod,
- sběrné – které jsou navrhovány přímo v ploše řešeného pozemku s cílem zkrátit volnou délku povrchového odtoku tak, aby nedocházelo k překročení přípustné ztráty půdy. Vzdálenost příkopu od horní hranice pozemku či mezi jednotlivými příkopy je navržena na základě zjištěné erozní ohroženosti, například podle přípustné délky svahu vypočtené pomocí USLE nebo podle kritické délky ze simulačního modelu SMODERP.

Příkopy jsou dimenzovány na dobu opakování nejméně 5 let, pokud je cílem jen ochrana zemědělského pozemku. Pro ochranu intravilánu nebo jiné infrastruktury je míra ochrany vyšší dle konkrétních podmínek, zpravidla na srážku s opakováním 10 – 50, výjimečně 100 let.

Kombinace s dalšími typy opatření: Nad příkopem je vhodné založit zatravněný pás k zachycení erozních splavenin v šířce min. 6 m, kde bude docházet k prvotnímu zachycování splavenin nesených odtokem. Pod příkopem se zpravidla buduje ochranná protierozní mez za účelem zvýšení retenčního objemu příkopu a využití materiálu z výkopu. Příkopy jsou velmi často nezbytným objektem při návrhu polních cest s protierozní funkcí. Příkop jakožto liniový prvek v krajině je vhodné využít pro zvýšení estetické hodnoty krajiny výsadbou vegetace, případně i jako součást územních systémů ekologické stability. Před zaústěním příkopu do recipientu je vhodné na něm vybudovat sedimentační jímku, která zachytí nesené splaveniny. V opačném případě příkop může působit kontraproduktivně z hlediska ochrany jakosti vody a tuto bude zhoršovat.



Efekty opatření:

- **Vliv na jakost vody:**

Vliv opatření na jakost vody pro vybrané látky je vyjádřen pěti třídami účinnosti:

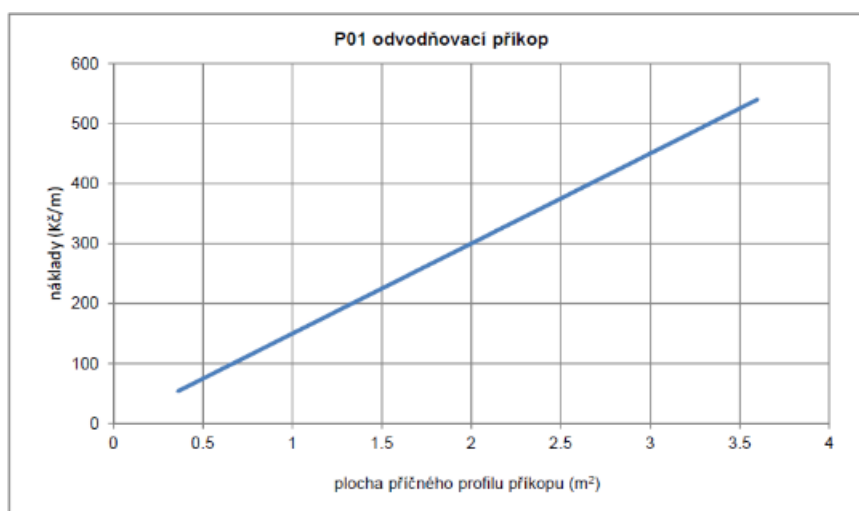
- třída 1: účinnost > 75 %
- třída 2: účinnost 50 - 74 %
- třída 3: účinnost 25 – 49 %
- třída 4: účinnost 1 – 24 %
- třída 5: účinnost 0 (opatření nemá žádný vliv)

- **Vliv na vodní režim:** Odvodňovací příkop ovlivňuje odtokové poměry při přivalových deštích spíše negativně (do jisté míry urychluje odtok), případná kompenzační opatření mohou být řešena na svodných příkopech např. protierozní sedimentační nádrží nebo suchou nádrží před zaústěním do recipientu.

- **Vliv na povrchovou erozi půdy a její důsledky:** Odvodňovací příkop ochraňuje před erozí buď zájmový pozemek (v případě příkopu záchytného), nebo zkracuje délku dráhy povrchového odtoku (v případě příkopu sběrného) na zemědělském pozemku tak, aby nedocházelo k překročení přípustné ztráty půdy.

- **Ekologické přínosy:** Samotný odváděcí příkop příznivě snižuje erozi půdy, ale nejedná se o prvotně ekologické opatření. Ekologický přínos mají jeho doprovodná opatření, například vegetační pásy, liniovou výsadbu – lokální biokoridory.

Analýza realizačních nákladů opatření: Náklady na zřízení příkopu se odvíjejí od jeho dimenzí a jsou znázorněny v grafu závislosti na ploše příčného profilu příkopu pro 1 m délky.



Obr. č. 32: realizační náklady opatření



Nároky na údržbu: Podmínkou trvalé funkčnosti odvodňovacích příkopů je jejich pravidelné čištění od nánosů a porostů, a to zejména po erozně odtokových epizodách, kdy je třeba v rámci kontrolních prohlídek ověřit míru zanesení sedimenty a zajistit jejich případné odtěžení. Současně je třeba věnovat pozornost souvisejícím objektům, především propustkům a mostkům, a udržovat jejich průtočnost.

Podklady pro návrh opatření

Základní vstupní podklady pro návrh opatření:

- charakter chráněného pozemku; základní hydrologická data; geologické a pedologické poměry; geodetické a mapové podklady; způsob využití řešeného pozemku i pozemků sousedících; územně technické podklady (technická infrastruktura, výskyt melioračních staveb, územně plánovací podklady a dokumentace).

Základní technické normy využitelné pro návrh opatření

- ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy;
- ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy;
- ČSN 75 4210 Hydromeliorace – Odvodňovací kanály;
- ČSN 75 4200 Hydromeliorace – Úprava vodního režimu zemědělských půd odvodněním.

Základní údaje o opatření vzhledem k vazbám na územní jednotky

- název opatření; název vodního útvaru; název kraje; kód a název obce; kód a název katastrálního území; ID půdního bloku.

Základní technické parametry charakterizující navrhované opatření

- návrhový průtok [m^3/s ; QN]; délka příkopu [m]; šířka příkopu ve dně [m]; sklony svahů příkopu [1 : m]; podélný sklon (%); typ opevnění.

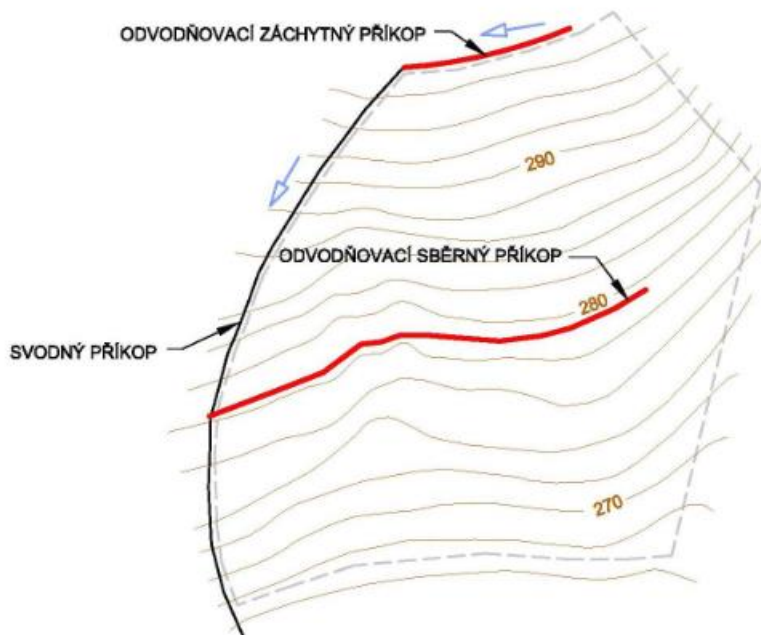
Další potřebné parametry a údaje

- vlastník pozemku; hospodařící subjekt; navrhovatel opatření.

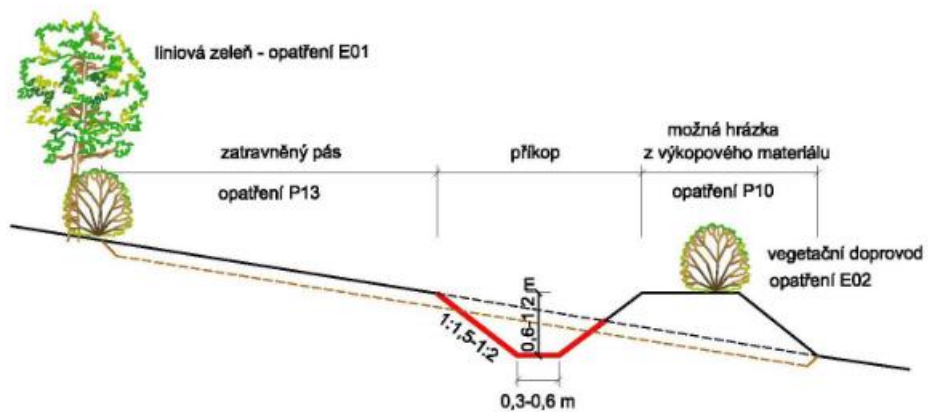
Doporučený (předpokládaný) nositel opatření: Obec, hospodařící subjekt, vlastník pozemku.



SITUATIVNÍ USPOŘÁDÁNÍ:



CHARAKTERISTICKÝ ŘEZ:



Obr. č. 33: schéma opatření



Obr. č. 34: Fotodokumentace opatření, zdroj: spur.cr



5.2. Odváděcí průleh

Popis opatření: Odváděcí průleh je liniový prvek, jehož úkolem je zachytit povrchový odtok a odvést ho mimo chráněnou plochu do recipientu, často do svodného průlehu nebo příkopu. Průlehy se navrhují na pozemcích se sklonem do maximálně 10 %, zpravidla jako zatravněné (mohou být i obdělávatelné), aby byly přejezdné běžnou zemědělskou mechanizací. Součástí průlehu by měl být zatravněný sedimentační pás nad průlehem v šířce minimálně 6 metrů.

Návrh podélného sklonu a příčného profilu průlehu se provádí pomocí hydrologických metod. Podélný sklon a příčný profil určují průtočnou kapacitu průlehu a rychlost proudění, na kterou je třeba posoudit stabilitu dna a svahů. Pokud to umožňuje charakter místního materiálu, sklonové poměry a dimenze příkopu, je preferováno, aby sběrné průlehy byly nezpevněné, což snižuje náklady na realizaci a usnadňuje údržbu. Sklony svahů by neměly překročit 1:5, běžně jsou však navrhovány ještě mírnější (například 1:10), aby byl průleh přejezdný a případně obdělávatelný. Vzhledem k těmto požadavkům je průleh vhodný pro mírnější pozemky se sklonem pod 10 %.

Z hlediska lokalizace jsou průlehy děleny na:

- záchytné – situované nad chráněným pozemkem a zabraňující přítoku vnějších vod,
- sběrné – linie navržené přímo v ploše pozemku za účelem přerušení volné délky povrchového odtoku tak, aby nedocházelo k překročení přípustné ztráty půdy.

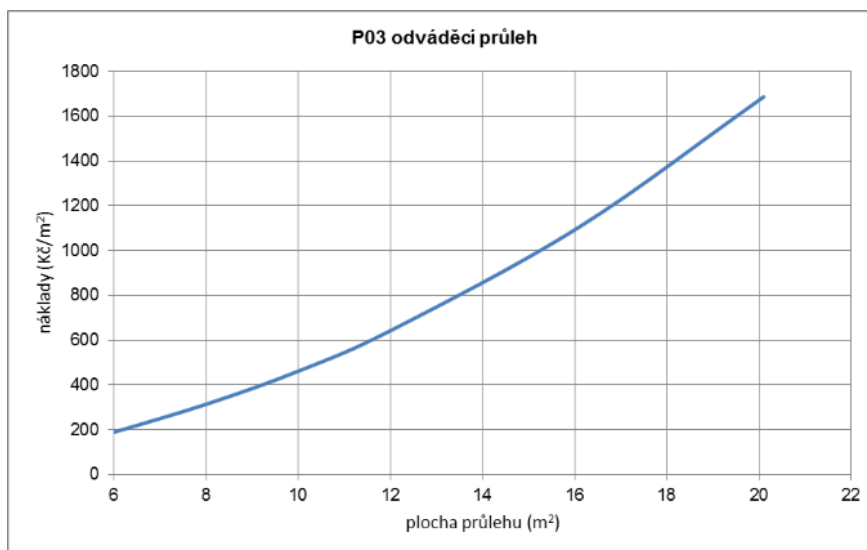
Kombinace s dalšími typy opatření: Nad průlehem je vhodné založit zatravněný pás o šířce minimálně 6 metrů, kde bude docházet k zachycování splavenin nesených odtokem. Pod průlehem se zpravidla buduje ochranná hrázka nebo protierozní mez pro zvýšení retenčního objemu a využití materiálu z výkopu. Sklony svahů hrázky musí být rovněž mírné (maximálně 1:5), aby byla zajištěna jejich přejezdnost. Průleh jako liniový prvek lze využít pro estetické zhodnocení krajiny vegetačními pásy nebo výsadbou vegetace, což zvyšuje ekologickou stabilitu území.

Efekty opatření:

- **Vliv na jakost vody:** Účinnost opatření na jakost vody se vyjadřuje pěti třídami:
 - třída 1: účinnost > 75 %
 - třída 2: účinnost 50–74 %
 - třída 3: účinnost 25–49 %
 - třída 4: účinnost 1–24 %
 - třída 5: účinnost 0 (bez vlivu).
- **Vliv na vodní režim:** Odváděcí průleh ochraňuje zájmový pozemek (v případě záchytného průlehu) nebo zkracuje délku dráhy povrchového odtoku (v případě sběrného průlehu), což snižuje erozi a zabraňuje zanášení vodních toků a nádrží.
- **Ekologické přínosy:** I když samotný odváděcí průleh není primárně ekologickým opatřením, jeho doprovodná opatření, například vegetační pásy nebo liniová výsadba, přispívají k ekologickým přínosům, například tvorbou lokálních biokoridorů.



Analýza realizačních nákladů opatření: Náklady na zřízení průlehu závisí na jeho dimenzích a lze je znázornit graficky podle půdorysné plochy průlehu na 1 metr délky.



Obr. č. 35: realizační náklady opatření

Nároky na údržbu: Údržba průlehu je obdobná jako u jiných vodohospodářských děl. Pravidelně je třeba kontrolovat technický stav průlehu, zejména po erozně-odtokových epizodách, a zajistit údržbu travních porostů a dřevin.

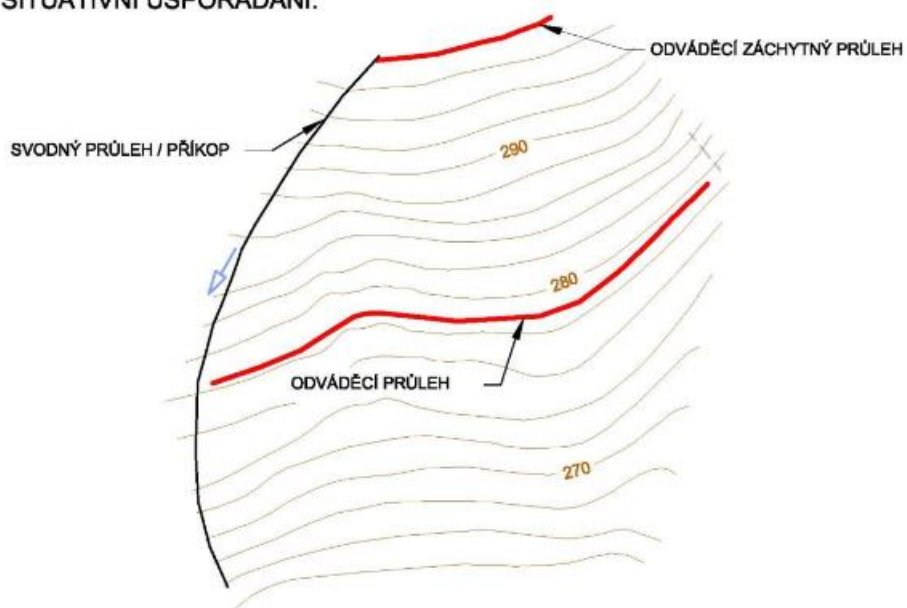
Podklady pro návrh opatření:

- charakter chráněného pozemku,
- hydrologická, geologická a pedologická data,
- geodetické a mapové podklady,
- územně technická dokumentace.

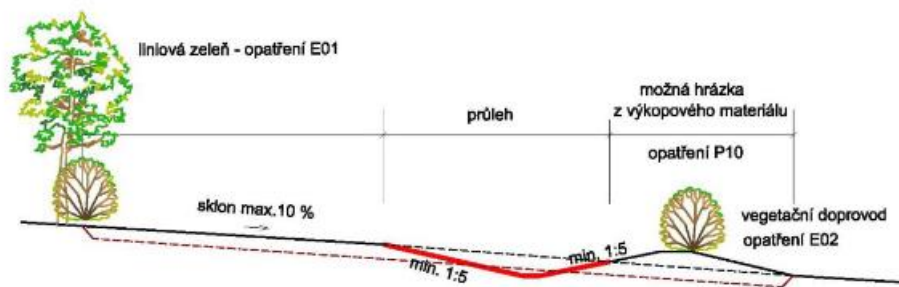
Doporučený nositel opatření: Obec, hospodařící subjekt, vlastník pozemku.



SITUATIVNÍ USPOŘADÁNÍ:



CHARAKTERISTICKÝ ŘEZ:



Obr. č. 36: schéma opatření



Obr. č. 37: fotodokumentace opatření



5.3. Retenční průleh

Popis opatření: Retenční průleh je liniový prvek, jehož úkolem je zachytit povrchový odtok a převést ho na infiltraci, což může výrazně snížit odtok z krajiny a doplnit zásoby podzemní vody. Tyto prvky se navrhují na základě celkového objemu odtoku ze srážky z přilehlých ploch a obvykle mají větší příčný profil než odváděcí prvky. Retenční průleh se zásadně neopevňuje ve dně ani ve svazích, aby si zachoval svou infiltrační funkci. Sklony svahů by neměly přesáhnout 1:5, běžně se navrhují mírnější sklony, například 1:10, aby byl průleh snadno přejezdňý nebo obdělávatelný. Tyto průlehy jsou vhodné na pozemcích se sklonem do 4 %.

Retenční průlehy se navrhují tak, aby ve svém akumulačním prostoru dokázaly zadržet celý objem odtoku z vyšších pozemků při návrhové srážce na období $N=5$, 20 nebo 100 let. Hloubka průlehu se obvykle pohybuje v rozmezí od 0,3 do 1,0 metru. Na vhodných místech musí být retenční průleh vybaven vypouštěcím zařízením s opevněným korunovým přelivem, který je zaústěn do zatravněné údolnice, svodného prvku nebo vodoteče. Retenční průleh se však neumísťuje nad zástavbu nebo infrastrukturu.

Kombinace s dalšími typy opatření: Pod průlehem se často buduje protierozní mez, která zvyšuje retenční kapacitu a zároveň využívá materiál z výkopu. Nad průlehem se zpravidla zakládá zatravněný pás. Na hrázce nebo pod ní lze realizovat vegetační výsadbu, která slouží jako lokální biokoridor.

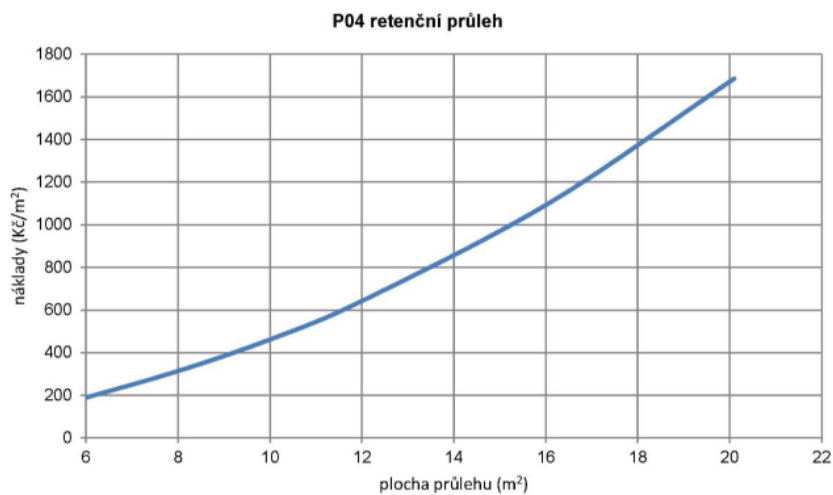
Efekty opatření:

- **Vliv na jakost vody:** Účinnost opatření je vyjádřena ve třídách:
 - třída 1: účinnost > 75 %
 - třída 2: účinnost 50–74 %
 - třída 3: účinnost 25–49 %
 - třída 4: účinnost 1–24 %
 - třída 5: opatření nemá žádný vliv.
- **Vliv na vodní režim:** Retenční průleh zachycuje povrchový odtok a převádí ho na infiltraci, což snižuje povrchový odtok.
- **Vliv na erozi:** Retenční průleh ochraňuje pozemek před erozí (v případě záchytného průlehu) a zkracuje dráhu povrchového odtoku (v případě sběrného průlehu). Opatření také minimalizuje zanášení vodních toků a nádrží splaveninami.

Ekologické přínosy: Samotný retenční průleh nemá výrazný ekologický vliv, ale jeho doprovodná opatření, například vegetační pásy, přispívají k ekologické stabilitě a mohou fungovat jako lokální biokoridory.

Analýza nákladů: Náklady na zřízení retenčního průlehu závisí na jeho dimenzích a jsou uvedeny v závislosti na půdorysné ploše průlehu na 1 metr délky.





Obr. č. 38: realizační náklady opatření

Údržba: Retenční průlehy vyžadují pravidelnou kontrolu technického stavu, zejména po povodňových epizodách. Měla by být prováděna údržba travních porostů, dřevinného doprovodu a pravidelné odstraňování sedimentů.

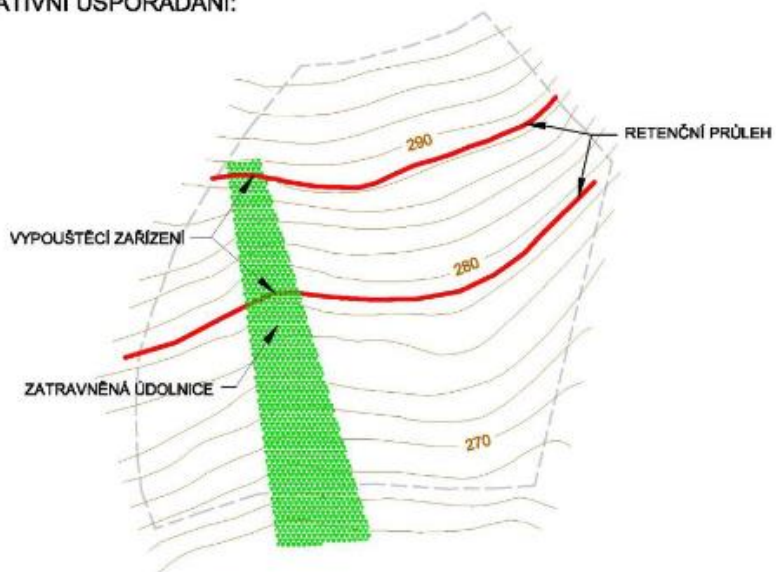
Podklady pro návrh opatření:

- charakter chráněného pozemku,
- hydrologická, geologická a pedologická data,
- geodetické a mapové podklady,
- územně technické podklady a dokumentace.

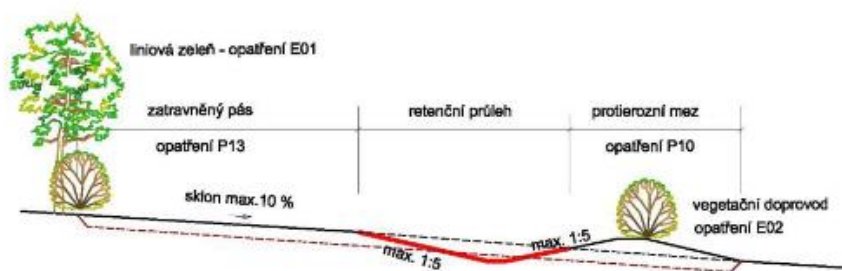
Doporučený nositel opatření: Obec, hospodařící subjekt, vlastník pozemku.



SITUATIVNÍ USPOŘADÁNÍ:



CHARAKTERISTICKÝ ŘEZ:



Obr. č. 39: schéma opatření



Obr. č. 40: fotodokumentace opatření



5.4. Ochranná hrázka

Popis opatření: Ochranné hrázky se používají buď ve spojení se záchytným příkopem nebo průlehem, kdy plní funkci protierozní meze, nebo samostatně jako ochranné hrázky, které chrání konkrétní lokalitu, často zastavěné území, před povrchovým odtokem z výše položených pozemků. Hrázka se v takovém případě buduje při dolním okraji pozemku a její trasa je vedena po vrstevnici s mírným odklonem, bez vzniku bezodtokových míst. Hrázky mají zemní těleso lichoběžníkového tvaru a jsou stabilizovány zatravněním. Pokud může dojít k zatopení návodního líce hrázky, musí být hrázka stabilizována tak, aby zůstala odolná, tedy s požadovaným stupněm zhutnění a vedením podélného profilu koruny hrázky bez lokálních depresí, které by mohly vést k soustředěnému přelití.

Hrázky mohou být přejezdné i nepřejezdné. Přejezdné hrázky mají maximální sklon svahů 1:5, ideálně 1:10. Korunu hrázky je možné ozelenit vegetací, čímž v krajině vzniká zajímavý ekologický prvek.

V zahraničí, především v USA, se hrázky navrhují i v ploše pozemku, kde fungují jako alternativa ke sběrnému nebo svodnému příkopu a přerušují volnou délku svahu. Jako další variantou jsou vsakovací hrázky, které jsou přísně orientovány po vrstevnici a zadržují povrchově odtékající vodu. Tyto hrázky bývají vybaveny vypouštěcím zařízením, jako je spadišťová šachta, která omezuje výšku hladiny. Tato řešení rovněž umožňují navyšování šachty současně s korunou hrázky, což pomáhá přizpůsobovat hrázku nánosům erozního sedimentu.

Kombinace s dalšími typy opatření: Protierozní hrázka může být kombinována s příkopem nebo průlehem. Nad vsakovací hrázkou je doporučeno umístit zatravněný pás. Korunu hrázky je možné ozelenit a využít ji pro zlepšení estetického a ekologického potenciálu krajiny.

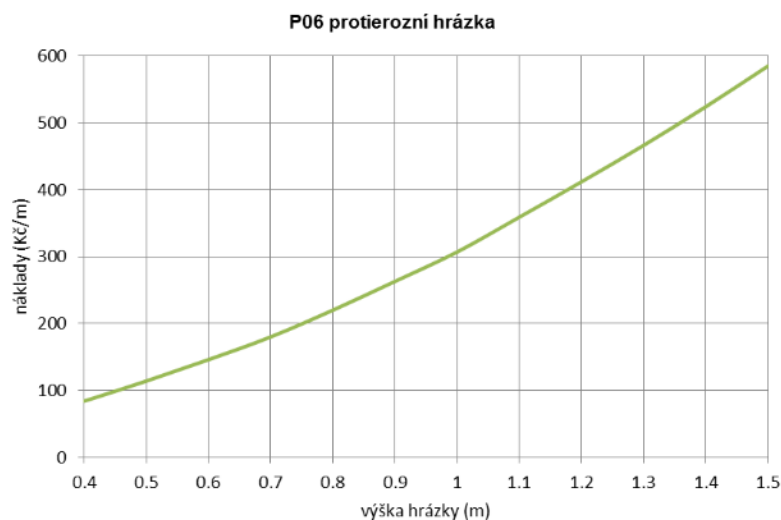
Efekty opatření:

- **Vliv na jakost vody:** Účinnost opatření na jakost vody pro různé látky je vyjádřena v pěti třídách, přičemž účinnost je v tomto případě nízká.
- **Vliv na vodní režim:** Vsakovací protierozní hrázky regulují odtok z malých povodí na neškodný odtok a umožňují část odtoku infiltrovat do půdy. Pokud jsou umístěny v ploše pozemku, zkracují volnou délku svahu a snižují erozi.
- **Vliv na povrchovou erozi:** Protierozní hrázky snižují přísun splavenin do chráněného území, což zajišťuje lokální efekt.

Ekologické přínosy: Protierozní hrázka může být osázena vegetací, čímž se zvyšuje její ekologický přínos a vytváří krajinnotvorný prvek.

Analýza nákladů na realizaci: Náklady na vybudování hrázky závisí na jejích rozměrech a jsou znázorněny na grafu v závislosti na ploše příčného profilu hrázky na 1 metr délky.





Obr. č. 41: realizační náklady opatření

Údržba: Údržba zahrnuje pravidelné sečení v případě zatravnění (dvakrát ročně) a kontrolu stavu hrázky a jejího opevnění, zejména po větších průtocích.

Podklady pro návrh opatření:

- charakter chráněného pozemku nebo lokality,
- hydrologická data,
- geologické a pedologické poměry,
- geodetické podklady,
- územně technické podklady.

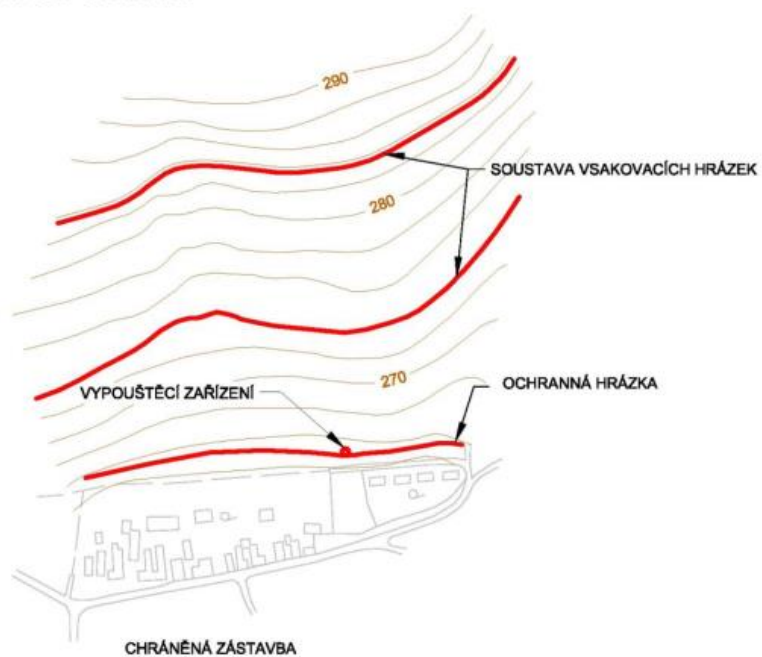
Technické normy pro návrh opatření:

- ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy,
- ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy.

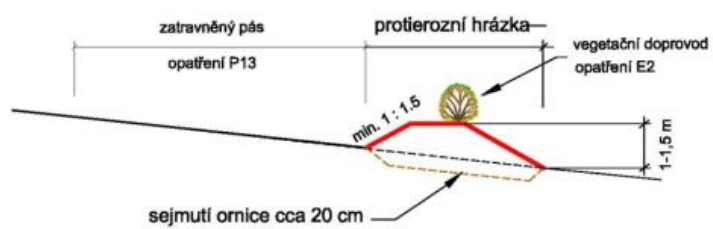
Doporučený nositel opatření: Obec, hospodařící subjekt, vlastník pozemku.



SITUATIVNÍ USPOŘÁDÁNÍ:



CHARAKTERISTICKÝ ŘEZ:



Obr. č. 42: schéma opatření



Obr. č. 43: fotodokumentace opatření



5.5. Suchá nádrž

Popis opatření: Primárním účelem suché nádrže je zachycení objemu povodňové vlny při přívalových srážkách a snížení průtoku na tzv. neškodný odtok, který je stanoven na základě posouzení kritických míst v zastavěném území, které nádrž chrání. Její parametry musí splňovat požadavky norem na malé vodní a suché nádrže, včetně dostatečné ochrany intravilánu, obvykle na srážky s opakováním 20 až 50 let, v odůvodněných případech až 100 let. Většina nádrží je průtočná, méně často boční. Suchá nádrž zachycuje část hrubších splavenin během extrémních srážkových a erozních událostí.

Plocha zátopy je při běžných průtocích obvykle využívána zemědělsky, např. jako louky či pastviny. Objem nádrže je určován morfologií území nebo limitující zástavbou či technickou infrastrukturou. Suchá nádrž může mít malý objem stálého nadržení, který funguje jako lokální biocentrum nebo umělý mokřad, aniž by výrazně ovlivnil celkový objem nádrže.

Klíčovými prvky nádrže jsou hráz a výpustná zařízení (výpustě a bezpečnostní přeliv). Návrh vodohospodářského řešení se provádí podle ČSN 73 6815, přičemž je nutné prokázat bezpečnost díla během povodní a transformaci N-letých průtoků. Návrh výpustných zařízení se řídí ČSN 75 2410 a je doporučeno navrhovat zařízení bez potřeby obsluhy, tedy bez pohyblivých částí. Každá nádrž musí mít vyřešené převádění velkých vod, a ve výjimečných případech lze u hrází nižších než 5 m nahradit bezpečnostní přeliv převáděním povodňových průtoků přes korunu hráze. V takovém případě musí být koruna a vzdušní líc hráze opevněny proti poškození přepadávající vodou.

Kombinace s dalšími typy opatření: Suché nádrže jsou často závěrečným prvkem systémů protipovodňové a protierozní ochrany a jsou kombinovány s dalšími prvky, například v rámci společných zařízení komplexních pozemkových úprav.

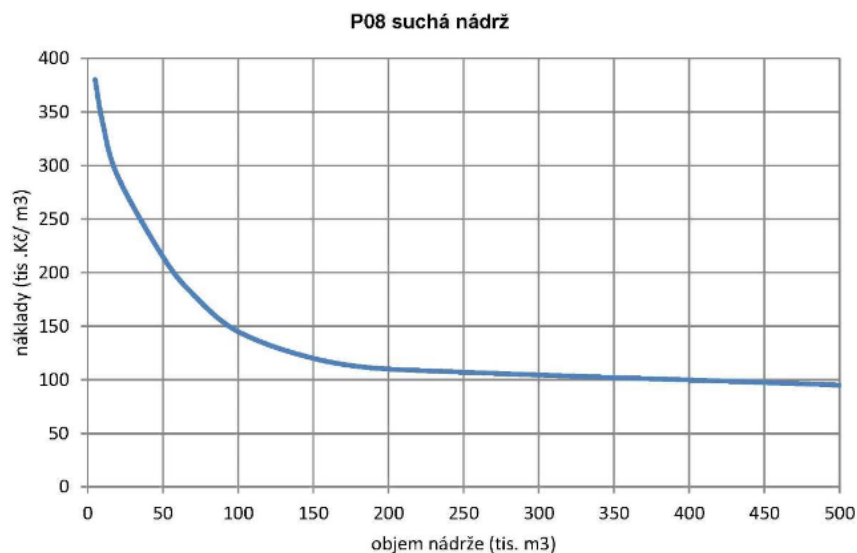
Efekty opatření:

- **Vliv na jakost vody:** Účinnost opatření na jakost vody je vyjádřena pěti třídami, které vyjadřují účinnost při zachytu různých látek.
- **Vliv na vodní režim:** Suchá nádrž zadržuje celý objem povodňového odtoku a vypouští ho postupně, čímž významně ovlivňuje množství povrchové vody.
- **Vliv na povrchovou erozi:** Suchá nádrž zabraňuje odnosu sedimentů ze svého povodí, avšak přímo v ploše povodí erozi neovlivňuje.

Ekologické přínosy: Voda zadržaná v nádrži podporuje infiltrační procesy v podloží, zvyšuje výpar a upravuje mikroklima. Voda postupně vypouštěná pod hráz zlepšuje průtoky ve vodních tocích a transformace odtoku zvyšuje podíl vod infiltrovaných do břehů a podloží. V případě stálého nadržení vzniká lokální biocentrum, které přispívá k biodiverzitě.

Analýza nákladů na realizaci: Náklady na výstavbu suché nádrže se odvíjejí od její velikosti a jsou znázorněny v grafu závislosti na ploše objemu nádrže. Pro hráz se většinou používá místní materiál, například ze samotného výkopu nádrže.





Obr. č. 44: realizační náklady opatření

Nároky na údržbu: Provoz nádrže vyžaduje pravidelné kontroly hráze a výpustných zařízení, zejména po povodních. Je nutné odstraňovat nánosy a udržovat vegetační kryt. Všechny údržbové činnosti jsou stanoveny provozním a případně manipulačním řádem.

Podklady pro návrh opatření:

- základní hydrologická data,
- geologické a pedologické poměry,
- geodetické podklady,
- územně technické podklady,
- posouzení vlivu nádrže na životní prostředí (pokud objem nádrže přesahuje 100 000 m³ nebo výška hráze přesahuje 10 m),
- kategorizace vodního díla.

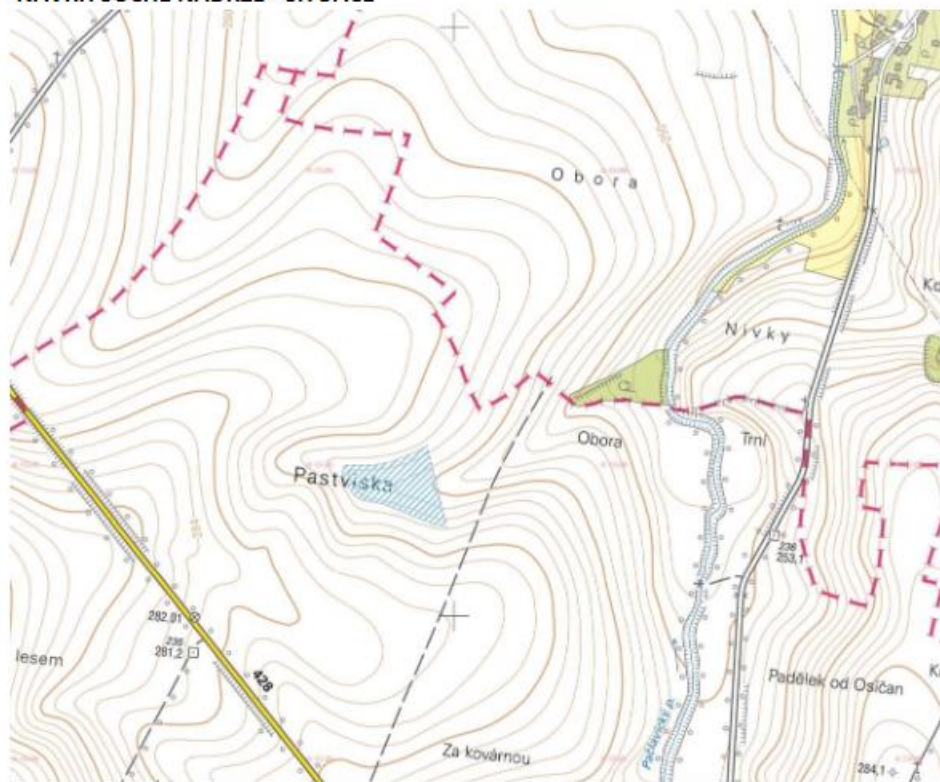
Technické normy využitelné pro návrh opatření:

- ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy,
- ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy,
- ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže,
- ČSN 75 2415 Suché nádrže,
- ČSN 73 6815 Vodohospodářská řešení vodních nádrží.

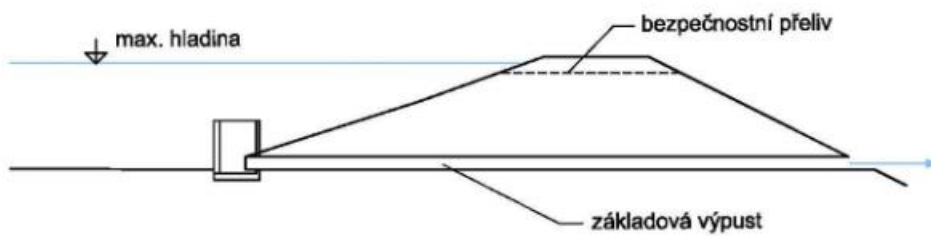
Doporučený nositel opatření: Obec, hospodařící subjekt, vlastník pozemku.



NÁVRH SUCHÉ NÁDRŽE - SITUACE



CHARAKTERISTICKÝ ŘEZ HRÁZÍ



Obr. č. 45: schéma opatření



Obr. č. 46: fotodokumentace opatření



5.6. Polní cesta s protierozní funkcí

Popis opatření: Hlavním a historicky daným účelem polních cest je propojení sídelních oblastí a zpřístupnění obhospodařovaných pozemků, avšak polní cesty mohou plnit i mnoho dalších funkcí. Polní cesta s protierozní funkcí představuje kombinovaný typ opatření, kdy místní komunikace je vedena přibližně ve vrstevnicovém směru a umístěna tam, kde je třeba přerušit příliš dlouhý a erozně ohrožený svah. Na straně proti svahu by měla být doplněna o příkop nebo průleh, jejichž funkcí je nejen odvodnění komunikace, ale i zachycení povrchového odtoku z výše ležících pozemků. Příkop musí splňovat jak parametry protierozního, tak cestního příkopu.

Z hlediska omezení využívání pozemku je tento typ opatření minimálně invazivní, neboť zajišťuje pohodlný přístup na přilehlé pozemky. Je však nutné vybudovat sjezdy z cesty na vhodných místech.

Polní cesty s protierozní funkcí jsou typem opatření, které je pravděpodobně realizováno v rámci komplexních pozemkových úprav.

Kombinace s dalšími typy opatření: Polní cesty jsou obvykle doprovázeny liniovými odváděcími prvky, jako jsou odvodňovací příkop, odváděcí průleh, a zatravněné pásy. Cesty mohou být také součástí estetické úpravy krajiny, například výsadbou vegetace a začleněním do ekologických systémů stability.

Efekty opatření:

- **Vliv na jakost vody:** Opatření může mít různé účinky na jakost vody, podle typu znečišťujících látek.
- **Vliv na vodní režim:** Polní cesty v kombinaci s dalšími prvky protierozní ochrany mohou mírně zrychlit odtok, což lze kompenzovat svodnými příkopy.
- **Vliv na povrchovou erozi:** Dobře navržená síť polních cest, doplněná o záchytné příkopy a zatravněné pásy, rozděluje velké půdní bloky a omezuje erozi zachycením transportovaných částic krátce po jejich odtoku.

Ekologické přínosy: Polní cesta s protierozní funkcí může být doprovázena vegetací a dalšími krajinnými prvky, které tvoří součást ekologické kostry krajiny.

Analýza nákladů na realizaci: Náklady na zřízení polní cesty bez odvodňovacích prvků lze orientačně odhadnout podle kategorie:

- hlavní polní cesta: 2500 Kč/m,
- vedlejší polní cesta: 1870 Kč/m.

Nároky na údržbu: Údržba polních cest zahrnuje opravy povrchu komunikace v závislosti na jeho typu, pravidelnou údržbu objektů, jako jsou příkopy a sjezdy, a kontrolu jejich stavu po větších srážkách.

Podklady pro návrh opatření:

- analýza dostupnosti pozemků z hlediska majetkových vztahů, geologické a pedologické poměry, geodetické a mapové podklady, způsob využití pozemků a sousedních parcel, územně technické podklady.



Technické normy využitelné pro návrh opatření:

- ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy,
- ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy,
- ČSN 73 6109 Projektování polních cest.

Základní údaje o opatření vzhledem k územním jednotkám:

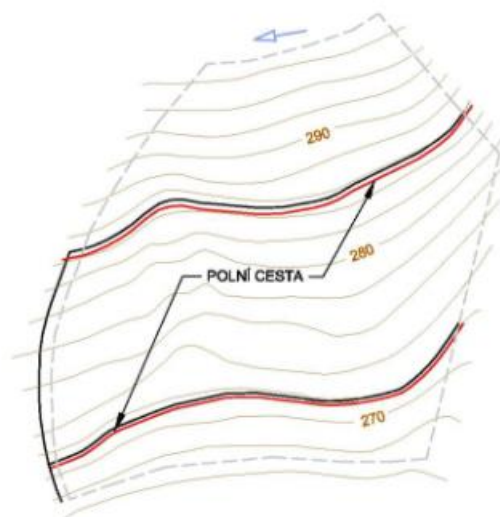
- název opatření, název vodního útvaru, název kraje, kód a název obce, kód a název katastrálního území.

Technické parametry opatření:

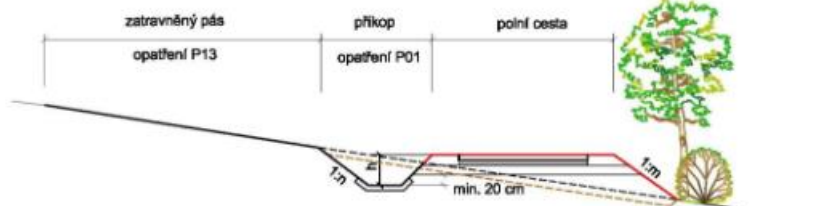
- délka cesty [m], šířka vozovky a krajnic [m], typ povrchu, podélný sklon (%), doprovodné objekty.

Doporučený nositel opatření: Obec, hospodařící subjekt, vlastník pozemku.

SITUATIVNÍ USPOŘÁDÁNÍ:



CHARAKTERISTICKÝ ŘEZ:



POZNÁMKA:

návrhové parametry polní cesty a krajnice dle návrhové kategorie
podélný sklon cesty max. 10%

Obr. č. 47: schéma opatření





Obr. č. 48: fotodokumentace opatření

5.7. Zatravnění údolnice

Popis opatření: Zatravnění údolnice patří mezi nejjednodušší technická protierozní opatření. Prioritním cílem tohoto opatření je zajistit stabilitu dráhy soustředěného povrchového odtoku a zabránit vzniku rýhové eroze a následnému odnosu zeminy do vodních toků. Dobře utvářený travní drn odolává vysokým rychlostem proudící vody, čímž redukuje odnos půdních částic z pozemku. Zároveň zachycuje splaveniny unášené vodou z výše položených zemědělských pozemků a zpomaluje proud vody. Travní porost tímto napomáhá zadržení plošného znečištění, včetně dusíku a fosforu, ze zemědělských ploch.

K identifikaci drah soustředěného odtoku je možné využít analýzu mapových podkladů či digitální model terénu v prostředí GIS. Výsledky analýz je vhodné ověřit v terénu. Stabilitu těchto drah je nezbytné posuzovat hydraulickými výpočty, především na kritickou rychlost a tečné napětí. Pokud není údolnice jasně definována, lze ji upravit do požadovaného příčného profilu, nejčastěji parabolického či lichoběžníkového tvaru.

V návrhu je nutné definovat šířku zatravnění údolnice na základě hydrotechnických výpočtů, zjištěných kulminačních průtoků a podélného sklonu údolnice. V některých případech je nutné tvar údolnice upravit nebo opevnit dno např. kamenným záhozem. Významný vliv na odolnost zatravnění mají i zvolené druhy trav. Často jsou využívány směsi obsahující kostřavu luční, kostřavu červenou, lipnici luční a jilek vytrvalý.

Kombinace s dalšími typy opatření: Podél travního pásu je vhodné vysázet vegetaci, ale pouze solitérní stromy bez pásu křovin, aby byla možná údržba zatravněné údolnice. Pro snížení rychlostí v údolnicích s větším podélným sklonem lze navrhnout sedimentační nádrže, které v tomto případě plní funkci retenčních přehrážek.



Efekty opatření:

- **Vliv na jakost vody:** Opatření má příznivý vliv na jakost vody pro řadu látek, jako jsou dusík, fosfor, pesticidy, a zvyšuje retenční schopnost údolnice.
- **Vliv na vodní režim:** Zatravněná údolnice s dobře zapojeným drnem snižuje rychlost vody a pokud je doplněna retenčními přehrážkami, umožňuje část odtoku vsakovat.
- **Vliv na povrchovou erozi:** Zatravněná údolnice bezpečně odvádí povrchový odtok bez projevů eroze, čímž snižuje erozi a transport sedimentů.

Ekologické přínosy: Údolnice lze využít k diverzifikaci krajiny výsadbou vegetace podél travního pásu, což podporuje ekologické funkce krajiny.

Analýza realizačních nákladů opatření: Náklady na zatravnění se obvykle pohybují kolem 80 000 Kč/ha.

Nároky na údržbu: Pro zajištění správné funkce údolnice je nutná pravidelná údržba hranice mezi ornou půdou a travním porostem, podobně jako u jiných zatravněných pozemků (pravidelná seč, odstraňování biomasy, hnojení).

Podklady pro návrh opatření:

- charakter chráněného pozemku, geologické a pedologické poměry, geodetické a mapové podklady, biologické hodnocení, způsob využití pozemku i sousedících pozemků.

Technické normy využitelné pro návrh opatření:

- EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí,
- ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy,
- ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy.

Základní technické parametry opatření:

- šířka údolnice [m], délka údolnice [m], typ opevnění, plocha terasovaného pozemku.

Doporučený nositel opatření: Obec, hospodařící subjekt, vlastník pozemku.



CHARAKTERISTICKÉ ŘEZY:

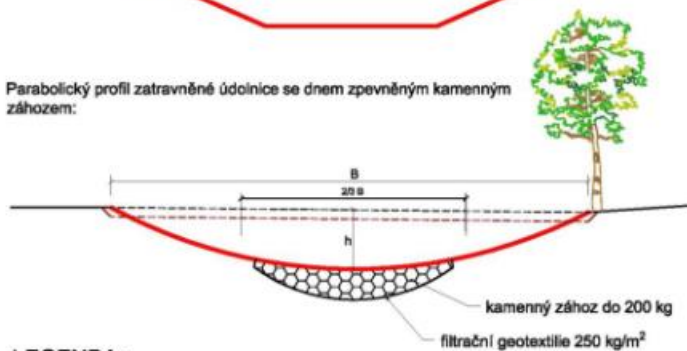
Parabolický profil zatravněné údolnice:



Lichoběžníkový profil zatravněné údolnice:



Parabolický profil zatravněné údolnice se dnem zpevněným kamenným záhozem:



LEGENDA:

B - šířka profilu při hloubce h
b - šířka profilu ve dně (opevnění)

Obr. č. 49: schéma opatření



Obr. č. 50: fotodokumentace opatření



5.8. Zatravněný pás

Popis opatření: Zatravněný pás je zpravidla navrhován nad liniovými prvky zachycujícími erozní odtok z pozemků s cílem zachytit splaveniny nesené odtokem. Minimální šířka pásu by měla být 5, lépe 6 m. Pro udržení maximální drsnosti je nezbytné pravidelné sečení, a proto není vhodné sázet stromy uvnitř pásu, neboť pod nimi nelze udržovat kvalitní travní porost. V případě kombinace příkopu se zelení je vhodné výsadbu provádět na okraji zatravněného pásu.

Na erozně ohrožených pozemcích, které se nacházejí v blízkosti vodních toků, by měly být aplikovány ochranné zasakovací pásy o šířce 20 m. Tyto pásy mají funkci převádění části vody z přilehlého pozemku na infiltraci, čímž podporují retenci území a chrání jakost vody v toku před přímým vniknutím znečišťujících látek.

Zatravněné pásy se zasakovací funkcí mohou být zakládány i samostatně za účelem přerušení dráhy povrchového odtoku, zachycení půdního smyvu a převedení povrchového odtoku na podpovrchový. Pro zatravnění se nejčastěji používají směsi obsahující kostřavu luční, kostřavu červenou, lipnici luční a jílek vytrvalý.

Kombinace s dalšími typy opatření: Zatravněný pás je vhodné umístit nad odvodňovacími příkopy, průlehy a polními cestami, tedy všude tam, kde je potřeba zachytit splaveniny nesené odtokem z výše ležících pozemků.

Efekty opatření:

- **Vliv na jakost vody:** Opatření má příznivý vliv na jakost vody pro látky jako dusík, fosfor a pesticidy.
- **Vliv na vodní režim:** Zatravněný pás nad příkopem či polní cestou snižuje rychlost odtoku a podporuje vsakování. Zasakovací pásy mají významný vliv na snížení povrchového odtoku.
- **Vliv na povrchovou erozi:** Zachycují splaveniny a přerušují dráhu povrchového odtoku, čímž výrazně omezují erozi, zejména v blízkosti vodních toků a nádrží.

Ekologické přínosy: Zatravněné pásy zvyšují diverzitu a ekologickou stabilitu krajiny, zvláště pokud jsou doprovázeny vegetací.

Analýza realizačních nákladů opatření: Náklady na zatravnění se pohybují kolem 80 000 Kč/ha.

Nároky na údržbu: Pro správnou funkci je nutné pravidelné sečení travního porostu a údržba hranice mezi ornou půdou a drnem.

Podklady pro návrh opatření:

- charakter chráněného pozemku, geologické, hydrogeologické a pedologické poměry, geodetické a mapové podklady, biologické hodnocení, způsob využití pozemku i sousedících ploch.

Technické normy využitelné pro návrh opatření:

- ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy,



- ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy.

Základní technické parametry opatření:

- šířka údolnice [m], délka údolnice [m], typ opevnění, plocha terasovaného pozemku.

Doporučený nositel opatření: Obec, hospodařící subjekt, vlastník pozemku.



Obr. č. 51: fotodokumentace opatření

5.9. Propustek

Popis opatření:

Propustek pod komunikací je technický prvek, který umožňuje přirozený tok vody přes dopravní nebo polní komunikace bez narušení její integrity. Primární funkcí propustku je zajištění kontinuity povrchového odtoku nebo malých vodotečí v případech, kdy je trasa komunikace umístěna nad těmito vodními prvky. Propustky se obvykle navrhují jako uzavřené průtokové kanály, nejčastěji ve tvaru kruhového, obdélníkového nebo lichoběžníkového profilu, dimenzované na průtok vody při návrhové srážce.

Propustky jsou navrhovány tak, aby odváděly přirozené i přívalové vody z vyšších částí povodí, a tím bránily erozi a případnému zaplavení komunikace. Pro správnou funkci musí být zajištěn dostatečný spád a volný průtok, který zajistí odvod vody i při extrémních deštích. V závislosti na sklonu a typu terénu lze propustky umístit kolmo nebo šikmo k ose komunikace.

Materiálové provedení propustku může být různé – používají se betonové trubky, ocelové, plastové prvky nebo kamenné konstrukce. Při výběru materiálu je třeba zohlednit očekávané zatížení a odtokové poměry.

Kombinace s dalšími typy opatření: Propustky jsou často kombinovány s odvodňovacími příkopy nebo průlehy (viz popisy těchto opatření), které zajišťují přívod vody do propustku a zároveň regulují její množství. Nad propustkem je vhodné navrhnout zatravněné pásy nebo vegetační doprovod, který zvyšuje estetickou a ekologickou hodnotu prostoru kolem komunikace a zachycuje splaveniny.



Efekty opatření:

- **Vliv na jakost vody:** Propustek nemá přímý vliv na jakost vody, jeho účelem je zajištění přirozeného toku.
- **Vliv na vodní režim:** Propustek umožňuje efektivní odvod povrchových vod pod komunikací, což zajišťuje, že voda nepoškodí cestní infrastrukturu a odvede ji do přirozeného koryta nebo do retenčního prostoru. Vliv na množství odtoku je tedy zásadní, zejména v přívalových deštích.
- **Vliv na povrchovou erozi:** Správně dimenzovaný propustek snižuje riziko povrchové eroze tím, že zabraňuje akumulaci a stagnaci vody nad komunikací. Je klíčový pro odvodnění a ochranu přilehlých pozemků.

Ekologické přínosy: Propustek pod komunikací podporuje průtok vody a může být doplněn vegetačními opatřeními, čímž přispívá k zadržování sedimentů a zachycení splavenin. Tímto způsobem může napomoci k ochraně přirozených vodních toků a zlepšení ekologické stability krajiny.

Analýza realizačních nákladů opatření: Náklady na zřízení propustku závisí na jeho rozměrech, materiálu a délce. Náklady na standardní kruhový betonový propustek lze odhadnout na základě běžných stavebních projektů.

Nároky na údržbu: Údržba propustků zahrnuje pravidelnou kontrolu průtočnosti a odstraňování nánosů sedimentů, které by mohly omezit odtok vody. Po větších dešťových událostech je třeba prověřit stav propustku a případně provést opravy nebo odstranění nežádoucích předmětů, které by mohly blokovat průtok vody.

Podklady pro návrh opatření:

- geodetické a mapové podklady, hydrologická data, pedologické a geologické poměry, technická infrastruktura a zástavba, technické normy a místní stavební předpisy.

Technické normy využitelné pro návrh opatření:

- ČSN 75 2410 – Malé vodní nádrže,
- ČSN 73 6109 – Projektování polních cest.

Základní technické parametry opatření:

- průměr propustku [m], délka propustku [m], sklon propustku [%], kapacita průtoku [m^3/s].

Doporučený nositel opatření: Obec, správce komunikace, vlastník pozemku, stavební subjekt.



Obr. č. 52: fotodokumentace opatření



5.10. Snížení komunikace

Popis opatření: Snížení komunikace je opatření, jehož cílem je řízené snížení výškové úrovně silniční nebo polní komunikace, aby se zajistilo přirozené a efektivní odvedení povrchového odtoku z přilehlých ploch a snížilo riziko vodní eroze. Toto opatření se aplikuje zejména v případech, kdy komunikace blokuje přirozený tok vody nebo kde může docházet k jejímu zaplavování a erozi povrchu.

Snížení komunikace se obvykle provádí v úsecích, kde je nezbytné přerušit dlouhé, erozně ohrožené svahy nebo kde se v minulosti kumulovaly problémy s nadměrným povrchovým odtokem. Komunikace je snížena na úroveň, která umožní volný průtok vody z přilehlých pozemků. Důležitým aspektem tohoto opatření je zajištění, že snížená část komunikace zůstane bezpečně průjezdná a bude navržena tak, aby se minimalizovalo riziko vzniku rýhové eroze či zaplavení. Materiál povrchu komunikace musí být dostatečně odolný vůči erozi a vodním proudům.

Snížení komunikace je doplněno vhodnými prvky pro regulaci odtoku vody, jako jsou záchytné příkopy, vsakovací pásy nebo příčné svodnice. Povrch komunikace je navržen tak, aby nedocházelo k rychlému odplavování vody po celé její délce.

Kombinace s dalšími typy opatření: Snížení komunikace je často kombinováno s dalšími liniovými prvky, jako jsou odvodňovací příkopy a průlehy, které odvádějí přebytečnou vodu do recipientů. Podél snížené komunikace mohou být navrženy zatravněné pásy, které zachytávají splaveniny a snižují rychlost povrchového odtoku. Doplnění o vegetační prvky zvyšuje retenční kapacitu a přispívá k ekologické stabilitě krajiny.

Efekty opatření:

- **Vliv na jakost vody:** Snížení komunikace samo o sobě nemá zásadní přímý vliv na jakost vody, avšak v kombinaci s dalšími prvky může napomoci snížení splavování znečišťujících látek.
- **Vliv na vodní režim:** Opatření umožňuje lepší odtok vody z přilehlých pozemků a snižuje riziko zaplavení komunikace. Tím se přirozeně zlepšuje odtokové hospodaření v krajině.
- **Vliv na povrchovou erozi:** Snížení komunikace významně přispívá k ochraně před vodní erozí. Správné umístění a navržení snížené komunikace vede k účinnému přerušení dlouhých svahů a zabraňuje kumulaci vody na nevhodných místech, což přispívá k ochraně povrchu a k zajištění stability komunikace.

Ekologické přínosy: Snížení komunikace může být doplněno vegetačními prvky, jako jsou zatravněné pásy nebo lokální výsadba, což zvyšuje diverzitu krajiny a přispívá k ekologické stabilitě. Vegetace zároveň snižuje riziko erozi a pomáhá zadržet vodu.

Analýza realizačních nákladů opatření: Náklady na snížení komunikace závisí na rozsahu a typu komunikace, použitém materiálu a potřebě dalších opatření, jako jsou příkopy, propustky nebo drenáže. Cena může být navýšena při aplikaci odolnějších materiálů, které zajišťují delší životnost snížené části komunikace.

Nároky na údržbu: Údržba snížené komunikace zahrnuje pravidelnou kontrolu odvodňovacích prvků, aby byla zajištěna jejich funkčnost, a dále údržbu povrchu komunikace, aby



se zabránilo erozi nebo poškození. Pravidelné prohlídky po přívaleových deštích jsou nezbytné, zejména v místech se zvýšeným rizikem zanášení propustků nebo příkopů.

Podklady pro návrh opatření:

- Geodetické a hydrologické podklady, Technické normy a předpisy, Informace o povodňových rizicích a erozních procesech v lokalitě, Podklady o druzích komunikací a jejich plánování v místní oblasti.

Technické normy využitelné pro návrh opatření:

- ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy,
- ČSN 73 6109 Projektování polních cest.

Základní technické parametry charakterizující opatření:

- Hloubka snížení komunikace [m], Délka sníženého úseku [m], Typ povrchu a konstrukční úpravy, Průtok vody po komunikaci [m^3/s].

Doporučený nositel opatření: Obec, správce komunikace, hospodařící subjekt, vlastník pozemku.



Obr. č. 53: fotodokumentace opatření

5.11. Liniová zeleň

Popis opatření: Liniová zeleň doprovází přirozené nebo umělé liniové prvky, jako jsou vodoteče, cesty a hrázky. Jde o významný krajinný prvek, který má estetickou funkci a přispívá k charakteru a celkovému vzhledu krajiny. Druhá skladba výsadeb by měla odpovídat vegetačnímu stupni a regionálním tradicím. Stromy se vysazují v odstupu přiměřeném velikosti jejich koruny v dospělosti, obvykle se vzdáleností mezi stromy 10 m pro stromy se středně širokou nebo malou korunou.

Kombinace s dalšími typy opatření: Liniová zeleň se často využívá ve spojení s protierozními opatřeními, jako jsou odvodňovací příkopy, průlehy, polní cesty a ochranné hrázky.



Efekty opatření:

- **Vliv na jakost vody:** Vliv opatření na jakost vody je hodnocen v pěti třídách účinnosti:
 - třída 1: účinnost > 75 %
 - třída 2: účinnost 50 - 74 %
 - třída 3: účinnost 25 – 49 %
 - třída 4: účinnost 1 – 24 %
 - třída 5: účinnost 0 (opatření nemá žádný vliv)
- **Vliv na množství odtoku povrchové vody:** Liniová zeleň mírně zpomaluje odtok srážkové vody, ale její celkový vliv na množství povrchového odtoku je zanedbatelný.
- **Vliv na povrchovou erozi půdy:** Liniová zeleň přímo neovlivňuje povrchovou erozi půdy, ale může sloužit jako doplňující opatření pro stabilizaci krajiny.

Ekologické přínosy: Liniová zeleň může být zapojena do územního systému ekologické stability a stát se součástí biokoridorů, čímž přispívá ke zvýšení biodiverzity v krajině.

Analýza realizačních nákladů opatření: Náklady na výsadbu jednoho stromku se odhadují na 1500 Kč, což zahrnuje cenu sazenice, výsadbu a mechanickou ochranu proti škůdcům. Cena za 1 m liniové zeleně je přibližně 150 Kč/m.

Nároky na údržbu: V prvních třech až čtyřech letech po výsadbě je nutné udržovat plochu kolem každého stromu bez konkurujících rostlin. Pravidelně je třeba plochu okopávat a přihnojovat, aby se sazenice dobře ujaly.

Podklady pro návrh opatření:

- Charakter chráněného pozemku, Hydrologická data, geologické a pedologické poměry, Geodetické a mapové podklady, Územně technické podklady (infrastruktura, meliorace apod.)

Technické normy využitelné pro návrh opatření:

- ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy
- ČSN 46 4902 Výpěstky okrasných dřevin – Společná a základní ustanovení
- ČSN 83 7005 Ochrana přírody – Krajiny – Termíny a definice

Základní údaje o opatření:

- Druh a počet sazenic, Spon výsadby (vzdálenost mezi stromy), Celková délka linie výsadby

Doporučený nositel opatření: Obec, hospodařící subjekt, vlastník pozemku.





Obr. č. 54: fotodokumentace opatření

5.12. Vegetační doprovod

Popis opatření: Vegetační doprovod je tvořen dřevinným porostem, jehož hlavní funkce je krajinotvorná, bioklimatická a estetická. Druhá skladba výsadby by měla odpovídat vegetačnímu stupni a regionálním tradicím. Vzdálenost výsadby stromů se volí v rozmezí 2 – 4 m, keřů 0,5 – 1 m. Vegetační doprovod vytváří nepravidelné skupiny stromů a keřů, přičemž mezery mezi skupinami mohou být vyplněny soliterními stromy nebo dalšími keři. Vzhledem k historickým tradicím lze podél polních cest zařadit do výsadby i ovocné stromy.

Kombinace s dalšími typy opatření: Vegetační doprovod je často navrhován podél liniových protierozních opatření, jako jsou příkopy, průlehy, polní cesty a hrázky.

Efekty opatření:

- **Vliv na jakost vody:** Vliv opatření na jakost vody je hodnocen v pěti třídách účinnosti:
 - třída 1: účinnost > 75 %
 - třída 2: účinnost 50 - 74 %
 - třída 3: účinnost 25 – 49 %
 - třída 4: účinnost 1 – 24 %
 - třída 5: účinnost 0 (opatření nemá žádný vliv)
- **Vliv na množství odtoku povrchové vody:** Stromy částečně zpomalují odtok srážkové vody, ale jejich celkový vliv na množství odtoku povrchové vody je zanedbatelný.
- **Vliv na povrchovou erozi půdy a její důsledky:** Vegetační doprovod do jisté míry chrání liniové prvky protierozní ochrany, jako jsou příkopy, průlehy nebo polní cesty, před zanášením splaveninami. Důležitou roli hraje také v ochraně vodních toků a nádrží před sedimentací.

Ekologické přínosy: Vegetační doprovod může být začleněn do územního systému ekologické stability a stát se součástí biokoridorů, případně vytvářet lokální biotop.



Analýza realizačních nákladů opatření: Náklady na vysazení jednoho stromku jsou odhadovány na 1500 Kč, keřů na 200 – 250 Kč. Cena zahrnuje sazenice, výsadbu a mechanickou ochranu proti škůdcům.

Nároky na údržbu: V prvních třech až čtyřech letech po výsadbě je třeba kolem stromů udržovat půdu bez plevelů a trávy. Plochu o průměru 1 – 1,5 m je nutné pravidelně okopávat a přihnojovat. V prvních dvou letech je důležité odstraňovat vysokou buřeň, která utlačuje mladé sazenice. Je třeba také zajistit ochranu výsadby před zvěří a případně dosazovat nové sazenice na prázdná místa.

Podklady pro návrh opatření:

- Charakter chráněného pozemku, Hydrologická, geologická a pedologická data, Geodetické a mapové podklady, Územně technické podklady a biologická hodnocení

Technické normy využitelné pro návrh opatření:

- ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy
- ČSN 46 4902 Výpěstky okrasných dřevin – Společná a základní ustanovení
- ČSN 83 7005 Ochrana přírody – Krajiny – Termíny a definice

Základní údaje o opatření:

- Druh a počet sazenic, Spon výsadby (vzdálenost mezi jednotlivými sazenicemi), Celková délka výsadby

Doporučený nositel opatření: Obec, hospodařící subjekt, vlastník pozemku.



Obr. č. 55: fotodokumentace opatření



5.13. Hrázky z kamenného (štěrkového) pohozu

Popis opatření: Hrázky z kamenného nebo štěrkového pohozu jsou drobné liniové prvky, které slouží k zachycení povrchového odtoku a zpomalení jeho rychlosti. Jejich hlavním účelem je zadržovat vodu v terénu, přispívat k vsakování a omezit erozi, zejména rýhovou erozi, na svazích a v údolnicích. Hrázky jsou tvořeny navršeným kamením nebo štěrkem, které se kladou do vymezené linie kolmo na směr odtoku, a jejich výška se pohybuje kolem 0,3 až 0,5 m. Kamení musí být stabilní, aby odolalo přívalovým srážkám a zajistilo dlouhodobou funkčnost opatření.

Hrázky z kamenného nebo štěrkového pohozu jsou vhodné především do suchých oblastí a na mírně skloněné svahy. V případě, že jsou umístěny v delší řadě, zlepšují retenci vody a její postupné vsakování, čímž se snižuje odtok vody z povodí.

Kombinace s dalšími typy opatření: Hrázky lze kombinovat se zatravněnými pásy nebo se sběrnými a zachytnými příkopy. Jsou rovněž vhodné jako doplňující opatření v údolnicích a svahových pozemcích, kde mohou být doplněny dalšími protierozními opatřeními, například sedimentačními nádržemi.

Efekty opatření:

- **Vliv na jakost vody:** Vliv opatření na jakost vody pro vybrané látky je vyjádřen v pěti třídách účinnosti:
 - třída 1: účinnost > 75 %
 - třída 2: účinnost 50 - 74 %
 - třída 3: účinnost 25 – 49 %
 - třída 4: účinnost 1 – 24 %
 - třída 5: účinnost 0 (opatření nemá žádný vliv)
- **Vliv na množství odtoku povrchové vody:** Hrázky z kamenného pohozu přispívají k výraznému zpomalení povrchového odtoku, podporují vsakování vody a zadržují část odtoku na místě, čímž pomáhají omezit množství odtékající vody.
- **Vliv na povrchovou erozi půdy a její důsledky:** Hrázky významně přispívají ke snížení rýhové eroze a zabraňují odplavování půdy. Zpomalením odtoku se snižuje transport erozních splavenin, což chrání okolní krajinu před degradací.

Ekologické přínosy: Hrázky mohou být začleněny do krajinných a ekologických systémů, například jako doprovodné prvky pro výsadbu vegetace, která dále zvyšuje stabilitu půdy a přispívá k ochraně biodiverzity.

Analýza realizačních nákladů opatření: Náklady na zřízení hrázky z kamenného nebo štěrkového pohozu závisí na dostupnosti a množství materiálu, který je nutné přepravit a nainstalovat. Cena se zpravidla pohybuje v závislosti na délce a výšce hrázky, s odhadem kolem 500 – 1000 Kč na běžný metr.

Nároky na údržbu: Údržba hrázek spočívá především v kontrole jejich funkčnosti po intenzivních srážkách, kdy je nutné ověřit, zda nedošlo k vymílání hrázky nebo jejímu zanesení splaveninami. V případě poškození je nutné hrázku opravit a případně doplnit materiál.



Podklady pro návrh opatření:

- Charakter chráněného pozemku, Geologické a pedologické poměry, Hydrologická data a geodetické mapové podklady, Způsob využití řešeného pozemku i pozemků sousedících

Technické normy využitelné pro návrh opatření:

- ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy
- ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy

Základní údaje o opatření:

- Výška hrázky, Délka a šířka hrázky, Typ použitého materiálu

Doporučený nositel opatření: Obec, hospodařící subjekt, vlastník pozemku.



Obr. č. 56: fotodokumentace opatření

5.14. Přehrážky (travnaté valy v údolnici)

Popis opatření: Přehrážky jsou známy především jako opatření pro hrazení bystřin a strží, ale je možné je realizovat také v drahách soustředěného odtoku na zemědělsky obdělávaných pozemcích. Zde se doporučuje budovat nízké přehrážky v obvykle suchých drahách soustředěného odtoku a kombinovat je se zatravněním údolnice. Tyto příčné prahy, pásy či stupně, obvykle bez spodních výpustí, podporují stabilizaci údolnice, snižují podélný sklon, akumulují soustředěný odtok a zajišťují jeho bezpečné odvádění během intenzivních srážek.

Parametry přehrážky vycházejí z použitého materiálu a přírodního profilu dráhy soustředěného odtoku. Přehrážky v těchto drahách jsou navrženy tak, aby nepřesahovaly hloubku nejvýraznější části údolnice. V případě strží jsou vybaveny zařízením pro spodní odtok nebo systémem pasivní regulace odtoku.

Přehrážky lze také umístit do svodných nebo retenčních průleहů, čímž se zvyšuje jejich akumulární schopnost a objem zasakované vody. Takto vybavené průlehy umožňují bezpečné odvádění vysokých průtoků a současně zadržují povrchovou vodu ve zdrojových lokalitách.

Kombinace s dalšími typy opatření: Přehrážky se kombinují se zatravněním údolnice nebo opevněním drah soustředěného odtoku. Okolí přehrážek lze doplnit vegetačními prvky a kombinovat je se svodnými či retenčními průlehy.



Efekty opatření:

- **Vliv na jakost vody:** Vliv na jakost vody pro vybrané látky je vyjádřen pěti třídami účinnosti:
 - třída 1: účinnost > 75 %
 - třída 2: účinnost 50–74 %
 - třída 3: účinnost 25–49 %
 - třída 4: účinnost 1–24 %
 - třída 5: účinnost 0 (žádný vliv)
- **Vliv na vodní režim:** Přehrážky pozitivně ovlivňují akumulaci vody v krajině, přerušují nebo zpomalují odtok v dráze soustředěného odtoku a zvyšují vsak vody do půdy.
- **Vliv na povrchovou erozi a její důsledky:** Přehrážky zpomalují povrchový odtok, čímž chrání zatravněnou údolnici nebo průleh před dnovou erozí. Retenční prostory usazují erozní materiál, což snižuje zanášení vodních toků a nádrží.

Ekologické přínosy: Hlavní přínosy zahrnují zachycení nebo snížení množství erozních splavenin a zvýšení infiltrace do půdy.

Analýza realizačních nákladů: Náklady na realizaci se liší v závislosti na použitém materiálu, technologii a morfologii území. Mohou se snižovat při využití místních materiálů.

Nároky na údržbu: Je nutná pravidelná údržba a kontrola po větších srážkách, odtěžení sedimentu, údržba vegetace a případné opravy objektu.

Podklady pro návrh opatření:

- Charakter chráněného pozemku, Hydrologická data, Geologické a pedologické poměry, Geodetické a mapové podklady, Územně technické podklady

Technické normy:

- ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy
- ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy
- ČSN 75 4210 Hydromeliorace – Odvodňovací kanály
- ČSN 75 4200 Hydromeliorace – Úprava vodního režimu zemědělských půd

Základní údaje o opatření:

- Název opatření, ID a název vodního útvaru, Název kraje, obce a katastrálního území, ID půdního bloku

Základní technické parametry:

- Návrhový průtok [m^3/s ; QN], Návrhová srážka, Délka hrázky [m], Maximální výška hrázky [m], Návrhový zachytný objem průlehu [m^3]

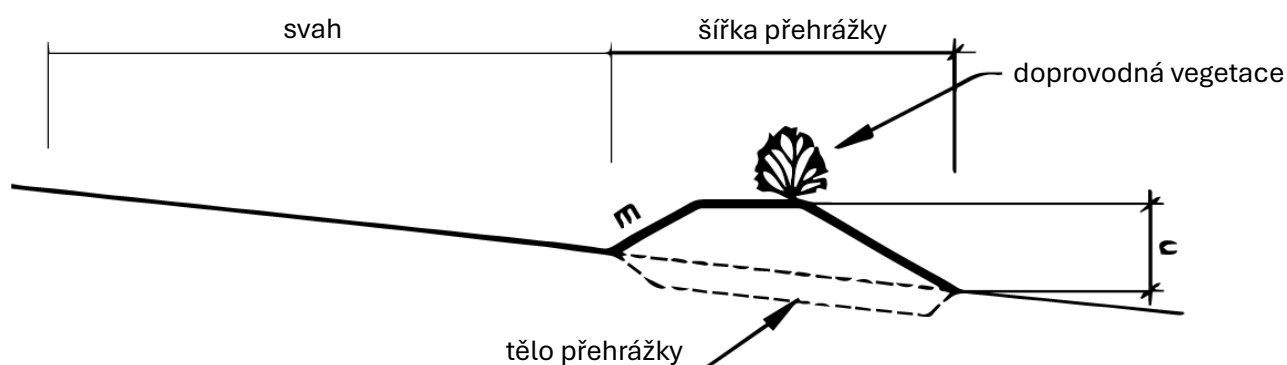
Další potřebné parametry: Vlastník pozemku, Hospodářský subjekt, Navrhovatel opatření

Doporučený nositel opatření: Obec, hospodařící subjekt, vlastník pozemku.





Obr. č. 57: Travnatý val (přehrážka) v údolnici



Obr. č. 58: Schéma opatření

5.15. Příčné svodnice

Popis opatření: Příčné svodnice jsou liniové prvky umístěné kolmo na směr odtoku vody, jejichž hlavním úkolem je odvádět přebytečnou povrchovou vodu z komunikací, polních cest nebo ploch náchylných k erozi na přilehlé zatravněné plochy či jiné plochy vhodné pro vsakování vody. Příčné svodnice zamezují koncentraci a zrychlení odtoku, což výrazně přispívá ke snížení rizika eroze a transportu sedimentů. Jsou vytvářeny z místního materiálu, často zeminy nebo kameniva, a navrženy tak, aby byly přejezdné běžnou zemědělskou technikou.

Svodnice se umísťují především na delších úsecích polních cest a na svazích, kde hrozí zrychlení povrchového odtoku a erozi. Optimální sklon svodnic je 2–5 %, jejich vzdálenost se odvíjí od sklonu terénu a délky svahu, přičemž na strmějších svazích se svodnice umísťují častěji.



Kombinace s dalšími typy opatření: Příčné svodnice jsou často kombinovány se zatravněnými pásy, které zachytávají vodu odváděnou svodnicemi a podporují vsakování. Rovněž mohou být využity ve spojení s odvodňovacími příkopy nebo průlehy, které odvedou nadbytečnou vodu na vhodné místo pro další zadržení nebo vsak.

Efekty opatření:

- **Vliv na jakost vody:** Vliv opatření na jakost vody pro vybrané látky je vyjádřen pěti třídami účinnosti:
 - třída 1: účinnost > 75 %
 - třída 2: účinnost 50 - 74 %
 - třída 3: účinnost 25 – 49 %
 - třída 4: účinnost 1 – 24 %
 - třída 5: účinnost 0 (opatření nemá žádný vliv)
- **Vliv na množství odtoku povrchové vody:** Příčné svodnice významně přispívají ke snížení rychlosti povrchového odtoku a zamezují koncentraci vody na jednom místě, čímž snižují objem povrchově odtékající vody. Přesunutím vody na okolní zatravněné plochy podporují vsakování a zadržení vody v krajině.
- **Vliv na povrchovou erozi půdy a její důsledky:** Příčné svodnice účinně zabraňují erozi tím, že odvádějí vodu z cest a jiných ploch ohrožených erozí. Snižují rychlost proudící vody a zamezují jejímu splachování a odnosu půdy. Správně navržené svodnice pomáhají ochránit jak zemědělské pozemky, tak infrastrukturu.

Ekologické přínosy: Příčné svodnice přispívají k zadržení vody v krajině a podporují přirozené vsakování, čímž zvyšují retenci vody a omezují sucho. V kombinaci s vegetačními pásy přispívají k diverzitě a ekologické stabilitě území.

Analýza realizačních nákladů opatření: Náklady na zřízení příčné svodnice závisí na použitých materiálech a délce svodnice. Cena se obvykle pohybuje v rozmezí 500 – 1000 Kč za běžný metr v závislosti na terénu a typu použitého materiálu.

Nároky na údržbu: Údržba svodnic spočívá především v pravidelných kontrolách po deštích, kdy je třeba ověřit jejich funkčnost a stav. Je důležité zajistit, aby nedošlo k zanesení svodnic sedimenty nebo poškození jejich konstrukce. V případě potřeby je nutné svodnice vyčistit a opravit.

Podklady pro návrh opatření:

- Geodetické a mapové podklady, Charakter chráněného pozemku, Hydrologická data a geologické poměry, Geodetické mapové podklady

Technické normy využitelné pro návrh opatření:

- ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy
- ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy

Základní údaje o opatření:



- Délka a sklon svodnice, Šířka svodnice, Typ použitého materiálu

Doporučený nositel opatření: Obec, hospodařící subjekt, vlastník pozemku.



Obr. č. 59: fotodokumentace opatření

5.16. Úprava koryta vodního toku (meandrování)

Popis opatření: Úprava vodního toku formou meandrování je zásadním krajinnotvorným a ekologickým opatřením, jehož hlavním cílem je obnovení přirozené morfologie toku, zejména jeho zakřivení, tedy meandrů. Tímto způsobem je umožněno prodloužení délky vodního toku, snížení rychlosti proudění vody a zvýšení retence vody v krajině. Meandrování přispívá k obnově přirozené dynamiky vodního toku a ke zlepšení ekologických funkcí vodního toku i přilehlých ekosystémů.

Meandrující toky lépe absorbují přívalové srážky a omezují riziko povodní, protože zpomalují odtok vody a rozšiřují plochu, kde voda může vsakovat. Obnovení meandrů navíc podporuje biodiverzitu vodních ekosystémů, přičemž vytváří nové biotopy pro různé druhy vodních a mokřadních organismů.

Kombinace s dalšími typy opatření: Meandrování je často kombinováno s revitalizací mokřadů a výsadbou liniové zeleně (vegetací) podél břehů, která slouží jako biokoridor. Tato kombinace zvyšuje ekologickou stabilitu území a podporuje přirozenou ochranu proti povodním a erozi. Dále lze meandrování doplnit o sedimentační jímky pro zachycení splavenin v kritických místech.

Efekty opatření:

- **Vliv na jakost vody:** Meandrující tok pomáhá při zlepšování jakosti vody, jelikož zpomalení průtoku umožňuje sedimentaci a odstraňování suspendovaných látek a znečišťujících látek z povrchového odtoku.
- **Vliv na množství odtoku povrchové vody:** Meandrování vodního toku zpomaluje odtok vody a zvyšuje infiltraci do okolní půdy. Toky s přirozeným zakřivením zadržují vodu v krajině po delší dobu a omezují extrémní průtoky. To má významný vliv na zmenšení povodňových vln a zmírnění sucha.



- **Vliv na povrchovou erozi půdy a její důsledky:** Meandrující tok snižuje erozi břehů a dna vodního toku tím, že zpomaluje rychlost vody a rozkládá její kinetickou energii na delší úsek. To zabraňuje vzniku hlubokých erozních rýh a podporuje přirozenou sedimentaci.

Ekologické přínosy: Obnovení meandrů přispívá k vytváření přírodních stanovišť pro vodní a mokřadní faunu a flóru. Meandrování podporuje biodiverzitu a vytváří podmínky pro vznik biokoridorů, které zajišťují migrační trasy pro různé druhy. Revitalizované toky navíc zvyšují retenci vody v krajině a podporují přirozené hydrogeologické procesy.

Analýza realizačních nákladů opatření: Náklady na revitalizaci a meandrování vodního toku závisí na délce úseku, typu zeminy, a na složitosti terénních úprav. Orientačně se náklady pohybují v rozmezí 300 – 800 Kč na metr délky vodního toku, v závislosti na rozsahu opatření.

Nároky na údržbu: Údržba meandrujícího toku je minimální, protože se jedná o přirozený proces obnovy toku. Je nutné pravidelně kontrolovat přirozený průtok vody a v případě potřeby odstraňovat nahromaděné splaveniny nebo překážky (např. stromy). Další údržba může zahrnovat monitoring břehové vegetace a její úpravy, pokud by narušovala stabilitu toku.

Podklady pro návrh opatření:

- Hydrologické a geodetické podklady, Biologické hodnocení a ekologické průzkumy, Geologické a pedologické podklady

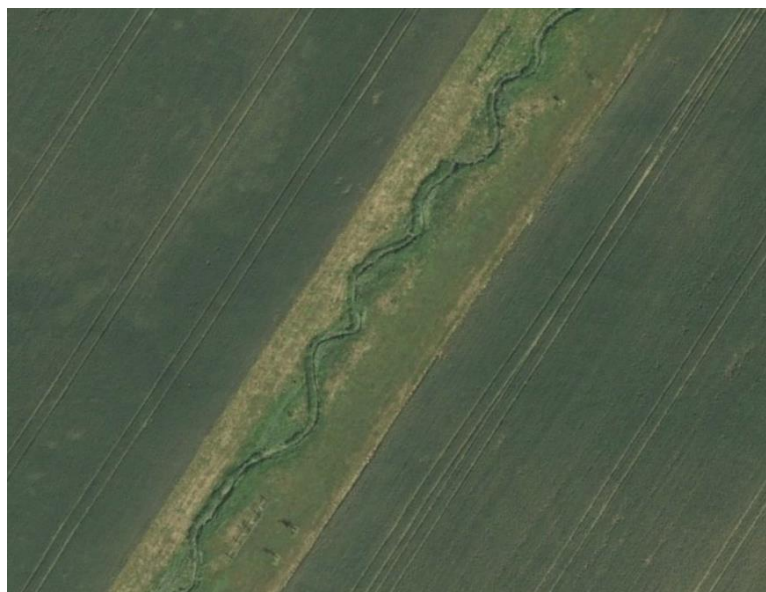
Technické normy využitelné pro návrh opatření:

- ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy
- ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže

Základní údaje o opatření:

- Délka revitalizovaného úseku toku, Poloměr zakřivení meandrů, Šířka koryta a zátopové plochy

Doporučený nositel opatření: Obec, správa vodního toku, hospodařící subjekt, vlastník pozemku.



Obr. č. 60: fotodokumentace opatření



5.17. Agrotechnické postupy pro zvýšení infiltrace a retence vody a zlepšení její kvality

Níže jsou specifikovány tři okruhy opatření v podobě agrotechnických postupů, které jsou rozděleny podle hlavního účinku působení, přestože efekt opatření je nejčastěji synergický (působí na dva či všechny níže uvedené okruhy)

1. Opatření ovlivňující jakost vody
2. Opatření ovlivňující infiltrační a retenční schopnost půdy
3. Opatření k ochraně před vodní erozí a transportem erozních splavenin

Popis opatření

1. Opatření ovlivňující jakost vody

Hlavními zdroji dusičnanů v půdě jsou organická, statková a minerální hnojiva a mineralizace půdní organické hmoty. Proces tvorby a vyplavování dusičnanů závisí zejména na dynamice vodního režimu lokality, fyzikálních půdních vlastnostech (zrnitostní složení, hydraulická vodivost, preferenční proudění, půdní teplota a vlhkost resp. fluktuace HPV), poměru uhlíku k dusíku (C/N) v půdě a hnojivech, dávce hnojiv a jejím dělení a dynamice čerpání dusíku plodinami a s ohledem na téma projektu i na posouzení existence a funkčnosti stavby odvodnění, která přispívá ke zvýšení dynamiky režimu odtoku vod (Zavadil a kol. 2004, Kohler a kol. 2006). K transportu dusičnanového znečištění dochází zejména prostřednictvím tzv. hypodermického (mělkého podpovrchového) odtoku, který zpravidla tvoří významnou část celkového odtoku (v podmínkách malých povodí krystalinika ČR v průměru kolem 30 %) a často je transformován ve formě odtoku drenážních vod (Doležal a Kvítek 2004, Zajíček et al. 2011). Z počátku jsou akumulované dusičnany rychle vymývány a následně zředovány další vsakující vodou. Průmyslová a organická/statková hnojiva s rychle uvolnitelným dusíkem (C/N <10, kejda, fugát, digestát, močůvka) dodávají rostlinám více dostupného dusíku ve srovnání s hnojivem s pomalu uvolnitelným dusíkem (např. hnůj či separát digestátu), a tudíž jejich potenciál pro vyplavení dusičnanů je větší.

Mezi agrotechnická opatření, která snižují vyplavení dusičnanů z půdy do vod, jsou zařazena **pěstební opatření** (pěstování meziplodin a ozimých obilnin, obilných mezipásů v kukuřici apod.), **stanovení celkové dávky dusíku v hnojivech na základě výnosového potenciálu stanoviště, dělení dávek hnojiv, aplikace slámy a inhibitoru nitrifikace, omezení podzimní aplikace hnojiv a minimální (žádné) zpracování půdy.**

Opatření pro snížení vyplavování dusíku

Při plánování aplikace dusíkatých hnojiv je nezbytné zohlednit potenciál daného stanoviště, potřebu dusíku na tvorbu výnosu, dostupný obsah dusíku v hnojivu a vliv předchozích pěstebních podmínek, jako jsou organické hnojení nebo obsah dusíku z posklizňových zbytků, zejména v suchých letech. Dělené dávkování lépe odpovídá nárokům plodin a je výhodné hlavně v promyvných půdách, zatímco v méně promyvných půdách je efektivnější jednorázová jarní aplikace rychle působících organických hnojiv s okamžitým zapravením do půdy, což pomáhá snížit ztráty dusíku volatilizací i zlepšit jeho využití rostlinami při suchu.



Precizní podpovrchová aplikace kapalných organických hnojiv s kvalitním zpracováním půdy omezuje ztráty dusíku do atmosféry i podzemních vod a zajišťuje rovnoměrný příjem živin. Podzimní aplikace hnojiv s rychle uvolnitelným dusíkem zvyšuje riziko vyplavení dusičnanů, protože příjem dusíku plodinami je v tomto období minimální. Proto se ve zranitelných oblastech reguluje aplikace těchto hnojiv dle aplikačních pásem a podporuje se užití inhibitorů nitrifikace. Mulčování slámy a ponechání strniště chrání půdu před erozí, zabraňuje přehřívání povrchu, zadržuje vodu a snižuje riziko mineralizace organické hmoty a tvorby dusičnanů, zvláště v kombinaci s přímým setím meziplodin nebo ozimé řepky do mulče. Rozklad slámy podporuje její ponechání na povrchu půdy přibližně tři týdny s minimálním přídatkem dusíku.

Zařazení meziplodin, zejména nevymrzajících, do osevních postupů využívá půdní reziduální minerální dusík pro tvorbu biomasy a snižuje jeho vyplavení až o 30–40 %. Minimální zpracování půdy pomáhá omezit mineralizaci půdní organické hmoty, zvyšuje imobilizaci a denitrifikaci dusíku a snižuje tak jeho únik do vod, ačkoli přítomnost posklizňových zbytků s širokým poměrem C/N může ztížit přístupnost živin pro plodiny.

Kombinace různých agrotechnických postupů, jako je omezení hnojení, dělená aplikace minerálních hnojiv, použití pomaleji působících hnojiv, vyloučení podzimní aplikace kejdy a zaorání jetelovin nebo využití meziplodin, se v praxi projevuje jako efektivní nástroj ke snížení ztrát dusíku, aniž by zásadně ovlivnila výnosy plodin, a je proto vhodná k širokému uplatnění v zemědělství.

Opatření pro snížení vyplavování fosforu

Opatření (tzv. Best management practices, BMP) pro snížení vyplavení fosforu (P) mají velké rozpětí účinnosti podle podmínek stanoviště (topografie, hydrologie, klima, půda, předchozí land use, velikost a tvar půdních bloků, zdroje P, tab. 1) a pro dosažení maximální účinnosti (vč. ekonomické) je účelné je směřovat do tzv. kritických zdrojových lokalit (CSA), což jsou obecně enklávy se zvýšenou hydrologickou konektivitou (povrchového či podpovrchového odtoku) a s půdami středně až značně zásobenými fosforem. Správný výběr BMP může mít multiplikativní účinek. Z hlediska geomorfologie lze zobecnit, že ve svažitéch oblastech převládají ztráty P půdní erozí povrchovým odtokem (partikulární P, PP), v rovinatých či mírně sklonitých oblastech je hlavním zdrojem znečištění povrchových vod P vyplavovaný přes půdní matici a odvodňovací systémy. Proto je při výběru BMP nutné rozlišovat mezi půdami náchylnými k erozi a půdami náchylnými k podpovrchovému vyplavení P.

Tabulka 1. Výběr BMP ke zmírnění rizika vyplavení půdního fosforu do povrchových vod a rozsahy jejich účinnosti (Sharpley et al. 2009).

Opatření	% účinnosti
Dávka podle odběru P plodinami x dávkování nad tuto dávku	15-47
Podpovrchová aplikace vs. povrchová aplikace (naširoko)	8-92
Přizpůsobení se plánu hospodaření s živinami	0-45
Bezorebná technologie vs. konvenční orba	35-70
Krycí plodiny	7-63
Vrstevnicová orba a terasování	30-75
Konverze k trvalým plodinám	75-95



Opatření	% účinnosti
Zamezení vstupu pasených zvířat do vodních toků vs. trvalé intenzivní pasení	32-76
Řízená pastva vs. trvalé intenzivní pasení	0-78
Přerušovací pásy	4-67
Sedimentační nádrže	65
Břehové nárazníky	40-93
Mokřady	0-79

Aplikace hnojiv by měla být ve shodě s požadavky plodin a půdním testem P, který zohledňuje výsledky předchozího hnojení, čerpání P plodinami a hydrologické podmínky (Schoumans et al. 2014). Účelná aplikace fosforečných hnojiv zahrnuje dělení dávek, lokalizaci ke kořenům, správný způsob aplikace (hnojení do pásů, podpovrchová aplikace hnojiv, okamžité zapravení hnoje) a užití pozvolna působících hnojiv (nemusí však být vhodné z hlediska časového zpřístupňování živin pro plodiny). Celková dávka P v hnojivech by měla mírně přesahovat odnos P v plodinách, aby nedocházelo k nežádoucímu snížení půdního P testu. Zapravení hnoje (i prasečí kejdy) podporuje vazbu labilních forem P na půdní částice a přerušuje kontinuitu preferenčních cest.

Vápnění jílovitých půd upravuje pH, podporuje pórovitost a stabilitu půdní struktury (půdních agregátů) a tím posiluje odolnost půdy proti vodní erozi při srážko-odtokových epizodách a omezuje vyplavení zejména PP, rovněž má pozitivní vazbu na výnosy (Bergström et al. 2015, Sharpley et al. 2015). Naopak aplikace hnojiv s jednomocnými kationty na povrch půdy má za následek zhoršení povrchové půdní struktury a s tím spojené další negativní jevy (zvýšení půdní eroze, snížení retenční schopnosti půdy).

2. Opatření ovlivňující infiltrační a retenční schopnost půdy

Proces infiltrace, retence a akumulace vody v půdě je významně ovlivňována jejím zrnitostním složením, strukturou, mineralogickým složením jílové frakce, charakterem a distribucí pórů (zejména poměr gravitačních a kapilárních, resp. výskytem preferenčních cest), obsahem a kvalitou organické hmoty a půdním pokryvem. Retence vody v půdě je redukována půdní erozí, utužením a dehumifikací. Humusové látky pozitivně působí na půdní strukturu a následně i na vodní, vzdušný a tepelný půdní režim.

Postupy užívané pro zpracování orné půdy mohou mít rozhodující dopad na půdní vlastnosti, tzn. i na schopnost půdy poutat a transportovat vodu. Při zpracování půdy a zakládání porostů je vždy nutné pro omezení utužení a ztrát vody z půdy optimalizovat počet přejezdů zemědělskou technikou.

Pro snížení výparu v letním období je doporučována podmítka provedená bezprostředně po sklizni. Intenzivním prokypřením půdy však v horkém letním počasí dochází naopak ke zvýšenému výparu, a dále k podpoře mineralizace organických látek v půdě a destrukci půdních agregátů (Růžek et al. 2020). Z tohoto hlediska je příznivější zachování strniště, mulčování slámy nebo pouze mělká podmítka.



Podzimní zpracování půdy orbou má příznivý dopad na uchování vody v půdě tím, že **přerušuje kapilární póry v podorničí**, na druhou stranu však dochází k většímu výparu z nakypřené vrchní vrstvy, mineralizaci půdní organické hmoty a následně ztrátám dusíku do podzemních vod. Z tohoto důvodu je doporučován **co nejpozdější termín orby**. Na jaře je však více celkové půdní vláhky u oraných pozemků ve srovnání s neoranými pozemky (Dalmago et al. 2009).

Na oraných pozemcích je nezbytné přidávat organickou hmotu, jako je sláma, hnůj, kompost nebo separát digestátu, nejen pro doplnění potřebných živin, ale také pro zlepšení schopnosti půdy zadržovat vodu. Aplikace kompostu v dávkách 80 a 150 t/ha přináší zlepšení infiltrace vody do půdy od druhého roku a zlepšení půdní struktury od třetího roku po aplikaci. Při simulaci intenzivního deště (87 mm/h) se na pozemcích s kompostem voda lépe vsakovala a nástup povrchového odtoku byl opožděn o téměř jednu minutu (při dávce 80 t/ha) a o více než čtyři minuty (při dávce 150 t/ha) ve srovnání s pozemky bez kompostu.

Různé způsoby zpracování půdy mají odlišné dopady na retenci vody v půdě. Dlouhodobé minimální zpracování půdy do hloubky 12-15 cm může na některých půdách, jako je černozem, způsobit snížení makroporozity, hydraulické vodivosti a bioturbace, zatímco při orbě do hloubky 20-30 cm tyto vlastnosti zůstávají zachovány. Změny v půdní struktuře přitom nemají vliv na výnos plodin.

Naopak minimalizované nebo bezorebné zpracování půdy (no-till) přináší zvýšení obsahu a kvality organické hmoty, zlepšení půdní struktury a biologické aktivity, snížení povrchového odtoku a omezení eroze. Při přímém setí kukuřice byl zjištěn vyšší obsah organického uhlíku v povrchové vrstvě půdy než při mělkém kypření nebo orbě, přičemž bezorebné technologie podporují akumulaci organické hmoty blíže k povrchu, zatímco orba umožňuje její rovnoměrnější rozložení v orné vrstvě. Zvýšení obsahu půdní organické hmoty v minimálně zpracované půdě je spojeno s vyšší tvorbou půdních agregátů a zlepšením infiltrace vody. Udržení rostlinných zbytků na povrchu navíc snižuje výpar vody a podporuje vsakování díky přítomnosti makropórů a preferenčních cest.

Bezorebné technologie mohou zvýšit objemovou hmotnost půdy, což může v některých případech snížit gravitační póry. Objemová hmotnost by však neměla překročit kritickou hodnotu, která závisí na typu půdy. Na jílovitých a hlinitých půdách dlouhodobé metody zpracování mohou měnit obsah organické hmoty, aniž by ovlivnily výnosy plodin.

Pro plodiny jako kukuřice pěstované na svazích je vhodné pásové zpracování půdy (strip-till), které kombinuje výhody orby a bezorebných technologií. Tento přístup zajišťuje lepší vsakování vody, zlepšenou provzdušněnost a růst kořenů do větších hloubek, přičemž v půdě zůstávají rostlinné zbytky, které chrání povrch.

Použití meziplodin zvyšuje retenční kapacitu vody v půdě, zejména ve vrstvách 0-30 cm, čímž se zvyšuje půdní vlhkost a dostupná voda pro následné plodiny. Zlepšení struktury půdy díky meziplodinám snižuje utužení a povrchový odtok, což má příznivý vliv na půdní hydrologii. Význam meziplodin spočívá také v přísunu organické hmoty, snížení ztrát dusíku a ochraně proti erozi.



3. Opatření k ochraně před vodní erozí a transportem erozních splavenin

Základním předpokladem rozvoje erozních procesů na zemědělském pozemku je dostatek volných půdních částic, které může povrchový odtok transportovat. Tyto částice jsou uvolňovány dopadem dešťových kapek s vysokou kinetickou energií při přívalových srážkách. Pokud nejsou volné půdní částice k dispozici, je rozvoj eroze významně omezen. Ochrana povrchu půdy vegetací je proto velmi efektivním způsobem zamezení půdní eroze. Zranitelnost orné půdy vůči povrchovému odtoku závisí na zařazení do hydrologické skupiny půd, svažitosti terénu, K-faktoru erodovatelnosti, skeletovitosti a obsahu organického uhlíku. Na základě těchto faktorů vyvinulo Ministerstvo zemědělství USA (USDA, United States Department of Agriculture) Index zranitelnosti SVI (Soil Vulnerability Index, Lohani et al. 2020). Pro detailnější rozlišení zranitelnosti je do SVI zahrnuta i hloubka omezující vrstvy (bránící pohybu vody), obsah jílu v půdě, délka svahu a expozice. Agrotechnická či organizační opatření ke snížení erozní ohroženosti a transportu erozních splavenin jsou klasifikována jako tzv. opatření měkká – jedná se o opatření neinvestiční, spočívající ve změnách skladby osevních postupů nebo osevních sledů a změnách ve způsobu obdělávání pozemků a provádění hlavních agrotechnických operací.

Zemědělci, evidovaní v LPIS, jsou k implementaci opatření z této skupiny zavázáni například v rámci systému DZES (Standardy Dobrého Zemědělského a Environmentálního Stavů), kterými ČR plní požadavky Cross Compliance v rámci Společné zemědělské politiky (CAP) EU. Jedná se zejména o DZES 1 (Ochranné pásy podél vodních toků), DZES 3 (Ochrana podzemních vod proti znečištění), DZES 4 (Minimální pokryv půdy), DZES 5 (Protierozní ochrana) a DZES 6 (Organické složky půdy).

Příručka eroze platná od roku 2019 (<https://eagri.cz/public/web/mze/farmar/LPIS/uzivatelske-prirucky/lpis-pro-farmare/prirucka-eroze-2019.html>) uvádí POT pro plodiny s nízkou a střední ochrannou funkcí na mírně nebo silně erozně ohrožených plochách. Technologie jsou buď nezávislé na způsobu pěstování plodiny (dělení DPB na více plodin, obsevy, ochranné pásy, setí/sázení po vrstevnicích) nebo závislé na způsobu pěstování plodiny (zakládání porostu do ochranné plodiny nebo rostlinných zbytků, aplikace organické hmoty do půdy, strip-till, podryvání, odkameňování, pěstování s podsevem jetelovin, trav, jetelotrav, pěstování luskobilných směsí).

Agrotechnická a organizační opatření a jejich vliv na omezení transportu erozních splavenin a ztrátu zemědělské půdy vodní erozí lze rozčlenit na následující typy opatření:

Osevní postupy

Na erozně ohrožených pozemcích nelze pěstovat plodiny s nízkou ochrannou funkcí buď vůbec (SEO) nebo pouze s POT (MEO). Mezi tyto plodiny patří kukuřice, brambory řepa (vč. cukrovky, bob, sója, slunečnice (vč. topinamburu), čirok). Plodiny se středně ochrannou funkcí (řepka, ostatní obiloviny) lze pěstovat na MEO bez omezení a na SEO s POT. Plodiny s vysokou ochrannou funkcí (všechny ostatní plodiny) lze pěstovat všude bez omezení.

Ochranný efekt vegetačního pokryvu sleduje klasický způsob stanovení erozní ohroženosti zemědělské půdy pomocí USLE (Wischmeier & Smith, 1978), která ztrátu vyjadřuje jako hodnotu dlouhodobé průměrné roční ztráty půdy ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$). Hodnota ochranného vlivu vegetace je stanovována rovněž v dlouhodobém časovém horizontu. Typicky se vyjadřuje jako průměrná roční hodnota za celý osevní postup.



Díky tomu se snížení zastoupení širokořádkových plodin projeví v dlouhodobém měřítku poklesem hodnoty faktoru C pro daný pozemek. Ve skutečnosti ale není pozemek chráněn, snižuje se jen pravděpodobnost výskytu příčinné erozní srážky v době, kdy je na pozemku erozně náchylná plodina.

Současně mohou masivní zásahy do skladby plodin a osevního postupu být nepřijatelné z ekonomických hledisek, protože vyloučení některých plodin by vyžadovalo restrukturalizaci výrobního plánu zemědělského podniku.

Pokud je však zásah do osevních postupů a sledů na konkrétním erozně ohroženém pozemku pro farmáře akceptovatelný a nejedná se pouze o snížení frekvence výskytu náchylné plodiny, ale o její úplné vyloučení, jedná se o opatření velmi účinné a jednoduché k aplikaci. Míra nutného vyloučení a nahrazení se stanovuje výpočtem pomocí USLE. Pro orientační výpočet je možno s výhodou využít Protierozní kalkulačku VÚMOP v.v.i.: <https://kalkulacka.vumop.cz/>

Trvalý vegetační kryt na povrchu půdy poskytuje maximální ochranu proti erozi, což lze dosáhnout správným střídáním a výběrem hlavních plodin spolu s využitím meziplodin nebo krycích plodin s podsevem. Tyto přístupy rovněž přispívají ke zvýšení obsahu organické hmoty v půdě. Ideálním cílem je, aby byla půda po co nejkratší dobu během roku holá a kypřená. Studie prokázaly, že pěstování meziplodin před setím kukuřice na siláž přináší významné přínosy, jako je snížení utužení půdy, zlepšení půdní struktury a významné omezení erozních smyvů, což souvisí s delším vegetačním pokryvem a zvýšením obsahu organické hmoty. Kromě toho se u kukuřice pěstované přímo do zbytků meziplodin nebo po jejich zapravení zvyšuje výnos oproti kukuřici pěstované bez meziplodiny po podzimní orbě.

Kabelka a kol. (2021) zjišťovali vliv POT (zařazení meziplodiny v meziřadí chmele: svazenka vratičolistá, jetelotravní směska, hořčice setá) na snížení odnosů půdy erozí. Pomocí simulátoru deště zjistili, že jeden, resp. dva měsíce po výsevu meziplodin byl odnos půdy erozí nižší o 54,9 %, resp. o 81,4 % ve srovnání s konvenční variantou (bez meziplodin).

Ponechání posklizňových zbytků, včetně zbytků meziplodin, na povrchu půdy (tzv. mulčování) je vysoce efektivní pro ochranu půdy před erozí. Účinnost mulčování však závisí na míře pokrytí půdy těmito zbytky; vyšší pokrytí vede k lepšímu protieroznímu efektu. Výzkumy ukazují, že mulčování s pokrytím povrchu půdy pouze 6 až 11 % nevykazuje dostatečný protierozní účinek, zatímco 25% pokrytí již poskytuje podstatně vyšší ochranu. To zdůrazňuje důležitost výběru meziplodin s vyšší biomasou. Pro zajištění účinnosti protierozních opatření je doporučeno, aby bylo minimálně 30 % povrchu půdy pokryto rostlinnými zbytky.

Vegetační pokryv snižuje ztráty nejen dusíku, ale i fosforu povrchovým i podpovrchovým odtokem. Čím je pokryv hustší a kryje povrch půdy po delší dobu, tím účinnější je z hlediska omezení vyplavení P. Pěstování meziplodin je však uváděno jako opatření s nejednoznačným vlivem na vyplavování P, neboť je rizikové z hlediska uvolňování organického P následkem opakujících se period mrazu a tání a ztráty P mohou být vyšší než na pozemku s ponechaným strništěm (Bechmann et al. 2005). Účinné zachycení erodovaných částec lze realizovat pomocí zatravněných pásů v drahách soustředěného odtoku nebo pomocí ochranných zatravněných pásů přerušujících odtokové linie v kombinaci s vrstevnicovou orbou. V praxi jsou opatření zpravidla navrhována a realizována v kombinacích, resp. souborech. Jako příklad účinného komplexu BMPs, který snižuje vyplavení P, lze uvést pěstování ozimů a pícních plodin na orné



půdě, nižší dávky hnoje, především na podzim. Dále mělo pozitivní vliv na ztráty P vápnění, podporující strukturu (snížení vyplavení celkového P o 39–50 %), a zapravení kejdy prasat ve srovnání s povrchovou aplikací (snížení vyplavení P o 50 %).

Zpracování půdy

Pro omezení povrchového odtoku a erozivních účinků je nutné posilovat odolnost půdy proti rozplavení (zlepšení půdní struktury), chránit povrch půdy rostlinnými zbytky a zvyšovat obsah organické hmoty. Velký potenciál z tohoto hlediska představují POT, tj. **bezorebné systémy (no-till) s ponecháním rostlinných zbytků** (posklizňové zbytky, meziplodiny) na povrchu půdy a s přímým setím do nezpracované půdy (do mulče, strniště), dále **systémy s minimálním zpracováním půdy** (mělké kypření, kypření se zachováním části rostlinných zbytků na povrchu půdy) a vrstevnicové obdělávání půdy a terasování, které omezují ztráty zejména partikulárního P vodní erozí především na svažitých půdách s nízkým obsahem půdní organické hmoty. Princip minimálního zpracování půdy spočívá v tom, že půda se při zpracování nepřeklápí, ale jen kypří (půdoochranné obdělávání). Užití postupů POT přináší úsporu pracovního času na zpracování půdy a setí a spotřeby PHM. Nevýhodou pak je, že POT podporují vyšší zaplevelení pozemku, které je spojeno s vyšší spotřebou herbicidů ve srovnání s konvenčním zpracováním půdy, a to i v souvislosti s desikací ozimých meziplodin. Farmář navíc musí pořídit zcela novou mechanizaci.

Z hlediska vyplavování P přináší akumulace rostlinných zbytků na půdním povrchu zvýšené riziko vyplavení rozpuštěného P povrchovým odtokem, preferenčními cestami či trubkovou drenáží, neboť POT téměř neredukují mělký podpovrchový (hypodermický) odtok. Konvenční orba způsobuje zvýšení rizika povrchového odtoku a odnosu partikulárního P, na druhé straně však může narušit preferenční cesty, omezit transport půdních částic a rozpuštěných látek a díky míchání půdních vrstev s různým obsahem P odstraňuje vertikální stratifikaci půdního profilu, čímž dochází k sorpci P na méně sorbované částice ze spodních vrstev a snížení podpovrchového odnosu P (Smith et al. 2007). Periodické provedení orby v rámci POT je vhodným kompromisem mezi povrchovým a podpovrchovým odnosem P. Partikulární P v erodovaných půdních částicích může být v delším časovém měřítku uvolňován do rozpuštěných forem s eutrofizačním účinkem.

Při využití minimalizačního zpracování půdy pro pěstování kukuřice, konkrétně technik strip-till (pásové zpracování) a no-till (přímé setí do desikovaného žita), dochází k významnému snížení ztráty živin ve srovnání s konvenčními metodami. Techniky strip-till a no-till snížily povrchový odtok přibližně o 40 % a 50 %. Další studie prokázaly, že při orebním zpracování půdy z porostu kukuřice dochází ke ztrátám půdy 0,6–5,3 t na hektar, zatímco při použití technik strip-till nebo no-till jsou ztráty podstatně nižší, pohybují se v rozmezí 0,01–0,4 t na hektar. Ochranný účinek se projevil i u kukuřice zaseté do zoraného pásu travního porostu, což zvýšilo její odolnost vůči erozi již po výsevu. U pěstování brambor byl doložen protierozní efekt hrázkování a důlkování meziřadí s účinností kolem 85 %. Studie o minimálním zpracování půdy ve dvou norských povodích ukázaly snížení rizika plošné eroze o 24 % a 45 %, zatímco ztráta půdy klesla o 10 %. Bezorebné technologie u kukuřice na zrno dosáhly ve srovnání s klasickou orbou snížení povrchového odtoku a smyvu půdy o 47 % a 57 %.



Zlepšování vlastností půdy

Erozní náchylnost zemědělských půd silně a jednoznačně ovlivňuje půdní struktura a hydraulická vodivost. Zhutněním je v současnosti postiženo cca 45 % zemědělských půd a ztrátou nebo poškozením struktury rovněž více než 50 % výměry zemědělských půd.

Struktura půdy ovlivňuje erozní náchylnost tak, že jednotlivá minerální zrna jsou v půdě spojena do agregátů. V případě, že se jedná o agregáty stabilní, chovají se vůči dopadu kapek a povrchovému odtoku jako jednotlivé půdní částice (jsou tedy větší a těžší) a jejich rozbití a následný odnos jsou velmi složité. Hlavním faktorem vzniku a udržení stabilních agregátů je dostatečný obsah organických látek v půdě. Toho lze dosáhnout pouze hnojením organickým materiálem (vyzrálým hnojem, separátem digestátu, zeleným hnojením). Vysoký podíl rostlinných zbytků na povrchu půdy a v povrchové vrstvě ornice v postupech POT významně přispívá ke zvýšené stabilitě půdní struktury, tvorbě preferenčních cest odtoku a tím ke snížení povrchového odtoku a ohrožení půdy vodní erozí.

Struktura půdy zásadně ovlivňuje její hydraulickou vodivost, která je klíčová pro vznik povrchového odtoku. Tento odtok je významným činitelem v erozi a transportu půdního materiálu po svazích. Půdy s vysokou hydraulickou vodivostí mají obecně vyšší odolnost vůči erozi, neboť k povrchovému odtoku dochází pomaleji a v menším rozsahu. Obsah organických látek a struktura půdy mají přímý vliv na hydraulickou vodivost a na tvorbu povrchové krusty. Naopak utužení půdy, například na povrchu či v podbrázdí vlivem opakovaných pojezdů těžkých strojů, může vést ke snížení hydraulické vodivosti. Přitom vliv půdoochranných technologií (POT) na nasycenou hydraulickou vodivost může být i negativní – například dlouhodobé použití bezorebného zpracování nebo minimálního kypření může snižovat tuto vodivost ve srovnání s konvenčními metodami, kde je orba prováděna do větší hloubky.

Zajištění kritických míst na pozemku, zpomalení odtoku a transformace povrchového odtoku na infiltraci

Pokud je z jakéhokoliv důvodu pro farmáře nepřijatelné zavádění některého z předchozích typů opatření, je možno přistoupit k pásovému nebo/a vrstevnicovému hospodaření. Princip spočívá v tom, že do plochy s erozně náchylnou plodinou jsou vkládány vrstevnicově orientované pásy erozně méně náchylné plodiny (např. obilí nebo pícnina do kukuřice).

Důležité je navrhnout správně šířku pásu cílové plodiny a následně šířku ochranného pásu odolné plodiny tak, aby došlo k usazení nesených erozních splavenin a pokud možno zasáknutí povrchově odtékající vody před vniknutím do části pozemku s cílovou plodinou.

Jednodušší alternativou je prosté vrstevnicové hospodaření – setí a obdělávání pozemku.



