



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

ANALÝZA EROZNÍCH A ODTOKOVÝCH POMĚRŮ VE ZVOLENÉM ÚZEMÍ A NÁVRH OCHRANNÝCH ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ

ANALYSIS OF EROSION AND RUNOFF CONDITIONS IN THE RESEARCH AREA AND DESIGN OF
ADAPTATION CONTROL MEASURES

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Patrik Valný

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Veronika Sobotková, Ph.D.

BRNO 2025

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav vodního hospodářství krajiny
Student: **Bc. Patrik Valný**
Vedoucí práce: **Ing. Veronika Sobotková, Ph.D.**
Akademický rok: 2024/25
Studijní program: N0732A260025 Stavební inženýrství – vodní hospodářství a vodní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Analýza erozních a odtokových poměrů ve zvoleném území a návrh ochranných adaptačních opatření

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V zájmovém území bude proveden průzkum terénu, analýza území z hlediska erozních a odtokových poměrů. Na základě vyhodnocení stávajícího stavu území bude proveden návrh adaptačních opatření. Bude provedena identifikace drenážního systému v zájmovém území a lokalizována místa průniku drenážního systému s technickými prvky protierozní ochrany. Vybraná liniová opatření budou rozpracována do podrobnosti dokumentace technického řešení.

Cíle a výstupy diplomové práce:

Cílem práce diplomové práce je zpracování analýzy území z hlediska erozních a odtokových poměrů. Na základě analýzy území bude následně proveden návrh protierozních opatření. Bude provedeno vyhodnocení účinnosti navržených opatření. Vybraná liniová opatření budou rozpracována do podrobnosti dokumentace technického řešení. Budou vypracována řešení průniku technických opatření s drenážním systémem. V diplomové práci bude uvedena rešerše týkající se erozních a odtokových poměrů a odvodňovacích systémů (národní i světová úroveň), bude proveden terénní průzkum a pořízená fotodokumentace.

Seznam doporučené literatury a podklady:

1. Drbal, K. a kol. Metodika mapování povodňového rizika. In Vyhodnocení povodní v červnu a červenci 2009 na území České republiky, MŽP: Praha, 2009; str. 151–161. Dostupné online: <http://voda.chmi.cz/pov09/doc/01.pdf>
2. Drbal, K.; Dumbrovský, M. a kol. Metodický návod pro identifikaci KB. Brno: MŽP, 2009, 7 str. Dostupné online: http://www.povis.cz/mzp/KB_metodicky_navod_identifikace.pdf

3. Dumbrovský, M. a kol. Dopady povodní na krajinu a životní prostředí. In Vyhodnocení povodní včervnu a červenci 2009 na území České republiky, MŽP: Praha, 2009; str. 117–125. Dostupné online: <http://voda.chmi.cz/pov09/doc/01.pdf>
4. Holý, M. a kol. Eroze a životní prostředí, Praha: ČVUT, 1998.
5. Janeček, M. a kol. Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodika. Praha: ČZU, 2012, ISBN 978-80-87415-42-9.
6. Podhrázká, J. a kol. Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodika. Praha: VÚMOP, 2023.
7. Morgan, R.P.C. Soil Erosion and Conservation. Third Edition. Oxford: Blackwell Publishing. 2005, p. 304, ISBN 1-4051-1781-8.
8. MORGAN, R.P.C. a NEARING, M.A: Handbook of Erosion Modelling, London: Wiley-Blackwell, 2011
9. Metodický návod k provádění pozemkových úprav - aktuální verze. Praha: SPÚ.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 31. 3. 2024

L. S.

doc. Ing. Daniel Marton, Ph.D.
vedoucí ústavu

Ing. Veronika Sobotková, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Diplomová práce se zaměřuje na analýzu erozních a odtokových poměrů ve zvoleném území a navrhuje ochranná adaptační opatření ke zmírnění negativních dopadů eroze na krajinu. Práce využívá kombinaci GIS analýz, hydrologických modelů a terénního průzkumu k hodnocení klíčových faktorů ovlivňujících erozi a povrchový odtok. Na základě zjištěných dat jsou navržena technická i přírodě blízká opatření. Důležitým výstupem práce je i vyhodnocení efektivity navržených opatření a jejich integrace s existujícími drenážními systémy. Tento přístup přispívá k udržitelnému hospodaření s půdou a ochraně přírodních zdrojů.

KLÍČOVÁ SLOVA

eroze, povrchový odtok, protierozní opatření, CN, GIS, drenážní systémy

ABSTRACT

The thesis focuses on the analysis of erosion and runoff conditions in a selected area and proposes protective adaptation measures to mitigate the negative impacts of erosion on the landscape. It employs a combination of GIS analyses, hydrological models, and field surveys to evaluate key factors influencing erosion and surface runoff. Based on the collected data, both technical and nature-based measures are proposed. An important outcome of the thesis is the assessment of the effectiveness of the proposed measures and their integration with existing drainage systems. This approach contributes to sustainable land management and the protection of natural resources.

KEYWORDS

erosion, surface runoff, anti-erosion measures, CN, GIS, drainage systems

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VALNÝ, Patrik. *Analýza erozních a odtokových poměrů ve zvoleném území a návrh ochranných adaptačních opatření*. Brno, 2025. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí Ing. Veronika Sobotková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Analýza erozních a odtokových poměrů ve zvoleném území a návrh ochranných adaptačních opatření* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 17. 1. 2025

Bc. Patrik Valný

autor

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Analýza erozních a odtokových poměrů ve zvoleném území a návrh ochranných adaptačních opatření* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 17. 1. 2025

Bc. Patrik Valný

autor

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat své vedoucí Ing. Veronice Sobotkové, Ph.D. za odborné vedení, konzultace, rady, vstřícnost a trpělivost během zpracování této práce.

OBSAH

1	ÚVOD	7
1.1	CÍL PRÁCE.....	7
2	SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ	9
2.1	EROZE	9
2.1.1	FORMY EROZE	9
2.2	DRENÁŽE	10
2.2.1	DRENÁŽE V ČR.....	10
2.2.2	ELIMINACE NEGATIVNÍCH DOPADŮ DRENÁŽNÍCH SYSTÉMŮ	12
2.2.3	DRENÁŽE V ZAHRANIČÍ	13
3	POUŽITÉ PROGRAMY	16
3.1	ARCGIS PRO.....	16
3.2	DESQ - MAXQ.....	16
3.3	AUTOCAD	16
3.4	ATLAS DMT.....	16
4	POUŽITÉ METODY	18
4.1	OBEČNÁ CHARAKTERISTIKA KLIMATICKÝCH POMĚRŮ DLE QUITTA	18
4.2	PEDOLOGICKÉ POMĚRY S VYUŽITÍM HPJ	18
4.3	PEDOLOGICKÉ POMĚRY S VYUŽITÍM HSP	19
4.4	STANOVENÍ EROZE	19
4.4.1	POSTUP STANOVENÍ JEDNOTLIVÝCH FAKTORŮ	20
4.5	STANOVENÍ POVRCHOVÉHO ODTOKU	21
4.5.1	VÝPOČET POVRCHOVÉHO ODTOKU V PROGRAMU DESQ-MAXQ	22
4.6	STANOVENÍ DRENÁŽNÍHO ODTOKU	22
5	CHARAKTERISTIKY ZÁJMOVÝCH ÚZEMÍ	23
5.1	VĚTŘKOVICE - NÁDRŽE	23

5.1.1	KLIMATICKÉ POMĚRY	26
5.1.2	PŮDNÍ POMĚRY.....	26
5.1.3	EROZNÍ POMĚRY	29
5.1.4	VÝPOČET POVRCHOVÉHO ODTOKU	30
5.1.1	DRENÁŽ.....	30
5.1.2	VÝPOČET DRENÁŽNÍHO PRŮTOKU	30
5.2	VĚTRKOVICE - TŮNĚ	31
5.2.1	PŮDNÍ POMĚRY.....	34
5.2.2	EROZNÍ POMĚRY	36
5.2.3	VÝPOČET POVRCHOVÉHO ODTOKU	37
5.2.1	DRENÁŽ.....	37
5.2.2	VÝPOČET DRENÁŽNÍHO PRŮTOKU	38
5.3	STAROVICE	38
5.3.1	KLIMATICKÉ POMĚRY	41
5.3.2	PŮDNÍ POMĚRY.....	41
5.3.3	EROZNÍ POMĚRY	43
5.3.4	VÝPOČET POVRCHOVÉHO ODTOKU	44
5.3.1	DRENÁŽ.....	44
5.3.2	VÝPOČET DRENÁŽNÍHO PRŮTOKU	44
5.4	LICHNOV	45
5.4.1	KLIMATICKÉ POMĚRY	47
5.4.2	PŮDNÍ POMĚRY.....	47
5.4.3	EROZNÍ POMĚRY	50
5.4.4	VÝPOČET POVRCHOVÉHO ODTOKU	51
5.4.5	VÝPOČET DRENÁŽNÍHO PRŮTOKU	51
5.5	POKŘIKOV, VOJTĚCHOV	51
5.5.1	KLIMATICKÉ POMĚRY	54
5.5.2	PŮDNÍ POMĚRY.....	54
5.5.3	EROZNÍ POMĚRY	56
5.5.4	VÝPOČET POVRCHOVÉHO ODTOKU	57
5.5.5	VÝPOČET DRENÁŽNÍHO PRŮTOKU	57
5.6	KETKOVICE	57
5.6.1	KLIMATICKÉ POMĚRY	60
5.6.2	PŮDNÍ POMĚRY.....	60
5.6.3	EROZNÍ POMĚRY	63
5.6.4	VÝPOČET POVRCHOVÉHO ODTOKU	64
5.6.5	VÝPOČET DRENÁŽNÍHO PRŮTOKU	64
5.6.6	POROVNÁNÍ DRENÁŽE.....	64

6	PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ	66
6.1	TYPY TECHNICKÝCH PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ.....	66
6.1.1	TERÉNNÍ UROVNÁVKY	66
6.1.2	PROTIEROZNÍ PŘÍKOP	66
6.1.3	PROTIEROZNÍ PRŮLEH	67
6.1.4	PROTIEROZNÍ MEZ.....	68
6.1.5	TERASA	69
6.1.6	PROTIEROZNÍ CESTA	69
6.1.7	PROTIEROZNÍ HRÁZKA	70
6.1.8	OCHRANNÉ NÁDRŽE	70
6.1.9	STABILIZOVANÁ DRÁHA SOUSTŘEDĚNÉHO ODTOKU (SDSO).....	71
6.1.10	PROTIEROZNÍ TRAVNÍ PÁSY	72
6.2	ORGANIZAČNÍ OPATŘENÍ	72
6.2.1	PÁSOVÉ STRÍDÁNÍ PLODIN	72
6.3	AGROTECHNICKÁ OPATŘENÍ	73
7	NÁVRH PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ KETKOVICE.....	74
7.1.1	VÝPOČET POVRCHOVÉHO ODTOKU PO NÁVRHU	79
7.2	EROZNÍ POMĚRY PO NÁVRHU	80
8	ZÁVĚR	82
9	POUŽITÁ LITERATURA.....	83
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	87
11	SEZNAM TABULEK	88

1 ÚVOD

Eroze a odtokové poměry představují významné environmentální problémy, které mohou mít dalekosáhlé dopady na krajinu, zemědělství a ekosystémy. V rámci této diplomové práce se zaměříme na analýzu území s cílem identifikovat specifické faktory ovlivňující erozní procesy a hydrologické toky. Vzhledem k rostoucímu tlaku na využívání krajiny a změnám klimatu je nezbytné vyvinout účinná protierozní opatření, která mohou zmírnit negativní dopady na životní prostředí.

Práce bude zahájena rešerší literatury týkající se erozních a odtokových poměrů, a to jak na národní, tak na mezinárodní úrovni. Teoretická část poskytne nezbytný kontext pro praktickou část, která zahrnuje terénní průzkum a fotodokumentaci vybraného území. Na základě získaných dat bude proveden návrh protierozních opatření, jejichž účinnost bude následně vyhodnocena.

Důležitou součástí práce bude také rozpracování vybraných liniových opatření do podoby dokumentace technického řešení. Zohledněna bude i problematika integrace těchto opatření s existujícím drenážním systémem, což je klíčové pro zajištění efektivity navržených řešení. Tímto způsobem se snažíme přispět k udržitelnému hospodaření s půdou a ochraně krajiny před erozními procesy, které mohou ohrozit její dlouhodobou stabilitu a produktivitu.

1.1 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce je provést komplexní analýzu území z hlediska erozních a odtokových poměrů a na základě této analýzy navrhnout účinná protierozní opatření. Práce se zaměří na následující specifické cíle:

1. **Analýza erozních a odtokových poměrů:** Vyhodnotit data o erozních a hydrologických poměrech v dané oblasti, včetně identifikace klíčových faktorů, které ovlivňují tyto procesy.
2. **Výpočet povrchového a drenážního odtoku:** Na vybraných územích provést vhodnými metodami výpočet povrchového a drenážního odtoku, aby byl následný návrh opatření co nejvhodnější.
3. **Návrh protierozních opatření:** Na základě výsledků analýzy vyvinout návrh účinných protierozních opatření na vybraném území, která budou přizpůsobena specifickým podmínkám území.
4. **Vyhodnocení účinnosti navržených opatření:** Posoudit potenciální efektivitu navržených opatření v kontextu ochrany půdy a zlepšení hydrologických podmínek.

5. **Dokumentace technického řešení:** Vybraná liniová opatření zpracovat do podrobné technické dokumentace, která zahrnuje všechny nezbytné výkresy.
6. **Integrace s drenážním systémem:** Navrhnout řešení, která umožní efektivní průnik technických opatření s existujícím drenážním systémem, čímž se zajistí maximální účinnost a dlouhodobá udržitelnost navržených zásahů.

Tato práce usiluje o přispění k lepšímu porozumění problematice eroze a odtokových poměrů v českém kontextu, o vytvoření praktických nástrojů pro ochranu krajiny a o udržitelné hospodaření s půdou.

2 SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

2.1 EROZE

Vodní eroze je ovlivněna zejména sklonem a délkou pozemku, výskytem erozně nebezpečných srážek, vegetačním pokryvem, vlastnostmi půdy a protierozními opatřeními. Kombinace těchto faktorů často vede k erozi i na méně sklonitých pozemcích, pokud jsou půdní vlastnosti nevhodné a délka svahu nepřerušena. Kvalita půdy, zejména obsah organické hmoty, výrazně ovlivňuje odolnost vůči erozi – organická hmota podporuje tvorbu stabilních půdních agregátů, zlepšuje pórovitost, infiltraci vody a akumulaci vlhkosti, což snižuje riziko povodní i sucha [4].

Erozní srážky jsou definovány jako srážky s úhrnem nad 12,5 mm nebo intenzitou nad 6,25 mm za 15 minut. Analýza dat z Monitoringu eroze zemědělské půdy ukazuje častý výskyt erozních událostí na pozemcích bez zapojeného porostu, zejména v období květen až září. Zvláště ohrožené jsou plochy s nízkou vegetační ochranou, jako u kukuřice, která je odpovědná za 47 % erozí na monitorovaných blocích. Až 45 % erozních událostí nastává při agrotechnických pracích, kdy půda není chráněna porostem. Výsledkem jsou závažné formy eroze, jako rýžková a rýhová, které zvyšují riziko opakovaných událostí i při méně intenzivních srážkách [4].

2.1.1 FORMY EROZE

Vodní erozi na zemědělské půdě lze rozdělit na plošnou a výmolnou. Přejed mezi těmito formami je pozvolný a nastává při transformaci plošného odtoku vody na odtok soustředěný. Dalším významným procesem doprovázejícím erozi je ukládání půdních částic, které byly erozí uvolněny a transportovány, přičemž tyto procesy se mohou lišit svým rozsahem [4].

Plošná eroze se vyznačuje rovnoměrným smyvem půdních částic po celé ploše, což vede k plošnému odtoku vody a postupnému ztenčování vrstvy půdy. Tato eroze selektivně odplavuje jemnozrnné frakce půdy, což mění její texturu, obsah organické hmoty a živin. Jemnozrnné částice se usazují ve spodních částech svahu nebo v lokálních depresích, zatímco lehčí organické částice často končí ve vodotečích. Plošná eroze nezanechává na povrchu výrazné stopy, ale projevuje se například akumulací jemného materiálu ve spodních částech svahů (zjištěnou půdním vpichem či sondou) nebo nestejným růstem vegetace. V horních částech svahů dochází k úbytku jemných částic a živin, zatímco ve spodních částech se usazuje smytý materiál.

Plošná eroze může při konvenčním zpracování půdy způsobit ztrátu osiva, zejména po zasetí. Tato forma eroze představuje z hlediska ochrany vod významné riziko, protože

selektivně odnáší jemné částice s vysokým obsahem vázaných chemických látek, čímž zvyšuje koncentraci těchto látek v sedimentu ukládaném ve vodotečích [4].

2.2 DRENÁŽE

2.2.1 DRENÁŽE V ČR

Stavby pro zemědělské odvodnění byly v minulosti navrhovány s cílem podpořit a rozvíjet zemědělství. Jejich historie v České republice sahá až do konce 19. století. Nové požadavky na využití krajiny a ochranu přírody mění předchozí přístupy a vyžadují komplexní přehodnocení situace. Při návrhu eliminačních opatření je důležité zohlednit plošný dosah konkrétního odvodnění a často složitou topologii systému. Tyto faktory mají významný dopad, který daleko přesahuje samotnou lokalitu zamýšleného zásahu [1].

Při návrhu a hodnocení eliminačních opatření pro zemědělské odvodnění je nutné vzít v úvahu specifické podmínky v České republice:

- Z hydrologického hlediska je naše území pramennou oblastí Evropy, s několika drobnými výjimkami.
- Půdní pokryv je unikátní díky výraznému geomorfologickému členění a rozmanitému geologickému složení.
- Vysoký podíl orné půdy v kombinaci s genetickými dispozicemi naznačuje její přetížení, zejména v pahorkatinách a vrchovinách.
- Mnoho půd je ohroženo degradačními procesy, což vede k výraznému úbytku půdního profilu a následnému znehodnocení hydrosféry a dalších přírodních složek.
- Historické i současné hospodaření na zemědělské půdě (kde pronájmy dosahují 86 %) negativně ovlivňuje půdní vlastnosti a tím narušuje vodní režim hydrografické sítě.
- Vysoký podíl odvodněných půd představuje značnou ekologickou zátěž, zejména v horských a podhorských oblastech s komplikovanými vodohospodářskými poměry.
- Současný trend úbytku zemědělské půdy kvůli zástavbě snižuje přirozenou infiltraci dešťových vod a zrychluje odtok z povodí [1].

Historie drenážních systémů

První zmínky o odvodňovacích systémech v českých zemích pocházejí již z 19. století. Tehdy byly tyto systémy využívány především k odvodnění trvale zamokřených oblastí, čímž se rozšířily plochy vhodné pro zemědělskou produkci. Největší rozmach nastal v 60. až 80. letech 20. století, kdy bylo státem podporováno masivní budování drenážních

systemů. V této době bylo odvodněno přes 1 milion hektarů zemědělské půdy, což představuje více než čtvrtinu všech zemědělských pozemků v České republice [49].

Funkce a přínosy drenážních systémů

Drenážní systémy byly primárně navrženy pro zajištění optimálních podmínek pro zemědělskou produkci. Umožnily efektivní hospodaření na půdách, které by jinak byly příliš mokré a nevhodné pro pěstování plodin. Kromě toho pomáhaly snižovat riziko zamokření a eroze půdy, čímž přispěly k ochraně zemědělského půdního fondu [49].

Negativní dopady na vodní režim krajiny

Zatímco drenáže přinesly významné benefity pro zemědělství, měly také negativní dopady na vodní režim krajiny. Odvodnění vedlo ke zrychlenému odtoku vody z půdy a snížení hladiny podzemní vody. Tento proces ovlivnil schopnost krajiny zadržovat vodu, což se v posledních letech stává zásadním problémem v kontextu klimatických změn. Zrychlený odtok vody rovněž způsobil úbytek mokřadů a dalších ekosystémů závislých na vysoké vlhkosti půdy [49].

Současné výzvy a potřeba adaptace

Mnohé drenážní systémy jsou dnes zastaralé a vyžadují pravidelnou údržbu nebo rekonstrukci. Vzhledem ke změnám klimatu je nezbytné přehodnotit jejich roli v zemědělské krajině. Moderní přístupy doporučují adaptaci stávajících systémů tak, aby vedle zajištění zemědělské produkce umožnily i zadržování vody v krajině. Jednou z možných cest je regulace drenážního odtoku, která by pomohla zpomalit odtok vody a podpořila její akumulaci v půdě [49].

Efektivní hospodaření s vodou vyžaduje komplexní přístup, který zohledňuje jak potřeby zemědělců, tak ochranu přírodních zdrojů. Drenážní systémy by neměly být vnímány jako problém, ale jako nástroj, který lze upravit a využít v souladu s moderními požadavky na udržitelnost a ochranu životního prostředí [49].

Problematika drenážních systémů v zemědělství

Odstranění drenážních systémů z českých zemědělských půd, které pokrývají více než 25 % zemědělských pozemků (přes 1,1 milionu hektarů), představuje značně nákladný a technicky složitý proces. Při hustotě drenážních trubek 667–1000 metrů na hektar by jejich fyzické odstranění stálo až 300 tisíc Kč/ha, což činí tuto variantu neekonomickou. Alternativní řešení, jako například zacpávání drenáží na výustech, jsou rovněž problematická. Mohou vést k neplánovanému zamokření půdy, což snižuje její hodnotu a vytváří potenciální konflikty mezi vlastníky pozemků [48].

Moderní přístupy doporučují přizpůsobení existujících drenážních systémů současným klimatickým a zemědělským požadavkům. Regulace odtoku vody a řízení hladiny

podzemní vody mohou zlepšit zadržování vody v půdě, zvýšit odolnost plodin vůči suchu a snížit negativní dopady na biodiverzitu a hydrologické procesy v krajině. Techniky, jako jsou regulační drenáže a drenážní podmok, byly úspěšně implementovány již v minulosti, například v 70.–90. letech 20. století, a umožňují akumulaci vody v půdních pórech bez omezení zemědělských aktivit [48].

Drenáže ovlivňují klíčové aspekty zemědělské krajiny, včetně vlhkosti půdy, tepelné bilance, infiltrační schopnosti a retenčního potenciálu. Při jejich odstranění může dojít ke změnám ekologických a produkčních funkcí území, což má dopady na biodiverzitu, kvalitu půdní vody a ekonomickou hodnotu pozemků [48].

Je třeba zdůraznit, že efektivní správa drenážních systémů vyžaduje kombinaci technických úprav, regulace a odpovědného hospodaření. To nejen podporuje udržitelnost zemědělské výroby, ale přispívá i k ochraně vodních zdrojů a přizpůsobení se změnám klimatu [48].

2.2.2 ELIMINACE NEGATIVNÍCH DOPADŮ DRENÁŽNÍCH SYSTÉMŮ

Jedním z klíčových kroků je zlepšení údržby drenážních systémů. Pravidelná kontrola a čištění drenážního potrubí může zabránit jeho ucpávání a degradaci. Použití filtračních materiálů, jako je geotextilie, kolem drenážních tras pomáhá zabránit zanášení systému jemnými částicemi půdy. Opravy poškozených částí drenáže, jako jsou praskliny nebo prokopnuté úseky, by měly být prováděny okamžitě, aby se předešlo dalším škodám [50].

Revitalizace drenážních systémů může zahrnovat částečné zaslepení nebo odstranění nevhodně umístěných drenážních tras, které negativně ovlivňují hydrologický režim krajiny. V některých případech je vhodné přeměnit přímé drenážní trasy na systémy s přirozeným průtokem vody, například vytvořením mokřadů nebo retenčních ploch. Tyto změny nejen snižují negativní dopady odvodnění, ale také podporují biodiverzitu a zlepšují kvalitu vody [50].

Důležitou roli hrají přírodě blízká opatření, jako je zakládání mokřadů v blízkosti drenážních vývodů. Mokřady zpomalují odtok vody, umožňují její přirozenou infiltraci a zároveň slouží jako filtrační systém pro zlepšení kvality vody. Dalším účinným opatřením je budování retenčních nádrží, které zachycují přebytečnou vodu z drenážních systémů a umožňují její postupné odvádění [50].

Optimalizace drenážních systémů zahrnuje omezení počtu drenážních větví na nezbytné minimum a instalaci zařízení pro regulaci hladiny vody, například stavidel nebo drenážních šachet. Tyto technologie umožňují řídit množství odváděné vody podle aktuálních požadavků, což pomáhá udržovat rovnováhu mezi potřebou odvodnění a zajištěním dostatečné vlhkosti půdy [50].

Změny v hospodaření na půdě představují další důležitý krok ke zmírnění negativních dopadů drenáží. Zvyšování retence vody v půdě lze dosáhnout použitím organických

hnojiv, mulčováním nebo zeleným hnojením. Omezování používání pesticidů a chemických hnojiv snižuje riziko znečištění vodních zdrojů [50].

Podpora přirozených ekosystémů, jako jsou meze, remízky nebo zasakovací pásy, může přispět ke zlepšení schopnosti krajiny zadržovat vodu. Vysazování vegetace, která podporuje přirozenou infiltraci vody, a obnova původních krajinných struktur pomáhá zmírnit dopady intenzivního odvodňování [50].

V některých případech lze drenáže zcela nahradit alternativami, jako jsou vsakovací jámy, rýhy nebo příkopové závlahy, které napodobují přirozený odvod vody z krajiny. Zatrávnění nebo přeměna orné půdy na trvalé travní porosty v rizikových oblastech je dalším způsobem, jak snížit negativní dopady drenáží [50].

Klíčové je také vzdělávání a osvěta. Informování vlastníků půdy a zemědělců o možnostech zlepšení správy drenážních systémů a podpora jejich účasti v dotačních programech zaměřených na revitalizaci krajiny mohou významně přispět k efektivnímu řešení problematiky drenážních systémů [50].

Kombinace těchto opatření umožňuje najít rovnováhu mezi potřebou odvodnění a ochranou životního prostředí, což je nezbytné pro udržitelné hospodaření s vodními zdroji a zlepšení kvality krajiny [50].

2.2.3 DRENÁŽE V ZAHRANIČÍ

Účinné odvodnění krajiny je zásadní pro její zdraví a stabilitu. Dobře udržovaná krajina nejen přispívá k estetické hodnotě okolí, ale také podporuje celkovou strukturu a dlouhodobou udržitelnost majetku. Jedním z klíčových, avšak často opomíjených prvků je účinný drenážní systém.

Správně navržený a fungující drenážní systém hraje klíčovou roli v řízení nadměrné vody a zajištění stability krajiny, zejména v oblastech s vysokými srážkami nebo častými bouřemi. Nedostatečné či nesprávné odvodnění může vést k různým problémům, jako jsou stojaté vody a podmáčené trávníky, které nejenže narušují estetiku, ale mohou způsobit i závažné komplikace, jako jsou záplavy, které mohou negativně ovlivnit základy budov [2].

Přebytečná voda, která se na povrchu hromadí a není dostatečně odváděna, způsobuje erozi svrchní vrstvy půdy, odplavuje důležité živiny a narušuje celkovou půdní strukturu. Výsledkem této eroze mohou být nerovnosti terénu, propady, a dokonce strukturální poškození základů objektů na pozemku.

Začlenění účinného odvodňovacího systému do krajiny umožňuje rovnoměrné rozložení vody po celém pozemku, čímž se eliminuje riziko vzniku větších vodních ploch, které by mohly přispívat k erozi. Kromě ochrany před erozí poskytuje dobře navržený drenážní systém i optimální úroveň vlhkosti půdy, což je zásadní pro zdraví a vitalitu rostlin a trávníku [2].

Existuje několik typů odvodňovacích systémů pro krajinu, a proto může být výběr nejvhodnějšího řešení pro daný pozemek náročný. Následující možnosti patří mezi nejčastěji používané a každá z nich má své specifické výhody:

Francouzské odvodnění: Francouzský drenážní systém je jednoduchý, ale účinný způsob odvádění vody od budov. Využívá mírně skloněný výkop naplněný štěrkem a perforovanou trubkou, která zajišťuje plynulé odvodnění. Tento systém je vhodný zejména pro pozemky s nerovným terénem nebo častěji zamokřenými oblastmi.

Kanálové žlaby: Kanálové žlaby jsou lineární odvodňovací systémy, běžně používané na příjezdových cestách a terasách. Jsou navrženy k zachycení a odvedení povrchové vody, aby se předešlo zaplavení. Díky svému podlouhlému tvaru účinně odvádějí vodu z rozsáhlejších ploch, což je činí ideálními pro rovinaté i mírně svažité povrchy.

Povrchové odvodnění s usazovacími jímkami: Povrchové odvodňovací systémy s jímkami jsou strategicky umístěny v níže položených částech pozemku, kde shromažďují a odvádějí přebytečnou vodu. Jímka slouží jako bod pro zachycení nečistot, čímž zabraňuje ucpání systému a zajišťuje plynulý průtok vody.

Individuálně přizpůsobené odvodňovací systémy: V některých případech může pozemek vyžadovat specifické řešení kombinující více odvodňovacích technik. Odborníci mohou na základě analýzy konkrétních podmínek navrhnout individuální odvodňovací systém přizpůsobený specifickým požadavkům dané krajiny [2].

DRENÁŽ VE ŠVÉDSKU

Snížování hladin jezer bylo po staletí běžnou metodou získávání zemědělské půdy. Ve Švédsku se nachází přibližně 100 000 jezer větších než 1 ha. Největším projektem v této oblasti bylo snížení hladiny jezera Hjälmaren, čtvrtého největšího jezera v zemi, nacházejícího se v jižní části centrálního Švédska. Farmáři v okolí jezera se opakovaně snažili zbořit hráze, které zde stály již po staletí – nejstarší zaznamenaná hráz pochází z roku 1422. Proti snížení hladiny se však postavili vlastníci lodí na jezeře, což bylo pochopitelné, neboť maximální hloubka jezera činila 18 m. Přesto byl projekt nakonec schválen a v letech 1878 až 1887 došlo ke snížení hladiny o 1,3 m, čímž vzniklo až 15 000 ha nové půdy vhodné pro zemědělské využití a navíc dalších 3500 ha nového území. Projekt zahrnoval také výkop několika kanálů, avšak jeho realizace se neobešla bez lokálních problémů, jako byla kompakce organicky bohatých půd, což si vyžádalo vybudování hrází podél postižených oblastí [3].

Původně byly zemědělské půdy odvodňovány otevřenými příkopy, ty ale postupem času byly nahrazeny drenážními trubkami. Většina přeměny proběhla během 20. století a aktuálně je touto metodou odvodněno přibližně 1,6 milionu ha. Tato drenáž však vyžaduje pravidelnou údržbu, přičemž přibližně 20 % odvodňovaných oblastí dnes potřebuje opravy.

Odvodnění půd obsahujících sulfid představuje specifický problém, neboť z těchto půd uniká kyselá voda s vysokým obsahem kovů. Ve Švédsku se tento typ půd nachází zejména podél pobřeží Botnického zálivu, zatímco ve Finsku jsou hojně rozšířeny v oblasti Ostrobothnia, kde byly podrobněji studovány. Jednou z možností, jak zabránit oxidaci sulfidů a následnému kyselému vyluhování, je řízená drenáž, která snižuje kolísání hladiny podzemní vody [3].

Tradiční systém odvodnění na ostrově Gotland v Baltském moři zahrnoval velké množství příkopů. Aby bylo možné zmírnit nedostatek podzemní vody pro zásobování vodou, Švédský geologický průzkum nedávno vydal zprávu, která navrhuje možnosti zvýšení doplňování podzemních vod, například umístěním překážek pro snížení odtoku, jako je zasypání některých příkopů. Místo rovných příkopů zpráva doporučuje zakřivené odvodňovací kanály, které prodlužují dobu odtoku a zvyšují infiltraci. V otevřených příkopech lze také vybudovat přehradu a bariéry.

Odvodňování půdy snižováním hladin jezer a odvodňováním lesů a mokřadů je praxí využívanou po několik staletí. Po dlouhou dobu se však tato činnost opírala spíše o mýty než o vědecké poznatky. Až v posledních desetiletích přinesly výzkumy spolehlivější poznatkovou základnu. Od počátku 20. století proběhly dvě významné vlny odvodňování: první v době ekonomické krize 30. let 20. století, kdy se kvůli vysoké nezaměstnanosti zapojil velký počet pracovníků do ručního kopání příkopů. Druhá vlna nastala v 80. a 90. letech 20. století díky rozvoji technologií, jako je odstřelování příkopů, použití speciálních pluhů a výkopových strojů. Dnes je hlavní činností v oblasti lesního hospodářství proplachování stávajících příkopů při těžbě dřeva, přičemž je třeba dbát na ochranu vodních ploch nacházejících se níže po proudu. Tento aspekt řízení příkopů však stále zůstává předmětem odborné diskuze [3].

V minulosti bylo odvodněno mnoho mokřadů, což z nich učinilo spíše zdroje než zásobníky oxidu uhličitého. V posledních desetiletích však probíhá obnova mokřadů s cílem vytvořit zásobníky pro živiny a suspendované látky, ale tento krok měl zatím pouze omezený vliv na snížení ztráty živin do Baltského moře.

Předpokládá se, že klimatické výkyvy budou v budoucnosti výraznější, přičemž některé oblasti Švédska, jako jsou ostrovy Öland a Gotland v Baltském moři, již nyní čelí nedostatku vody. Již probíhají iniciativy zaměřené na zpomalení odtoku a zvýšení doplňování podzemních vod. Léto 2018 bylo velmi teplé a suché, což vedlo k trvale nízkým hladinám podzemních vod, a to jak v malých, tak ve velkých vodních rezervoárech [3].

3 POUŽITÉ PROGRAMY

3.1 ARCGIS PRO

ArcGIS Pro je moderní desktopový geografický informační systém (GIS) vyvinutý společností Esri, který slouží k analýze prostorových dat, tvorbě map a správě geografických informací. Nabízí intuitivní uživatelské rozhraní, pokročilé analytické nástroje a širokou podporu různých datových formátů. Umožňuje práci s 2D i 3D daty, integraci s cloudovými službami a podporuje automatizaci pomocí skriptování v jazyce Python. Díky své flexibilitě je ArcGIS Pro využíván v mnoha oborech, jako je urbanismus, environmentální vědy nebo dopravní plánování. Program umožňuje efektivní zpracování velkého množství dat a jejich vizualizaci, což z něj činí klíčový nástroj pro odborníky zabývající se prostorovou analýzou [13].

3.2 DESQ – MAXQ

DesQ – MaxQ je hydrologický model určený pro simulaci a analýzu povrchového odtoku a průtokových charakteristik v tocích v závislosti na srážkových událostech a povodí. Tento nástroj umožňuje efektivní modelování odtokových procesů, návrh ochranných opatření proti povodním a dimenzování vodohospodářských staveb. Model kombinuje hydrologické a hydraulické výpočty s možností zohlednění specifických parametrů povodí, jako jsou infiltrace, evapotranspirace a charakteristiky půdního krytu. Díky své přístupnosti a přesnosti se DesQ – MaxQ často využívá v inženýrské praxi, zejména při návrhu retenčních nádrží, odvodňovacích systémů nebo analýze extrémních hydrologických událostí [14].

3.3 AUTOCAD

AutoCAD je pokročilý software pro počítačem podporované navrhování (CAD), vyvinutý společností Autodesk, který se stal standardem v mnoha odvětvích, jako je architektura, stavebnictví, strojírenství a design. Umožňuje vytváření detailních 2D výkresů a 3D modelů, nabízí širokou škálu nástrojů pro kreslení, úpravy a vizualizaci. Díky podpoře skriptování a automatizace procesů je AutoCAD efektivní nástroj pro zvýšení produktivity při návrhu a dokumentaci projektů. Jeho flexibilita, široká kompatibilita s různými formáty souborů a pravidelné aktualizace z něj činí jeden z nejpopulárnějších nástrojů v oblasti technického navrhování [15].

3.4 ATLAS DMT

Atlas DMT je moderní software určený pro vizualizaci, analýzu a správu dat v oblasti digitálních modelů terénu (DMT). Program umožňuje zpracování rozsáhlých geodetických a kartografických dat, jejich vizualizaci ve 2D a 3D prostředí, a podporuje pokročilé analýzy, jako jsou výpočty sklonu, expozice či objemové analýzy. Díky intuitivnímu

uživatelskému rozhraní a široké škále funkcí nachází využití nejen v geodézii, ale také v geografii, urbanismu a environmentálním plánování. Jeho modulární architektura navíc umožňuje přizpůsobení specifickým potřebám uživatele [51].

4 POUŽITÉ METODY

4.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA KLIMATICKÝCH POMĚRŮ DLE QUITTA

Evžen Quitt vycházel při klasifikaci podnebí z klimatologických dat, zejména z Atlasu podnebí ČSR, a vybral 14 charakteristik, které zahrnovaly teplotní poměry (průměrné teploty v lednu, dubnu, červenci a říjnu, počet letních dnů, mrazových dnů, dnů s nízkou teplotou a dnů s průměrnou teplotou nad 10 °C) a srážkové poměry (srážky během vegetačního období a chladnější poloviny roku, počet dnů se srážkami a sněhovou pokrývkou). Dále zahrnoval počet jasných a zamračených dnů. Tyto charakteristiky poskytují cenné informace pro technické, rekreační a zemědělské účely [23, 24].

Podnebí bylo klasifikováno přiřazením těchto charakteristik k čtvercům o velikosti 3 km, přičemž oblast ČSSR byla rozdělena do 23 podnebných jednotek. Tyto jednotky byly rozděleny do tří hlavních oblastí: teplé (T1–T5), mírně teplé (MT1–MT11) a chladné (CH1–CH7). Nejvyšší číslo označuje nejteplejší a nejsušší oblasti. Na území ČR se nachází 13 z těchto jednotek, zbytek se vyskytuje na Slovensku [23, 24].

4.2 PEDOLOGICKÉ POMĚRY S VYUŽITÍM HPJ

První z pedologických map byla vytvořena mapa hlavních půdních jednotek (HPJ). Číselné zařazení HPJ vychází z kódového systému Bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ). Tento systém slouží k hodnocení produkční schopnosti půd a jejich optimálnímu využití. BPEJ je vyjádřena pomocí pětimístního kódu (viz tab. 1), kde jednotlivé číslice představují následující informace: první číslice označuje klimatický region, druhá a třetí číslice hlavní půdní jednotku (HPJ), čtvrtá číslice charakterizuje sklon terénu a orientaci ke světovým stranám, a pátá číslice určuje hloubku a skeletovitost půdy [9].

„Hlavní půdní jednotka je definována jako syntetická agronomizovaná jednotka charakterizovaná účelovým (agronomickým) seskupením genetických půdních typů, subtypů, půdotvorných substrátů, zrnitosti, hloubky půdy, typem a stupněm hydromorfizmu a reliéfem území. Klasifikační soustava bonitace představuje 78 HPJ, které z geneticko agronomického hlediska tvoří 13 základních skupin [9].“

Tab. 1 Charakteristika kódu BPEJ [9]

Označení kódu BPEJ	Pořadí číslice v kódu BPEJ		Rozsah hodnot
X.xx.xx	1.	kód klimatického regionu	0–9
x.XX.xx	2. a 3.	kód hlavní půdní jednotky	1–78
x.xx.Xx	4.	sdužený kód sklonitosti a expozice	0–9
x.xx.xX	5.	sdužený kód skeletovitosti a hloubky půdy	0–9

4.3 PEDOLOGICKÉ POMĚRY S VYUŽITÍM HSP

Půdy lze rovněž klasifikovat na základě hydrologických skupin půd (HSP), které se dělí do čtyř kategorií: A, B, C a D. Toto rozdělení vychází z rychlosti infiltrace vody do půdy bez vegetačního pokryvu při jejím úplném nasycení vodou. Hydrologickou skupinu půd (HSP) lze určit na základě hlavní půdní jednotky (HPJ) pomocí převodní tabulky uvedené v metodice Janeček a kol. Přesné charakteristiky hydrologických vlastností jednotlivých skupin jsou uvedeny v tabulce 2 [12].

Tab. 2 - Hydrologické skupiny půd [12]

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

4.4 STANOVENÍ EROZE

Výpočet dlouhodobé průměrné ztráty půdy G vychází z Univerzální rovnice pro výpočet eroze (USLE):

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

Veličiny použité v této rovnici:

- **G:** Průměrná dlouhodobá ztráta půdy [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$],
- **R:** Faktor erozní účinnosti deště [$\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$],
- **K:** Faktor erodovatelnosti půdy [$\text{t} \cdot \text{h} \cdot \text{MJ}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$],
- **L:** Faktor délky svahu (bezrozměrný),
- **S:** Faktor sklonu svahu (bezrozměrný),
- **C:** Faktor ochranného vlivu vegetace (bezrozměrný),
- **P:** Faktor účinnosti protierozních opatření (bezrozměrný) [4, 12].

4.4.1 POSTUP STANOVENÍ JEDNOTLIVÝCH FAKTORŮ

1. R faktor (erozní účinnost deště)

R faktor vyjadřuje vliv intenzity a úhrnu deště na erozi půdy. Stanovuje se na základě dat o erozně nebezpečných srážkách (s intenzitou nad 12,5 mm/h nebo maximální 15minutovou intenzitou nad 6 mm). Pro přesné určení faktoru je nutné využít:

- Historická data o srážkách (např. z databáze ČHMÚ nebo ProClimDB).
- Výpočty kinetické energie srážek a jejich intenzity.

Výsledkem je průměrná dlouhodobá hodnota, která se regionálně liší a je dostupná v mapách regionalizace faktoru [4].

Pro potřeby této práce byly vrstvy R faktoru staženy ze stránek VUMOP (protierozní kalkulačka) [54].

2. K faktor (erodovatelnost půdy)

Faktor závisí na:

- Textuře půdy (podíl písčítých, hlinitých a jílovitých částic).
- Obsahu organické hmoty.
- Propustnosti půdy.

Hodnoty faktoru lze nalézt v půdních mapách nebo vypočítat pomocí laboratorních analýz půdy [4].

Vrstvy K faktoru byly staženy ze stránek VUMOP (protierozní kalkulačka) [54].

3. L a S faktory (délka a sklon svahu)

- **L faktor (délka svahu):** Vliv délky svahu na erozi se hodnotí podle vztahu:
kde je exponent závislý na sklonu svahu.
- **S faktor (sklon svahu):** Vliv sklonu se určuje jako poměr smyvu ke smyvu na svahu sklonu 9 %. Hodnoty jsou dostupné z digitálních modelů terénu (např. pomocí GIS) [4].

Pro výpočet eroze byly vrstvy LS faktoru staženy z protierozní kalkulačky ze stránek VUMOP [54]. Pro stanovení eroze po návrhu opatření byla vrstva stanovena pomocí programů USLE 2D a LS converter. Pro výpočet LS faktoru bylo třeba vyexportovat upravenou vrstvu LPIS a vrstvu digitálního modelu terénu z programu ArcGIS PRO jako textové soubory. Ty následně pomocí LS converteru byly převedeny na formát idrisi se kterým počítá program USLE 2D. V programu USLE 2D proběhl následně výpočet LS faktoru a opačným postupem byla vrstva převedena zpět do programu ArcGIS PRO.

4. C faktor (ochranný vliv vegetace)

C faktor zohledňuje:

- Typ vegetace (např. travní porosty, orná půda, lesní porosty).
- Agrotechnická opatření.

Hodnoty se liší během vegetačního období a jsou určeny empiricky na základě dlouhodobého sledování [4].

Pro potřeby diplomové práce byly vrstvy staženy z protierozní kalkulačky VUMOP [54].

Pro výpočet eroze po návrhu opatření je nutné hodnoty C faktoru příslušně upravit dle navržených opatření.

5. P faktor (účinnost protierozních opatření)

P faktor zahrnuje:

- Typ hospodaření (např. vrstevnicové obdělávání, pásové střídání plodin).

Hodnoty se pohybují mezi 0 a 1, přičemž nižší hodnoty odpovídají účinnějším opatřením [4].

Pro výpočet eroze bylo uvažováno s hodnotou 1. Při výpočtu eroze po návrhu opatření se bude hodnota měnit dle navržených opatření.

4.5 STANOVENÍ POVRCHOVÉHO ODTOKU

- Metoda SCS-CN (Soil Conservation Service Curve Number) umožňuje stanovení kulminačního průtoku pomocí následujících kroků:

1. Stanovení výšky přímého odtoku (H_0)

Základní vztah pro určení výšky přímého odtoku je:

$$H_0 = \frac{(H_s - I_a)^2}{(H_s - I_a + A)} \text{ [mm]}$$

- H_s : Celkový srážkový úhrn [mm].
- I_a : Počáteční ztráta [mm], která se rovná 20 % maximální potenciální retence (A).
- A: Maximální potenciální retence [mm], vypočítaná dle hodnoty CN:

$$A = 25,4 * \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Hodnota CN (Curve Number) vychází z infiltračních schopností půdy, využití území a počátečního nasycení [12].

2. Výpočet objemu přímého odtoku (O_{pH})

Objem přímého odtoku se určí ze vzorce:

$$O_{pH} = 1000 \cdot P_p \cdot H_0 \text{ [m}^3\text{]}$$

- P_p : Plocha povodí [km^2] [12].

3. Stanovení kulminačního průtoku (Q_{pH})

- Kulminační průtok se stanoví dle vztahu:

$$Q_{pH} = 0,00043 \cdot q_{pH} \cdot P_p \cdot H_o \cdot f$$

- q_{pH} : jednotkový kulminační průtok stanovený z nomogramu viz metodika Janeček a kol. [12].
- f : Opravný součinitel pro rybníky a mokřady (viz metodika Janeček a kol.) [12].

4.5.1 VÝPOČET POVRCHOVÉHO ODTOKU V PROGRAMU DESQ-MAXQ

Pro potřeby této diplomové práce byl použit program DesQ–MaxQ, varianta pro dva svahy, kdy byla plocha sběrného povodí rozdělena údolnicí. Většina potřebných veličin, jako je sklon a délka údolnice, plochy a sklony povodí či průměrná hodnota CN, byla získána pomocí programu ArcGIS Pro.

Hodnoty CN byly převzaty z tabulky 4-1 metodiky *Ochrana zemědělské půdy před erozí* [4], na základě znalosti hodnot HSP a využití daného území.

Dále do programu vstupují hodnoty úhrnu srážek, převzaté z nejbližší srážkoměrné stanice.

4.6 STANOVENÍ DRENÁŽNÍHO ODTOKU

Výpočet podzemního odvodnění byl proveden metodou stacionární (ustálenou), užívanou na VUT, fakultě stavební. Vychází ze základní průtokové rovnice:

$$Q = S \cdot v \text{ [m}^3\text{/s]}$$

- S : průtočná plocha průřezu svodného drénu [m^2],
- v : střední průřezová rychlost [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$].

Střední průřezová rychlost byla vypočítána dle vzorce J. Říhy z ČVUT pro potrubí z pálené hlíny:

$$v = 40,566 \cdot D^{0,74} \cdot i_e^{0,505} \text{ [m}\cdot\text{s}^{-1}\text{]}$$

- D : vnitřní průměr svodného drénu [m],
- i_e : sklon hladiny, pro ustálené proudění roven sklonu dna svodného drénu [-].

Průtok Q [$\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$] lze tedy spočítat:

$$Q = S \cdot v = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot 40,566 \cdot D^{0,74} \cdot i_e^{0,505}$$

5 CHARAKTERISTIKY ZÁJMOVÝCH ÚZEMÍ

5.1 VĚTŘKOVICE – NÁDRŽE

Obec Větřkovice se nachází v Moravskoslezském kraji, v okrese Opava, přibližně 15 km jihozápadně od města Opavy. Leží v krajině podhůří Nízkého Jeseníku, v nadmořské výšce kolem 430 metrů. Obcí protéká Husí potok, který tvoří přirozenou osu místní krajiny. Větřkovice jsou obklopeny lesy a zemědělskými plochami, což dotváří jejich charakter klidného venkovského sídla [17].

Tato diplomová práce se zaměřuje na analýzu dvou lokalit v obci Větřkovice, prvním z nich je v severní části obce, kde byly realizovány retenční nádrže označené jako N1 a N2, sloužící protipovodňové ochraně a dalším účelům. Tyto nádrže jsou vybudovány na Husím potoce [6, 17].

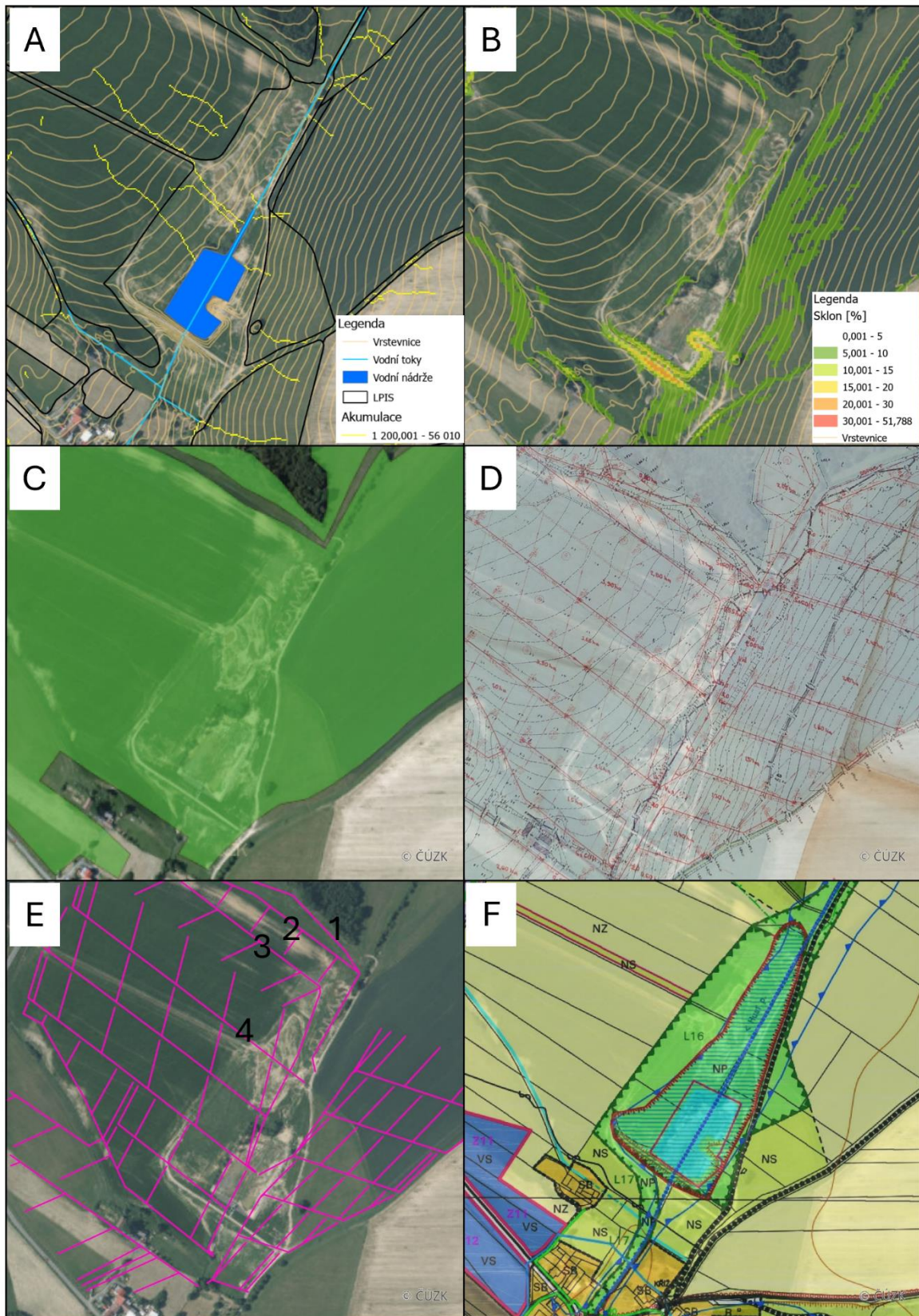
Nádrž N1 se nachází v severní části obce na levostranném přítoku Husího potoka. Jedná se o suchou retenční nádrž bez trvalé hladiny nadržení. Hráz nádrže byla vybudována jako zemní homogenní konstrukce z hutněné zeminy, přičemž materiál pro její výstavbu byl získán ze zemníku v prostoru zátopu. Hráz je zpevněna trvalým trávníkem, návodní svah je opatřen kamennou záhozovou patkou a opevněn kamenným záhozem o tloušťce 300 mm s urovnáním líce. Zához je uložen na štěrkopískovém filtru (frakce 0–16 mm) o tloušťce 100 mm. Vzdušný svah má v patě drén se štěrkopískovým obsypem a drenážním potrubím PVC o průměru 150 mm, přičemž patní drén ústí do odpadního koryta OK1. V ose hráze byl proveden zavazovací klín a koruna hráze se nachází na kótě 484,40 m n. m. Hráz má délku 81,2 m, šířku koruny 4,0 m, sklon návodního svahu 1:3 a vzdušného svahu 1:2. Výška hráze nad terénem dosahuje 6,7 m [6].

Nádrž N2 byla realizována na Husím potoce nad intravilánem obce. Původní nádrž, postavená v roce 1967, byla rekonstruována pro zajištění protipovodňové ochrany a zlepšení technického stavu. Rekonstrukce zahrnovala dosypání hráze do finální figury se sklonem návodního svahu 1:3,7 a vzdušného svahu 1:2,2. Koruna hráze byla rozšířena na šířku 4,0 m a její výška nad terénem dosahuje 6,5 m [6].

Hráz nádrže N2 byla zpevněna trvalým trávníkem, návodní svah byl podchycen kamennou záhozovou patkou a opevněn kamenným záhozem o tloušťce 300 mm s urovnáním líce, uloženým na štěrkopískovém filtru (frakce 0–16 mm) o tloušťce 100 mm. Vzdušný svah je opatřen drénem se štěrkopískovým obsypem a drenážním potrubím PVC o průměru 200 mm, přičemž patní drén ústí do koryta Husího potoka. Před zahájením stavebních prací byla na návodní straně provedena injektáž podloží. Koruna hráze se nachází na kótě 486,20 m n. m [6].

Na obrázku 1 jsou patrné charakteristiky území týkající se hydrologických poměrů, sklonitosti, využití území a výskytu drenáže. Je patrné, že se na celém zájmovém území vyskytuje podzemní drenáž, která svádí podzemní vodu k nádržím. Dle ISMS (Informační systém melioračních staveb) se na celém zájmovém území nachází odvodňovací stavby viz obr. 1C.

Komplexní pozemkové úpravy (KPU) v obci Větrkovice byly zahájeny a v roce 2016 byly uvedeny jako probíhající. V roce 2023 byla realizována I. etapa, která zahrnovala rekonstrukci nádrže N2 se svodným průlehem a revitalizaci v zátopě nádrže. V současnosti probíhá II. etapa, zaměřená na výstavbu komunikace, hospodářských sjezdů a propustku, která navazuje na předchozí etapu. Pro podrobnější informace doporučuji kontaktovat místní úřad nebo příslušný pozemkový úřad [38, 39, 40].



Obr. 1 - Charakteristiky zájmového území Větrkovice nádrže

A) Mapa hydrologických poměrů, B) Mapa sklonitostních poměrů, C) Mapa ploch melioračních staveb [25], D) Výkres drenáže [28], E) Mapa digitalizované drenáže, F) Územní plán - koordinační výkres [29]

5.1.1 KLIMATICKÉ POMĚRY

Větřkovice, které leží v Moravskoslezském kraji, bychom je podle klasifikace dle Quitta přiřadili do mírně teplé oblasti, konkrétně MT6 až MT7. Tento region vykazuje charakteristiku mírného kontinentálního klimatu, s chladnějšími zimami a teplými léty, což odpovídá klasifikaci mírně teplých oblastí (MT) [23].

Pokud bychom se podívali na podrobnosti klimatické oblasti v rámci Quittovy klasifikace, Větřkovice se nacházejí v mírně teplé oblasti MT7 (charakteristiky viz tab. 3). Pro tuto oblast platí, jaro je krátké a mírné, léto je mírné, mírně suché a normálně dlouhé, podzim je krátký a mírně teplý, zima je mírně chladná, suchá až mírně suchá a normálně dlouhá [23, 24].

Tab. 3 – Charakteristiky klimatické oblasti MT7 [23]

Počet letních dní	30–40
Počet dní s prům. teplotou 10 °C a více	140–160
Počet dní s mrazem	110–130
Počet ledových dní	40–50
Prům. lednová teplota [°C]	-2 až -3
Prům. červencová teplota	16–17
Prům. dubnová teplota [°C]	6–7
Prům. říjnová teplota [°C]	7–8
Prům. počet dní se srážkami 1 mm a více	100–120
Suma srážek ve vegetačním období [mm]	400–450
Suma srážek v zimním období [mm]	250–300
Suma srážek celkem [mm]	650–750
Počet dní se sněhovou pokrývkou	60–80
Počet zatažených dní	120–150
Počet jasných dní	40–50

5.1.2 PŮDNÍ POMĚRY

Na zájmovém území Větřkovice v okolí nádrže se vyskytují dvě hodnoty HPJ a to 26 a 48 (viz obr. 2A).

- HPJ 26 - „*Kambizemě modální eubazické a mezobazické, včetně slabě oglejených variet na břidlicích, hadcích, slaběji bazických horninách, popřípadě nerozlišitelném střídání*

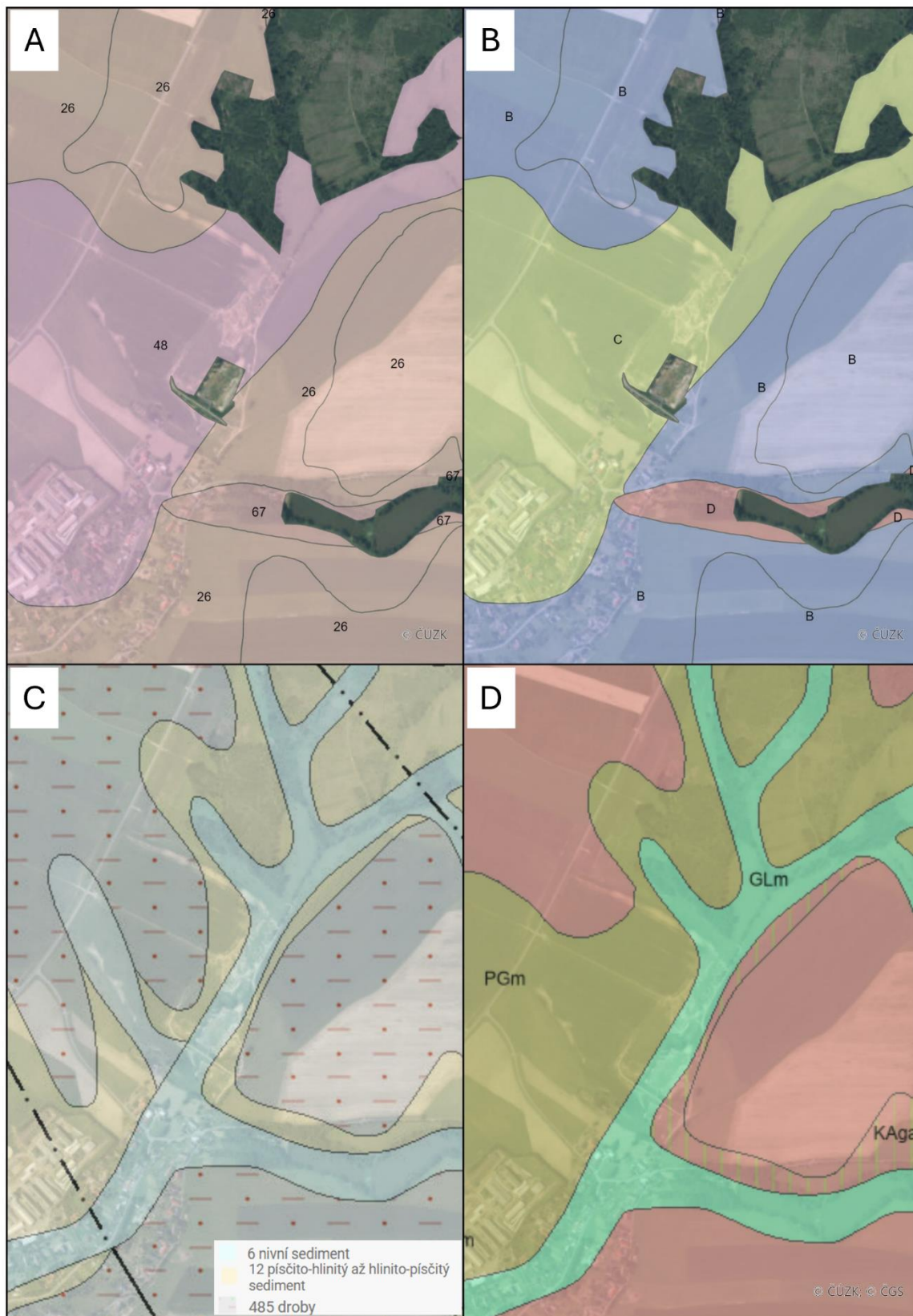
hornin bazických s neutrálními až kyselými (např. jílovské pásmo, některé metamorfované diabasy apod.) převážně středně těžké, až středně skeletovité, s příznivými vláhovými poměry [9]. “

- HPJ 48 - „*Kambizemě oglejené a glejové, pararendziny kambické oglejené, pararendziny oglejené a pseudogleje na opukách, břidlicích, drobách, permokarbonu nebo flyši, ojediněle bazických vyvěřelinách a tufech, středně těžké lehčí až středně těžké, bez skeletu až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému, převážně jarnímu zamokření. [9]. “*

V okolí nádrže ve Větrkovicích se nachází hydrologické skupiny půd B a C, přičemž skupina C je dominantní v těsné blízkosti nádrže (viz obr. 2B).

Z geologického hlediska (obr. 2C) je patrné, že nivní sedimenty jsou v okolí nádrží a Husího potoka. Dále se zde vyskytují písčito-hlinité sedimenty až hlinito-písčité sedimenty a ve velké části na polích jsou droby [11].

Dle půdních typů (obr. 2D) je v blízkosti vodních toků glej modální (GLm), Dalším typem je pseudoglej modální (PGm) a na dalších plochách na zájmovém území se vyskytuje kambizem antropická (KAa) [10].

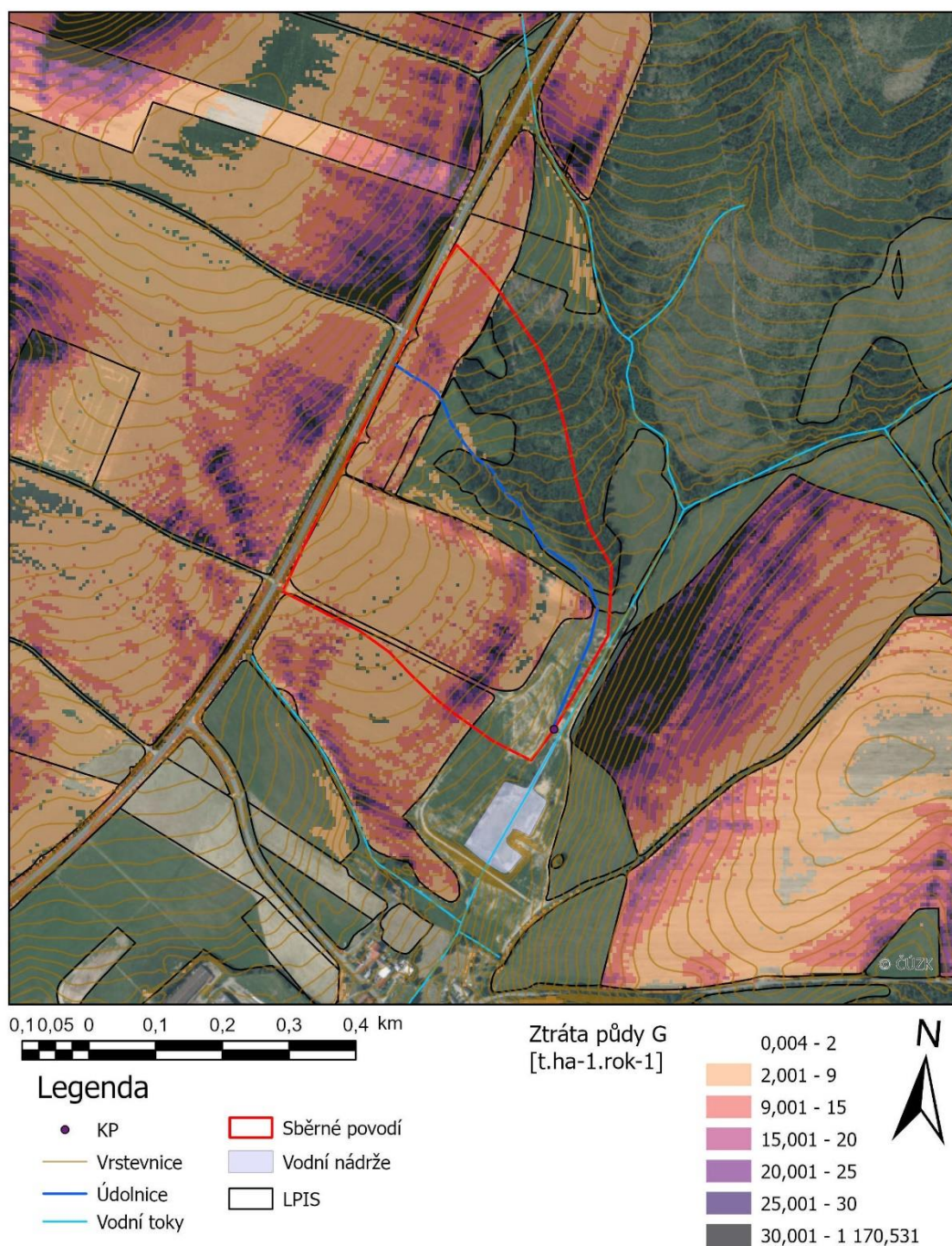


Obr. 2 - Půdní poměry (Větrkovice nádrže)

A) Mapa hlavních půdních jednotek, B) Mapa hydrologických skupin půd, C) Geologická mapa [11], D) Mapa půdních typů [10]

5.1.3 EROZNÍ POMĚRY

V zájmovém území ve Větrkovcích byl stanoven kritický profil v místě suché nádrže N1, ke kterému byla následně vynesena údolnice a sběrné povodí. Na obrázku 3 je viditelná erozní ohroženost, která je barevně označena podle možné ztráty půdy. Průměrná hodnota byla stanovena v programu ArcGIS Pro pomocí zonální statistiky na $6,46 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$.



Obr. 3 - Mapa erozní ohroženosti Větrkovice nádrž

5.1.4 VÝPOČET POVRCHOVÉHO ODTOKU

V tabulce 4 jsou uvedeny parametry sběrného povodí ve Větrkovicích u nádrže N1. Dále je zde uveden výpočet povrchového odtoku, který byl proveden v programu DesQ – MaxQ. Hodnota stoletého kulminačního průtoku činí $Q_{100} = 1,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a objem stoleté povodňové vlny $W_{PVT,100} = 7\,340 \text{ m}^3$.

Tab. 4 – Větrkovice – nádrž: charakteristiky a vypočtené hodnoty odtokových poměrů sběrného povodí

plocha povodí	délka údolnice	sklon údolnice	prům. CN	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	$W_{PVT,100}$
[km ²]	[km]	[%]	[-]	[m ³ ·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	[10 ³ m ³]
0.2101	0.68	3.12	78.18	0.249	0.567	1.05	7.34

5.1.1 DRENÁŽ

PŮVODNÍ DRENÁŽ

V prostoru zdrže nádrže N2 se nachází stávající drenážní systém, jehož výskyt se předpokládá zejména v okolí zátopy. Trasa drenáže je podchycena, přepojena a zaústěna do zátopy nádrže [6].

NOVĚ VYBUDOVANÁ DRENÁŽ

V rámci rekonstrukce hráze bude v patě vzdušného svahu instalován patní drén z PVC potrubí o průměru 200 mm, obložený štěrkopískovým obsypem. Tento drén bude vyústěn do koryta Husího potoka. Návrh zahrnuje opatření, která zajistí kompatibilitu nového drenážního systému se stávajícími prvky a dlouhodobou funkčnost odvodnění [6].

5.1.2 VVÝPOČET DRENÁŽNÍHO PRŮTOKU

Na zájmovém území ve Větrkovicích u nádrže N1 bylo počítáno se čtyřmi svodnými drény, které jsou zobrazeny na obrázku 1D, označení viz obr. 1E. Z tohoto výkresu byly převzaty hodnoty hloubky založení drenáže h_d , vnitřního průměru svodného drénu D a odvodňované plochy $S_{p,n}$, které jsou uvedeny v tabulce 5. Hodnoty i_e byly vypočteny v programu ArcGIS na základě nadmořských výšek z digitálního modelu terénu. Výpočet byl proveden dle postupu uvedeného v kapitole 4.6. Celkový drenážní průtok pro toto území byl stanoven na $0,056 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ při odvodňované ploše 10,8 ha.

Tab. 5 – Větřkovice – nádrž: charakteristiky a výpočet drenážního průtoku

h_d	1.2	m	h_d	1.2	m	h_d	1.2	m	h_d	1.2	m
D	100	mm	D	100	mm	D	130	mm	D	100	mm
D	0.1	m	D	0.1	m	D	0.13	m	D	0.1	m
R	0.025	m	R	0.025	m	R	0.0325	m	R	0.025	m
i_e	0.038	–	i_e	0.038	–	i_e	0.038	–	i_e	0.038	–
Q_1	0.011	$m^3 \cdot s^{-1}$	Q_2	0.011	$m^3 \cdot s^{-1}$	Q_3	0.023	$m^3 \cdot s^{-1}$	Q_4	0.011	$m^3 \cdot s^{-1}$
$S_{p,1}$	2.7	ha	$S_{p,2}$	1.4	ha	$S_{p,3}$	2.8	ha	$S_{p,4}$	3.9	ha
Q_{celk}	0.056	m^3/s	$S_{p,celk}$	10.8	ha						

5.2 VĚTŘKOVICE – TŮNĚ

Druhá zájmová oblast se nachází východně od obce Větřkovice a zahrnuje navržené stavební objekty – vodní tůně T1, T2 a mokřad MO1. Tyto objekty byly navrženy s cílem zlepšení vodohospodářských poměrů v dané lokalitě [17].

Lokalita pro tůně T1 a T2 leží východně od obce, poblíž silnice III/4629 směřující na Gručovice [7].

Tůň T1 je navržena v elipsovitém půdorysu o rozměrech přibližně 27 x 15 m, s celkovou plochou 340 m². Průměrná hloubka tůně je 1,69 m a sklony svahů jsou navrženy v poměru 1:3 až 1:2, aby vznikla rozmanitá litorální zóna s rozsáhlými mělčinami, které vyhovují většině organismů žijících v tůních. V rámci realizačního projektu budou sklony svahů upraveny na hodnotu 1:3, jak doporučuje Standard AOPK. Plocha a výška vodní hladiny budou během roku kolísat v závislosti na klimatických podmínkách; v průběhu jara a po vydatnějších srážkách může dojít k zatopení tůně. Dno tůně je navrženo pod průměrnou úrovní hladiny spodní vody a průměrná hloubka vody bude dosahovat 0,60–0,70 m pod terénem, přičemž hloubka vody bude 0,96 m při ploše hladiny 270 m² [7].

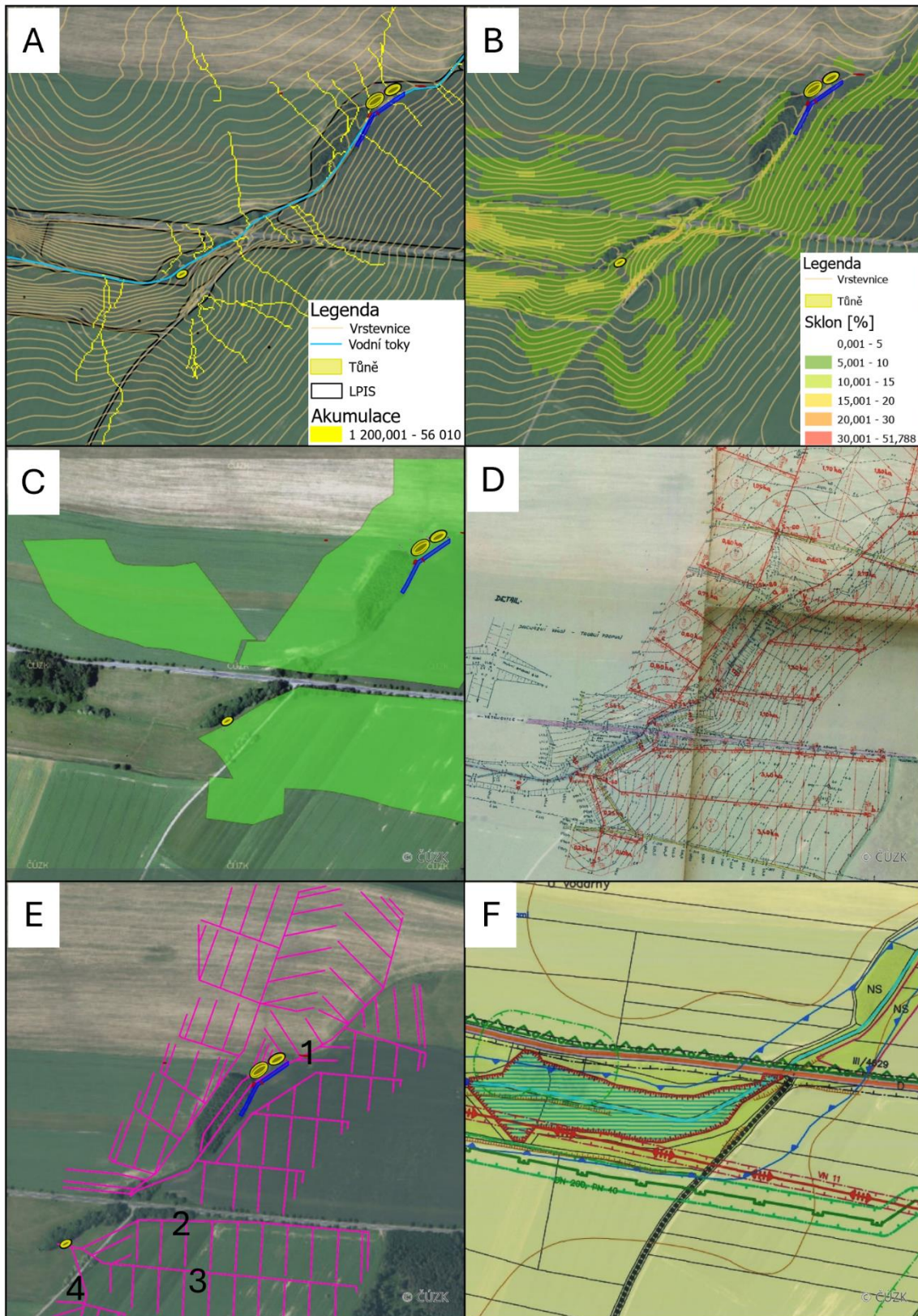
Tůň T2 se nachází v těsné blízkosti tůně T1 a rovněž má elipsovité tvar o rozměrech přibližně 32 x 18 m, přičemž celková plocha tůně je 471 m². Průměrná hloubka tůně je uvažována na 1,86 m, přičemž sklony svahů jsou opět navrženy v poměru 1:3 až 1:2 s cílem vytvořit rozmanitou litorální zónu. Také zde budou sklony svahů upraveny na hodnotu 1:3 dle doporučení Standardu AOPK. Plocha a výška vodní hladiny budou během roku kolísat v závislosti na klimatických podmínkách, přičemž v průběhu jara a po vydatnějších srážkách může dojít k zatopení tůně. Dno tůně je navrženo pod průměrnou úrovní hladiny spodní vody a průměrná hloubka vody bude dosahovat 0,50–0,60 m pod terénem, přičemž hloubka vody bude 1,32 m při ploše hladiny 350 m² [7].

Lokalita pro mokřad MO1 se nachází východně od obce Větřkovice, jižně pod silnicí III/4629. Jedná se o údolní nivu příkopu IDVT 10212509 (HOZ), který protéká od severovýchodu a pod silnicí pokračuje směrem k zastavěné části obce. Plocha pro mokřad MO1 je navržena na levém břehu tohoto toku. Mokřad má elipsovité tvar o rozměrech

přibližně 20 x 10 m, přičemž celková plocha mokřadu činí 176 m². Průměrná hloubka pod terénem je navržena na 1,60 m a sklony svahů jsou vzhledem k umístění navrženy v poměru 1:2, aby vznikla dostatečná hloubka vody. V rámci realizačního projektu budou sklony svahů upraveny na hodnotu 1:3 dle doporučení Standartu AOPK. Plocha a výška vodní hladiny budou během roku kolísat v závislosti na klimatických podmínkách; v průběhu jara a po vydatnějších srážkách může dojít k zatopení mokřadu. Dno mokřadu je navrženo pod průměrnou úrovní hladiny spodní vody a průměrná hloubka vody bude dosahovat 0,50–0,60 m pod terénem, přičemž hloubka vody bude 1,15 m při ploše hladiny 125 m² [7].

Vodní koryto viditelné na obr. 4A je vedeno jako otevřené HOZ (hlavní odvodňovací zařízení) o délce 1,36 km a bylo vystavěno v roce 1966 [44].

Na obr. 4A jsou zobrazeny dráhy soustředěného odtoku, které všechny končí v místech navržených tůň a mokřadu. Dle územního plánu (obr. 4F) jsou pozemky pro tůň a mokřad již vymezeny. Jak je patrné, výkres odvodnění (obr. 4D) a plochy odvodnění dle ISMS (obr. 4C) se poměrně shodují.



Obr. 4 - Charakteristiky zájmového území Větrkovice tůň

A) Mapa hydrologických poměrů, B) Mapa sklonitostních poměrů, C) Mapa ploch melioračních staveb [25], D) Výkres drenáže [28], E) Mapa digitalizované drenáže, F) Územní plán – koordinační výkres [29]

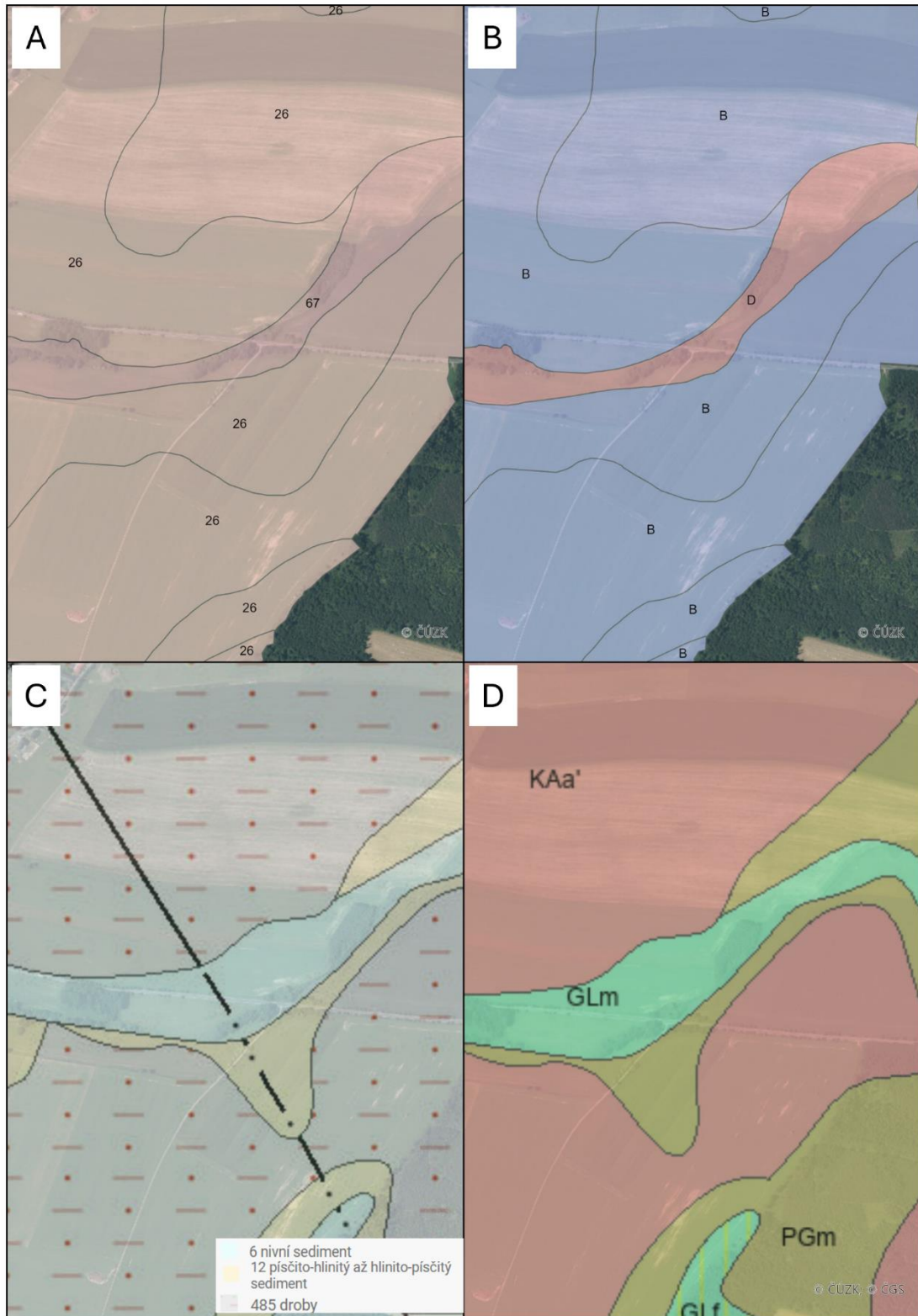
5.2.1 PŮDNÍ POMĚRY

Na zájmovém území ve Větrkovcích v okolí navržených tůní se z půdního hlediska vyskytuje HPJ 67 a na této ploše je i HSP třídy D. Ve větší míře se objevuje HPJ 26, kde se jedná o HSP třídy B (viz. Obr 5A, 5B).

- HPJ 26 - „*Kambizemě modální eubazické a mezobazické, včetně slabě oglejených variet na břidlicích, hadcích, slaběji bazických horninách, popřípadě nerozlišitelném střídání hornin bazických s neutrálními až kyselými (např. jílovské pásmo, některé metamorfované diabasy apod.) převážně středně těžké, až středně skeletovité, s příznivými vláhovými poměry [9].*“
- HPJ 67 - „*Gleje, pseudogleje glejové na různých substrátech často vrstevnatě uložených, v polohách širokých depresí a rovinných celků, lehčí středně těžké, středně těžké až velmi těžké, bez skeletu až slabě skeletovité, při vodních tocích závislé na výšce hladiny toku, těžko odvodnitelné [9].*“

Z geologické mapy (obr. 5C) je patrné, že na většině území se nachází droby, až na část kolem navržených vodních tůní, kde jsou nivní sedimenty a písčito-hlinité až hlinito-písčité sedimenty [11].

Z mapy půdních typů jde vidět, že se zde vyskytuje kambizem antropická (KAa´) a v menší míře pseudoglej a glej modální (PGm a GLm) [10].

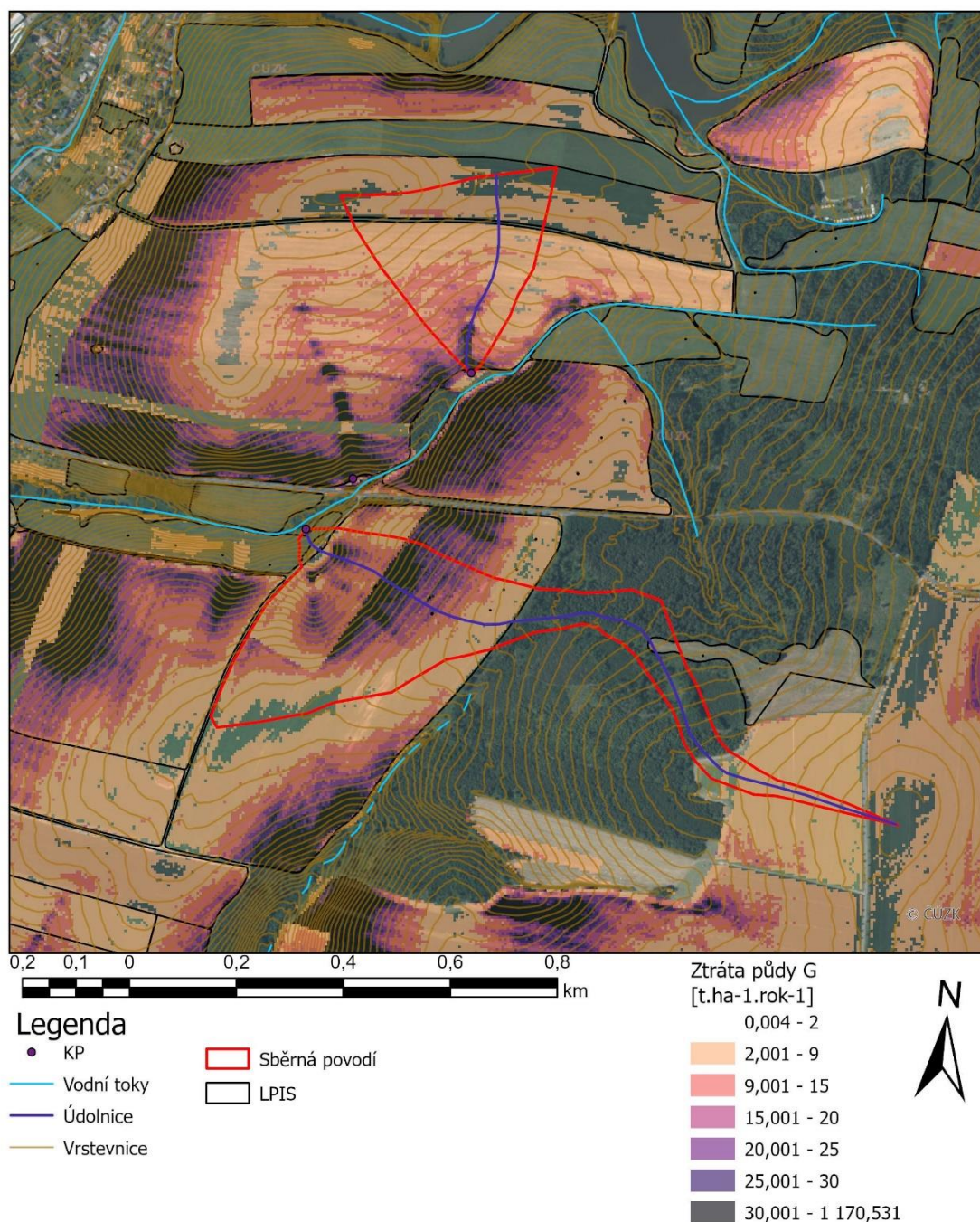


Obr. 5 – Půdní poměry (Větrkovice tůně)

A) Mapa hlavních půdních jednotek, B) Mapa hydrologických skupin půd, C) Geologická mapa [11], D) Mapa půdních typů [10]

5.2.2 EROZNÍ POMĚRY

Ve východní části obce Větrkovice byla vymezena dvě sběrná povodí. Na obrázku 6 jsou tato povodí zobrazena: v severní části povodí směřuje k jedné z navržených tůní a jižněji sběrné povodí k navrženému mokřadu. Charakteristiky těchto povodí jsou uvedeny v tabulkách 6 a 7. Průměrná roční ztráta půdy byla pro sběrné povodí tůní stanovena na $7,63 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ a pro mokřad na $12,09 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$.



Obr. 6 - Mapa erozní ohroženosti Větrkovice tůně

5.2.3 VÝPOČET POVRCHOVÉHO ODTOKU

V tabulce 6 jsou uvedeny hodnoty povrchového odtoku pro pětiletý, dvacetiletý a stoletý kulminační průtok. Stoletý kulminační průtok byl stanoven na $Q_{100} = 0,462 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Rovněž byl vypočten objem stoleté povodňové vlny, který je $3\,130 \text{ m}^3$.

Tab. 6 – Větrkovice – tůň: charakteristiky a vypočtené hodnoty odtokových poměrů sběrného povodí

	plocha povodí	délka údolnice	sklon údolnice	prům. CN	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	$W_{PVT,100}$
	[km ²]	[km]	[%]	[-]	[m ³ ·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	[10 ³ m ³]
Větrkovice tůň	0.0852	0.383	3.05	82.49	0.108	0.245	0.462	3.13

Stejně jako pro tůň byly stanoveny kulminační průtoky i pro sběrné povodí mokřadu. Stoletý kulminační průtok činí $1,03 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a stoletý objem povodňové vlny dosahuje $5\,060 \text{ m}^3$.

Tab. 7 - Větrkovice – tůň: charakteristiky a vypočtené hodnoty odtokových poměrů sběrného povodí

	plocha povodí	délka údolnice	sklon údolnice	prům. CN	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	$W_{PVT,100}$
	[km ²]	[km]	[%]	[-]	[m ³ ·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	[10 ³ m ³]
Větrkovice mokřad	0.1777	1.339	3.47	75.81	0.278	0.587	1.03	5.06

5.2.1 DRENÁŽ

PŮVODNÍ DRENÁŽ

V katastru obce se nachází plošné drenážní odvodnění, především na zemědělských plochách, a také nefunkční závlahové řady. Dle dostupných mapových podkladů je plošné drenážní odvodnění evidováno na ploše, kde je plánováno vybudování tůní T1 a T2. Technická dokumentace k tomuto systému se však nedochovala, a proto byla trasa svodného drénu odhadnuta v terénu na základě konfigurace okolního terénu [7].

ÚPRAVY DRENÁŽE

V rámci realizace tůní se navrhuje provedení kontrolního výkopu, který umožní lokalizaci stávajícího drenážního svodu. Následně bude vybudována nová drenážní šachtice, jejíž funkce zahrnuje monitoring kvality podzemních vod. Drenážní vody budou vyústěny do plánované tůně T2 [7].

Meliorační systém bude na příslušném úseku zaústěn do vodní tůně, přičemž jeho pokračování bude zaslepeno betonovou plombou. Stejný postup se navrhuje u

případných drobných melioračních pórů, které budou rovněž zaústěny do tůně. Tímto opatřením se předpokládá, že nedojde k narušení funkce stávající meliorace, jak ve vyšších, tak nižších částech dotčeného území [7].

Navržená opatření umožní efektivní začlenění tůní do stávajícího odvodňovacího systému a zároveň přispějí k environmentální funkčnosti a udržitelnosti celé lokality [7].

5.2.2 VÝPOČET DRENÁŽNÍHO PRŮTOKU

V tabulkách 8 a 9 jsou uvedeny charakteristiky drenáže na tomto zájmovém území. Hodnoty hloubky založení drenáže h_d , vnitřního průměru svodného drénu D a odvodňované plochy $S_{p,n}$ byly převzaty z výkresu zobrazeného na obrázku 4D. Do místa tůně směřuje pouze jeden svodný drén, pro který byl vypočten průtok $0,01 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Do místa mokřadu směřují 3 svodné drény, ve kterých byl vypočten průtok $0,053 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na odvodňované ploše 7,7 ha. Označení svodných drénů viz obr. 4E.

Tab. 8- Větřkovice – tůně: charakteristiky a výpočet drenážního průtoku

h_d	1.2	m
D	100	mm
D	0.1	m
R	0.025	m
i_e	0.029	–
Q_1	0.010	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
$S_{p,1}$	3.4	ha

Tab. 9 – Větřkovice – mokřad: charakteristiky a výpočet drenážního průtoku

h_d	1.2	m	h_d	1.2	m	h_d	1.2	m
D	130	mm	D	100	mm	D	80	mm
D	0.13	m	D	0.1	m	D	0.08	m
R	0.0325	m	R	0.025	m	R	0.02	m
i_e	0.063	–	i_e	0.063	–	i_e	0.086	–
Q_2	0.029	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	Q_3	0.014	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	Q_4	0.009	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
$S_{p,2}$	3.4	ha	$S_{p,3}$	3.4	ha	$S_{p,4}$	0.9	ha
Q_{celk}	0.053	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$S_{p,\text{celk}}$	7.7	ha			

5.3 STAROVICE

Obec Starovice se nachází v Jihomoravském kraji, v okrese Břeclav, přibližně 30 km jižně od Brna a 8 km severně od města Hustopeče. Leží v úrodné oblasti jižní Moravy,

v nadmořské výšce kolem 200 metrů. Obec je situována v malebné krajině charakteristické vinicemi, zemědělskými plochami a mírně zvlněným terénem [18].

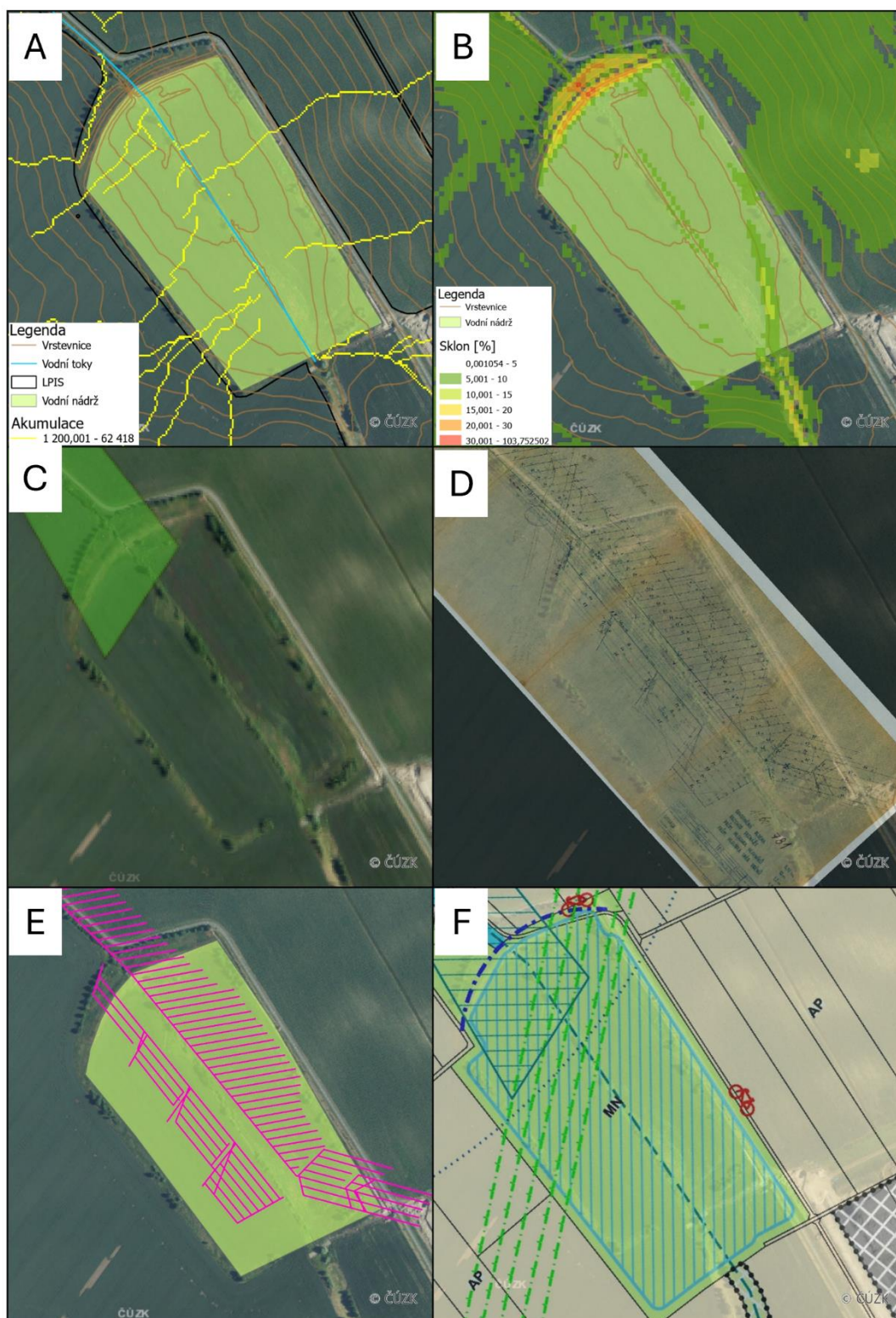
Ve východní části této obce se nachází suchá retenční nádrž, kterou se v této práci budeme zabývat.

Stavba byla realizována zahrnutím výstavby svodného příkopu a suché retenční nádrže. Navržená retenční nádrž na kótě 198,90 m má plochu retenční hladiny o rozloze 39 860 m² a objem vody 33 800 m³. Při maximální hladině na kótě 199,40 m se plocha zvětšila na 45 851 m² a objem vody dosáhl 56 070 m³. Maximální hloubka vody v nádrži činí 3,1 m. Nádrž byla zařazena do kategorie IV a byla vybavena zemní homogenní hrází o délce 216,70 m a maximální výškou nad terénem 3,70 m. Funkční objekty nádrže, včetně sdruženého objektu bezpečnostního přelivu a spodní výpusti, byly navrženy na transformovaný průtok 6,7 m³/s [8].

Svodný příkop byl realizován o délce 824,90 m a průměrné hloubce 1,2 m. V části příkopu o délce 255,0 m bylo provedeno ohrázkování [8].

Komplexní pozemkové úpravy (KoPÚ) v katastrálním území Starovice byly úspěšně dokončeny. Výsledkem těchto úprav je obnovený digitální katastrální operát a schválený plán společných zařízení (PSZ), který zpřístupňuje vlastníkům nově navržené pozemky a zvyšuje ekologickou stabilitu krajiny. V roce 2014 byla v modelovém území Starovice – Hustopeče u Brna provedena analýza erozní ohroženosti, která zohlednila nejnovější výzkumné poznatky [38, 41, 42].

Na obrázku 7 jsou patrné charakteristiky týkající se odvodnění, sklonitosti, hydrologických poměrů a využití území v okolí zájmové lokality, tedy nádrže ve Starovicích.



Obr. 7 – Charakteristiky zájmového území Starovice

A) Mapa hydrologických poměrů, B) Mapa sklonitostních poměrů, C) Mapa ploch melioračních staveb [25], D) Výkres drenáže [31], E) Mapa digitalizované drenáže, F) Územní plán – koordinační výkres [30]

5.3.1 KLIMATICKÉ POMĚRY

Obec Starovice, spadá podle klimatické klasifikace Evžena Quitta do teplé klimatické oblasti T4. Tato oblast je charakteristická velmi dlouhým, teplým a suchým létem, podrobnější charakteristiky jsou v tab. 10 níže. Tyto klimatické podmínky jsou ideální pro pěstování teplomilných plodin, jako je vinná réva, meruňky či broskve [23].

Tab. 10 – Charakteristiky klimatické oblasti T4 [23]

Počet letních dní	60–70
Počet dní s prům. teplotou 10 °C a více	170–180
Počet dní s mrazem	100–110
Počet ledových dní	30–40
Prům. lednová teplota [°C]	-2 až -3
Prům. červencová teplota	19–20
Prům. dubnová teplota [°C]	9–10
Prům. říjnová teplota [°C]	9–10
Prům. počet dní se srážkami 1 mm a více	80–90
Suma srážek ve vegetačním období [mm]	300–350
Suma srážek v zimním období [mm]	200–300
Suma srážek celkem [mm]	500–650
Počet dní se sněhovou pokrývkou	40–50
Počet zatažených dní	110–120
Počet jasných dní	40–60

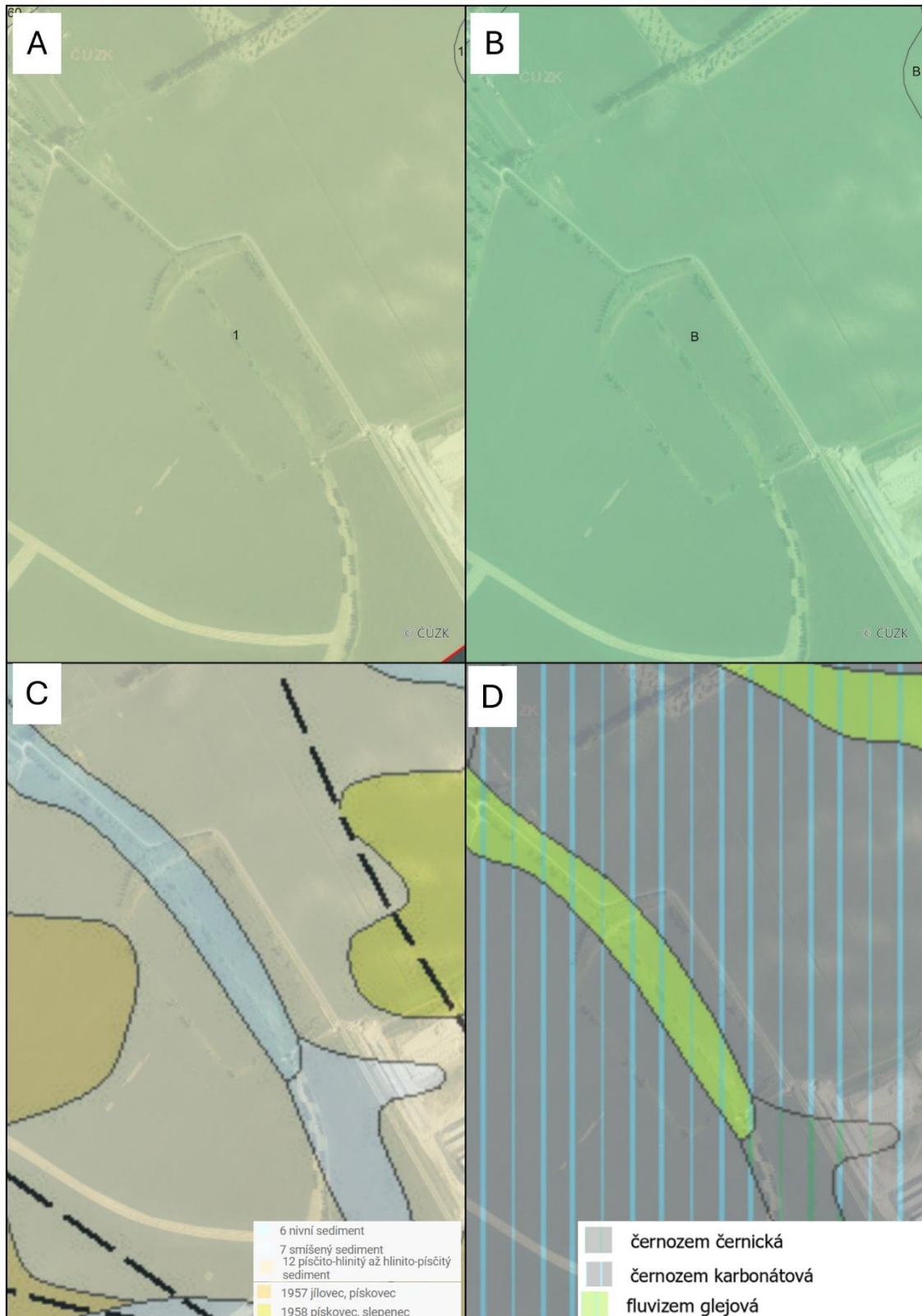
5.3.2 PŮDNÍ POMĚRY

Ve Starovicích, v okolí řešené nádrže se nachází pouze jedna HPJ a to 1. HSP je zde pouze třída B, tedy střední infiltrace (viz obr. 6A, 6B).

- HPJ 1 - „Černozemě modální, černozemě karbonátové, na spraších nebo karpatském flyši, půdy středně těžké, převážně bez skeletu, až středně skeletovité v území terasových štěrků, velmi hluboké, příznivé až výsušné v závislosti na klimatu [9].“

V okolí vodních ploch se z geologických poměrů zde vyskytují nivní a smíšené sedimenty, dále jsou zastoupeny písčito-hlinité až hlinito-písčité sedimenty a v menší míře jílovce, písčivce a slepence (obr. 8C).

Z půdních typů se zde nalézají černozem černická a karbonátová a v okolí vod fluvizem glejová (obr. 8D).

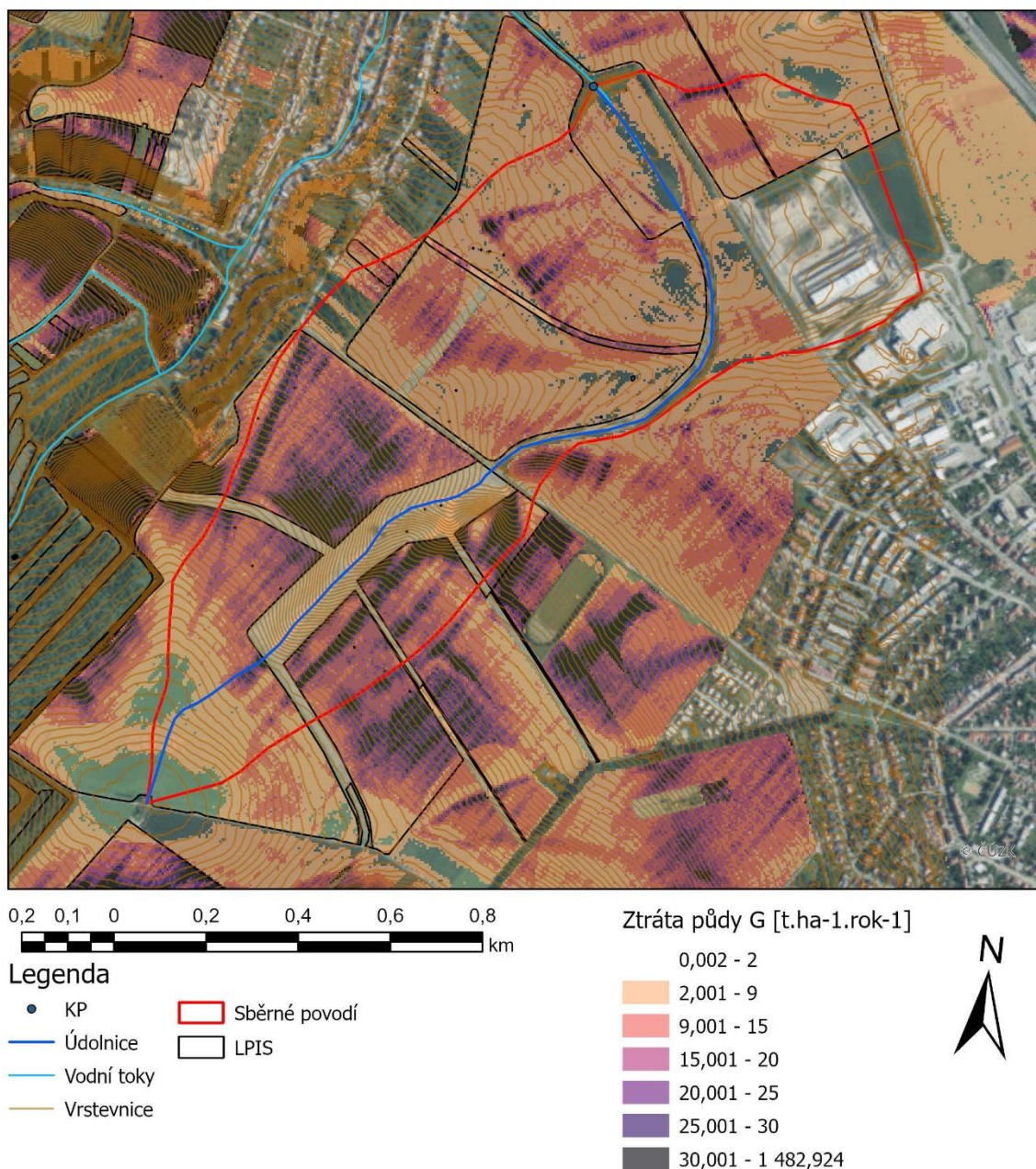


Obr. 8 – Půdní poměry (Starovice)

A) Mapa hlavních půdních jednotek, B) Mapa hydrologických skupin půd, C) Geologická mapa [11], D) Mapa půdních typů [10]

5.3.3 EROZNÍ POMĚRY

Ve Starovicích bylo vyneseno sběrné povodí k hrázi nádrže. Sběrné povodí bylo mírně pozměněno dle místních podmínek od vrstevnic, protože se zde vyskytuje příkop, který rovněž svádí povrchovou vodu do nádrže. Jak je patrné z obrázku 9, na tomto území může docházet k poměrně velké ztrátě půdy. Průměrná ztráta půdy, zjištěna v prostředí ArcGIS je vyčíslena na $10,43 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$.



Obr. 9 - Mapa erozní ohroženosti Starovice

5.3.4 VÝPOČET POVRCHOVÉHO ODTOKU

Hodnoty vstupující do výpočtu povrchového odtoku byly vyčteny v prostředí ArcGIS a následně použity v programu DesQ – MaxQ k získání kulminačních průtoků a objemu povodňových vln uvedených v tabulce 11. Stoletý kulminační průtok je $4,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a objem stoleté povodňové vlny $38 \cdot 10^3 \text{ m}^3$.

Tab. 11 - Starovice: charakteristiky a vypočtené hodnoty odtokových poměrů sběrného povodí

	plocha povodí	délka údolnice	sklon údolnice	prům. CN	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	$W_{PVT,100}$
	[km ²]	[km]	[%]	[-]	[m ³ ·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	[10 ³ m ³]
Starovice	1.140	2.291	4.17	83.72	0.957	2.11	4.1	38.1

5.3.1 DRENÁŽ

PŮVODNÍ DRENÁŽ

V zátopové ploše se nachází existující drenážní systém, jehož části se během úprav přizpůsobují požadavkům na provoz a bezpečnost. Drenáže, které procházejí pod tělesem hráze, se přerušují na návodní patě hráze, aby se předešlo riziku destabilizace hráze a prosakování vody [8].

NOVĚ VYBUDOVANÁ DRENÁŽ

Pro zajištění odvodnění zátopové plochy se buduje nový svodný drén o celkové délce 280,0 m, který se zaústí do nově zřizovaného odvodňovacího příkopu o délce 50,0 m.

Konstrukce svodného drénu

Drén obsahuje dvě kontrolní šachty DN 800 pro snadný přístup a údržbu. Na délce 200,0 m má drén profil 100 mm, přičemž zbývající část drénu má profil 80 mm.

Sběrné drény

Sběrné drény se pokládají v trase původních sběrných drénů, aby se zachoval jejich původní odvodňovací efekt. Tyto drény mají profil 50 mm a délku 20,0 m [8].

5.3.2 VÝPOČET DRENÁŽNÍHO PRŮTOKU

Na zájmovém území ve Starovicích se nachází drenáž pouze v oblasti nádrže viz obrázek 7E a byl počítán pouze jeden svodný drén. Hodnoty hloubky založení drenáže h_d , vnitřního průměru svodného drénu D a odvodňované plochy $S_{p,n}$ byly získány z výkresu zobrazeného na obr. 7D. Do výpočtu vstupovala hodnota D z výkresu, jelikož není zřejmé, že se tato drenáž na území již nevyskytuje. Sklon i_e byl vypočten z rozdílu výšek nejvyššího

a nejnižšího místa drenáže a délky tohoto úseku. Veškeré hodnoty jsou uvedeny v tab. 12 a drenážní průtok byl vyčíslen na $0,015 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Tab. 12– Starovice: charakteristiky a výpočet drenážního průtoku

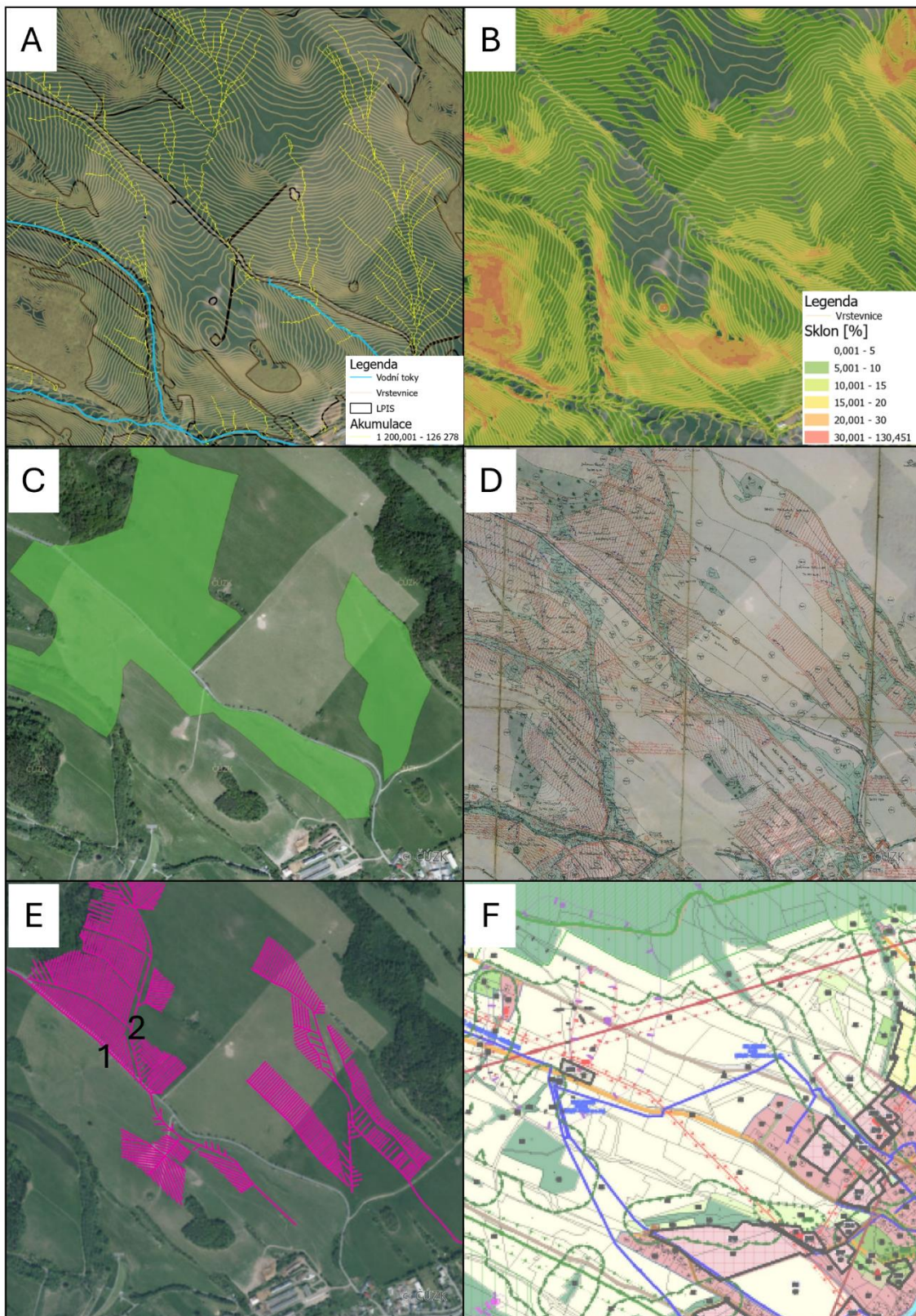
h_d	1.2	m
D	130	mm
D	0.13	m
R	0.0325	m
i_e	0.017	–
Q_1	0.015	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
$S_{p,1}$	6.3	ha

5.4 LICHNOV

Lichnov je obec situovaná v Moravskoslezském kraji, v okrese Bruntál, asi 7 km severozápadně od města Bruntál. Nachází se v půvabné krajině podhůří Nížkého Jeseníku, v nadmořské výšce přibližně 530 metrů. Okolí obce tvoří lesy, zemědělské plochy a mírně zvlněný terén, který dotváří její přírodní prostředí [20].

Komplexní pozemkové úpravy (KoPÚ) v katastrálním území Lichnov u Bruntálu byly úspěšně dokončeny. Výsledkem těchto úprav je obnovený digitální katastrální operát a schválený plán společných zařízení (PSZ), který zpřístupňuje vlastníkům nově navržené pozemky a zvyšuje ekologickou stabilitu krajiny. Dle zjištěných informací se však plánují další technická protierozní opatření jako průlehy s ozeleněním či biocentra a jiné revitalizace [38, 43].

Na obrázku 10 je viditelná oblast na které jsou v budoucnu plánovaná další opatření – průlehy s ozeleněním a také biocentrum, může zde tedy dojít ke kolizi se zjištěnou drenáží (obr. 10D, E).



Obr. 10 – Charakteristiky zájmového území Lichnov

A) Mapa hydrologických poměrů, B) Mapa sklonitostních poměrů, C) Mapa ploch melioračních staveb [25], D) Výkres drenáže [32], E) Mapa digitalizované drenáže, F) Územní plán – koordinační výkres [33]

5.4.1 KLIMATICKÉ POMĚRY

Obec Lichnov u Zátoru podle klimatické klasifikace Evžena Quitta spadá do chladné klimatické oblasti CH7. Tato oblast je charakteristická chladnějším podnebím s průměrnou roční teplotou kolem 5–6 °C a vyššími srážkami, které dosahují přibližně 800–900 mm ročně. Klimatické podmínky oblasti CH7 zahrnují kratší vegetační období, delší zimy a vyšší počet dnů se sněhovou pokrývkou, což odpovídá poloze obce v podhůří Hrubého Jeseníku [23, 24].

Tab. 13 - Charakteristiky klimatické oblasti CH7 [23]

Počet letních dní	10-30
Počet dní s prům. teplotou 10 °C a více	120-140
Počet dní s mrazem	140-160
Počet ledových dní	50-60
Prům. lednová teplota [°C]	-3 až -4
Prům. červencová teplota	15-16
Prům. dubnová teplota [°C]	4-6
Prům. říjnová teplota [°C]	6-7
Prům. počet dní se srážkami 1 mm a více	120-130
Suma srážek ve vegetačním období [mm]	500-600
Suma srážek v zimním období [mm]	350-400
Suma srážek celkem [mm]	850-1000
Počet dní se sněhovou pokrývkou	100-120
Počet zatažených dní	150-160
Počet jasných dní	40-50

5.4.2 PŮDNÍ POMĚRY

Z obrázku 11A je patrné, že se na zájmovém území vyskytuje několik HPJ a to 15, 26, 37, 46 a 47. HSP se zde nachází třídy B a C, střední až nízká infiltrace (obr. 11B).

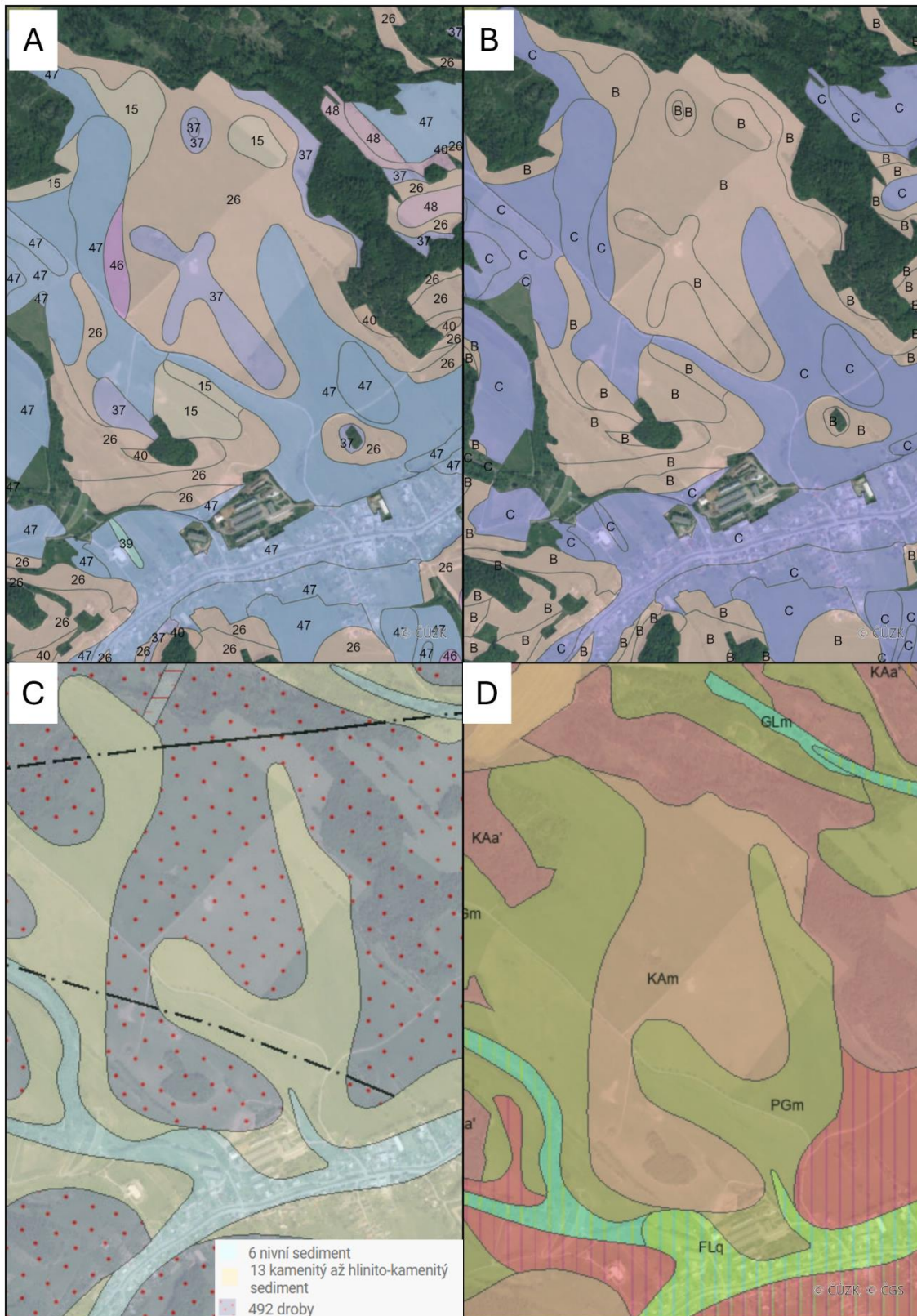
- HPJ 15 – „Luvizemě modální a hnědozemě luvické, kambizemě luvické (kambizemě modální) včetně slabě oglejených variet na svahových hlínách s eolickou příměsí, středně těžké a s těžší spodinou, bez skeletu až středně skeletovité, vláhově příznivé pouze s krátkodobým převlhčením [9]. “
- HPJ 26 – „Kambizemě modální eubazické a mezobazické, včetně slabě oglejených variet na břidlicích, hadcích, slaběji bazických horninách, popřípadě nerozlišitelném střídání hornin bazických s neutrálními až kyselými (např. jílovské pásmo, některé

metamorfované diabasy apod.) převážně středně těžké, až středně skeletovité, s příznivými vláhovými poměry [9]. “

- HPJ 37 – *„Kambizemě litické, kambizemě rankerové, rankery modální, pararendziny litické na pevných substrátech bez rozlišení, v podorničí od 0,3 m silně skeletovité nebo s pevnou horninou, lehké až lehčí středně těžké (v 9. KR i středně těžké a těžké), do 0,3 m slabě až středně skeletovité, výjimečně silně skeletovité, převážně výsušné, závislé na srážkách [9]. “*
- HPJ 46 – *„Hnědozemě luvické oglejené, luvizemě oglejené na svahových (polygenetických) hlínách, středně těžké, ve spodině těžší, bez skeletu až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření [9]. “*
- HPJ 47 – *„Pseudogleje modální, pseudogleje luvické, kambizemě oglejené a glejové na svahových (polygenetických) hlínách, středně těžké, ve spodině těžší, bez skeletu až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření [9]. “*

Z geologického hlediska se zde nacházejí především droby a v méně zastoupené kamenité až hlinito-kamenité sedimenty [11].

Z půdních typů převládá pseudoglej modální (PGm) a kambizem modální (KAm). Dále je zde možné najít kambizemě antropické (KAa´) [10].

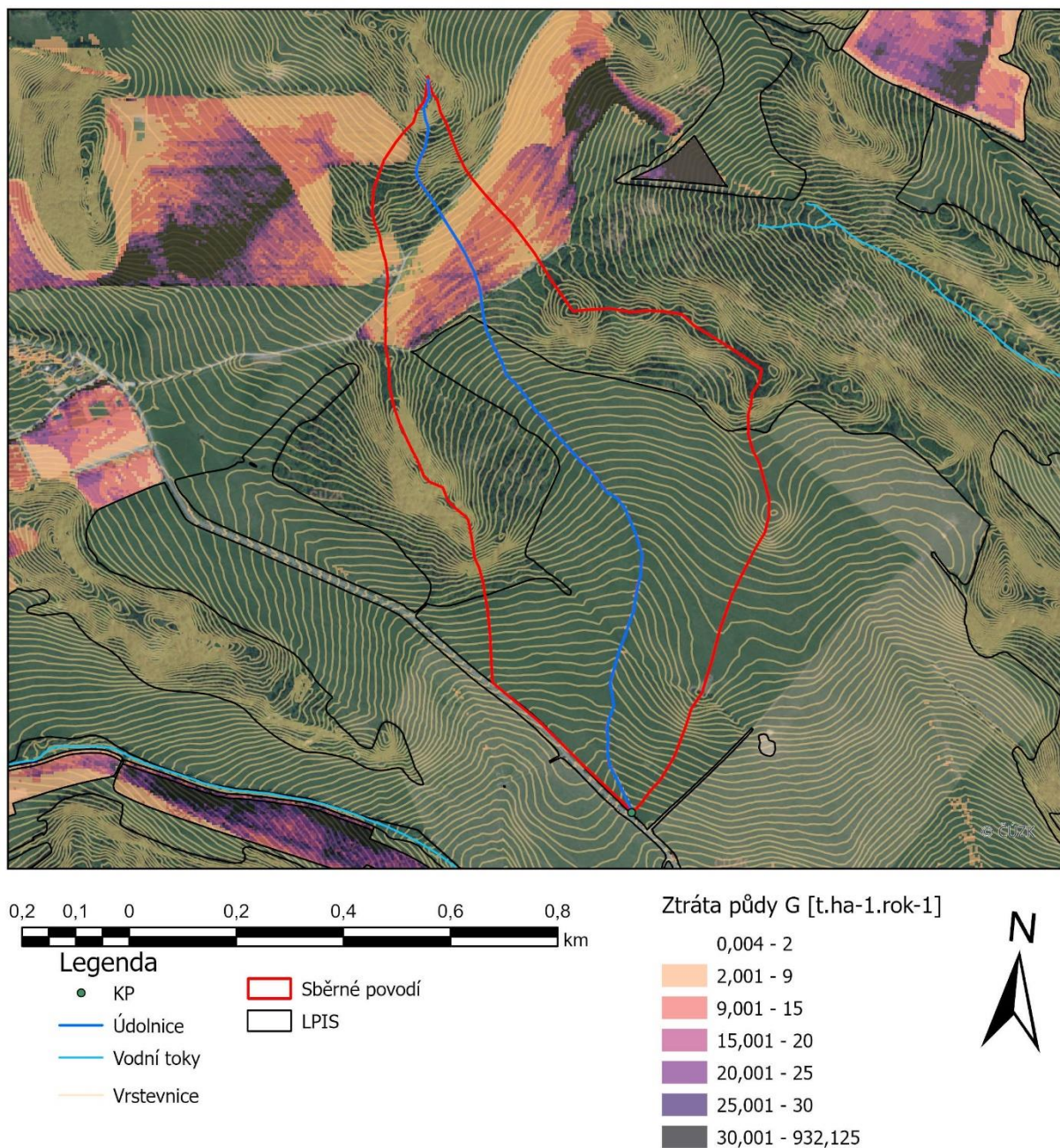


Obr. 11 - Půdní poměry (Lichnov)

A) Mapa hlavních půdních jednotek, B) Mapa hydrologických skupin půd, C) Geologická mapa [11], D) Mapa půdních typů [10]

5.4.3 EROZNÍ POMĚRY

V mapě erozní ohroženosti (obr. 12) je vykresleno sběrné povodí a jeho údolnice v Lichnově. Jak je z této mapy patrné, vyšší ztráta půdy než $2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ se vyskytuje pouze v severní části tohoto povodí. Průměrná ztráta půdy na sběrném povodí činí pouze $1,67 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$.



Obr. 12 - Mapa erozní ohroženosti Lichnov

5.4.4 VÝPOČET POVRCHOVÉHO ODTOKU

Charakteristiky sběrného povodí v Lichnově jsou uvedeny v tabulce 14. Dále jsou zde vypočteny kulminační průtoky, přičemž stoletý kulminační průtok dosahuje $1,79 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a objem stoleté povodňové vlny činí $11\,900 \text{ m}^3$.

Tab. 14 - Lichnov: charakteristiky a vypočtené hodnoty odtokových poměrů sběrného povodí

	plocha povodí	délka údolnice	sklon údolnice	prům. CN	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	$W_{PVT,100}$
	[km^2]	[km]	[%]	[-]	[$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	[$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	[$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	[10^3 m^3]
Lichnov	0.521	1.528	6.59	76.54	0.554	1.07	1.79	11.9

5.4.5 VÝPOČET DRENÁŽNÍHO PRŮTOKU

Při výpočtu drenážního průtoku bylo počítáno se dvěma hlavními svodnými drény (ozn. viz obr. 10E). Drény mají průměr potrubí 130 mm, jsou umístěny v hloubce jednoho metru a odvodňují plochu 21,8 ha (viz tab. 15). Tyto hodnoty byly získány z výkresu na obrázku 10D. Součet průtoků byl vypočítán na $0,048 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Tab. 15 - Lichnov: charakteristiky a výpočet drenážního průtoku

h_d	1	m	h_d	1	m
D	130	mm	D	130	mm
D	0.13	m	D	0.13	m
R	0.0325	m	R	0.0325	m
i_e	0.048	-	i_e	0.036	-
Q_1	0.026	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	Q_2	0.022	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
$S_{p,1}$	8.7	ha	$S_{p,2}$	13.1	ha
Q_{celk}	0.048	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$S_{p,\text{celk}}$	21.8	ha

5.5 POKŘIKOV, VOJTĚCHOV

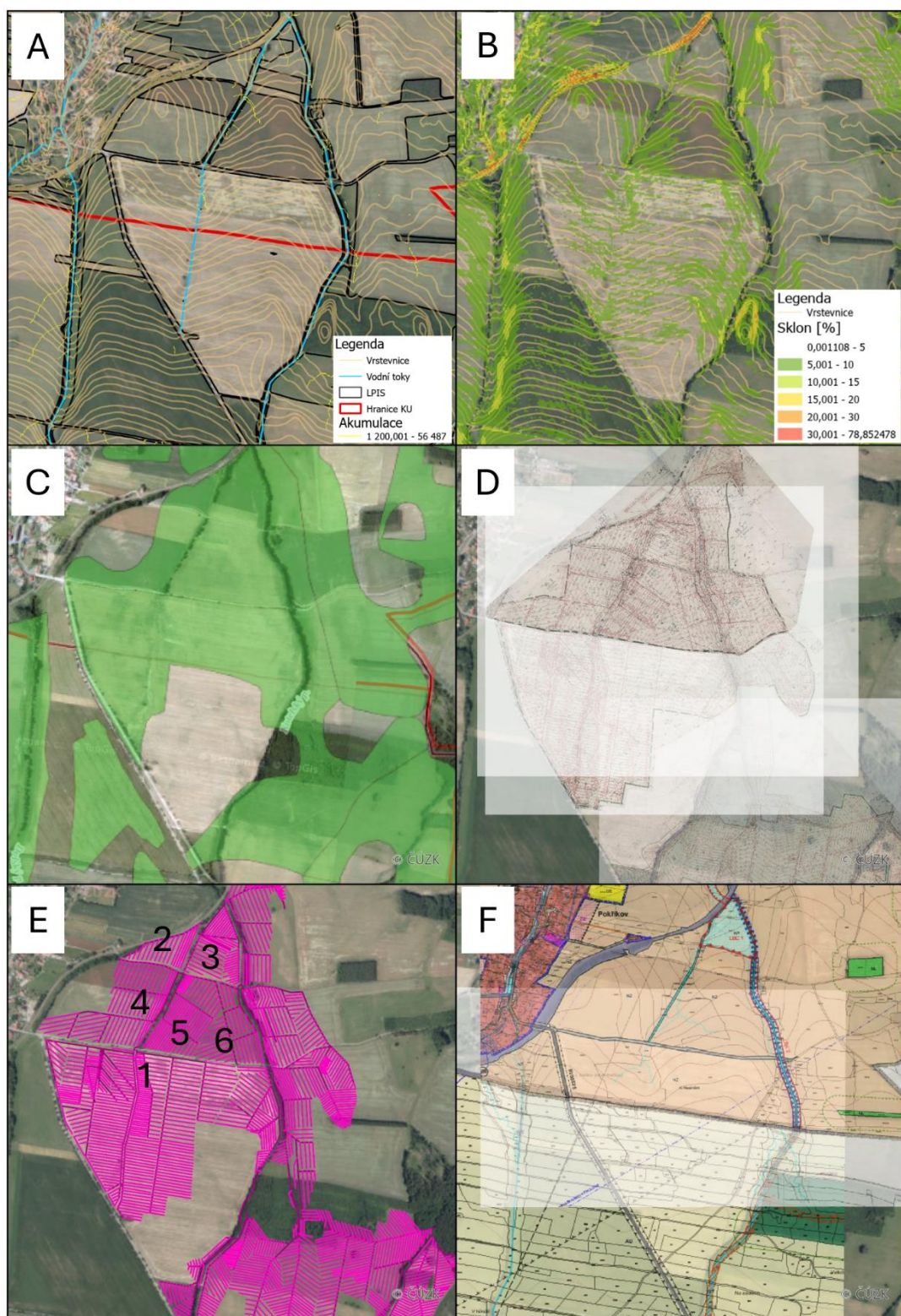
Obce Pokřikov a Vojtěchov se nacházejí v Pardubickém kraji, v okrese Chrudim, v malebné krajině Českomoravské vrchoviny. Pokřikov leží přibližně 8 km jihovýchodně od Hlinska, v nadmořské výšce kolem 540 metrů, a Vojtěchov, vzdálený necelých 10 km od Hlinska, se nachází ve výšce přibližně 610 metrů. Obě obce jsou obklopeny zvlněnými lesy, loukami a zemědělskými plochami, což podtrhuje jejich venkovský ráz [21, 22].

Pro obci Pokřikov byla v roce 2015 uzavřena smlouva na vypracování návrhu KoPÚ pro katastrální území Pokřikov a část navazujícího katastrálního území Raná u Hlinska. V roce 2022 byla v rámci těchto úprav realizována výstavba vodohospodářských zařízení [45].

Pro obec Vojtěchov byla v roce 2022 uzavřena smlouva na zpracování návrhu KoPÚ v katastrálním území Vojtěchov u Hlinska [46].

Z webové stránky mapy.cz bylo zjištěno, že v místě LBC (lokální biocentrum) viditelné na obr. 13F je již vybudovaná vodní tůň. Dále je možné na obrázku 13 vidět sklonitostní poměry (obr. 13B), výkres odvodňovacích zařízení a jeho digitalizace (obr. 13D, E) či odvodňovací zařízení dle ISMS (obr. 13C).

Vodní tok zobrazený na obr. 13A je veden jako HOZ (hlavní odvodňovací zařízení), cca polovina je zatrubněna [44].



Obr. 13 – Charakteristiky zájmového území Pokřikov a Vojtěchov

A) Mapa hydrologických poměrů, B) Mapa sklonitostních poměrů, C) Mapa ploch melioračních staveb [25], D) Výkres drenáže [34], E) Mapa digitalizované drenáže, F) Územní plán – koordinační výkres [35,

36]

5.5.1 KLIMATICKÉ POMĚRY

Podle klimatické klasifikace Evžena Quitta patří obce Pokřikov a Vojtěchov do mírně teplé klimatické oblasti MT4. Tato oblast je charakteristická teplým a suchým létem, teplým až mírně teplým přechodným obdobím a suchou až velmi suchou zimou. Další charakteristiky, jako jsou srážky, jsou uvedeny v tabulce 16 [23, 24].

Tab. 16 - Charakteristiky klimatické oblasti MT11 [23]

Počet letních dní	20–30
Počet dní s prům. teplotou 10 °C a více	140–160
Počet dní s mrazem	110–130
Počet ledových dní	40–50
Prům. lednová teplota [°C]	-2 až -3
Prům. červencová teplota	16–17
Prům. dubnová teplota [°C]	6–7
Prům. říjnová teplota [°C]	6–7
Prům. počet dní se srážkami 1 mm a více	110–120
Suma srážek ve vegetačním období [mm]	350–400
Suma srážek v zimním období [mm]	250–300
Suma srážek celkem [mm]	600–700
Počet dní se sněhovou pokrývkou	60–80
Počet zatažených dní	150–160
Počet jasných dní	40–50

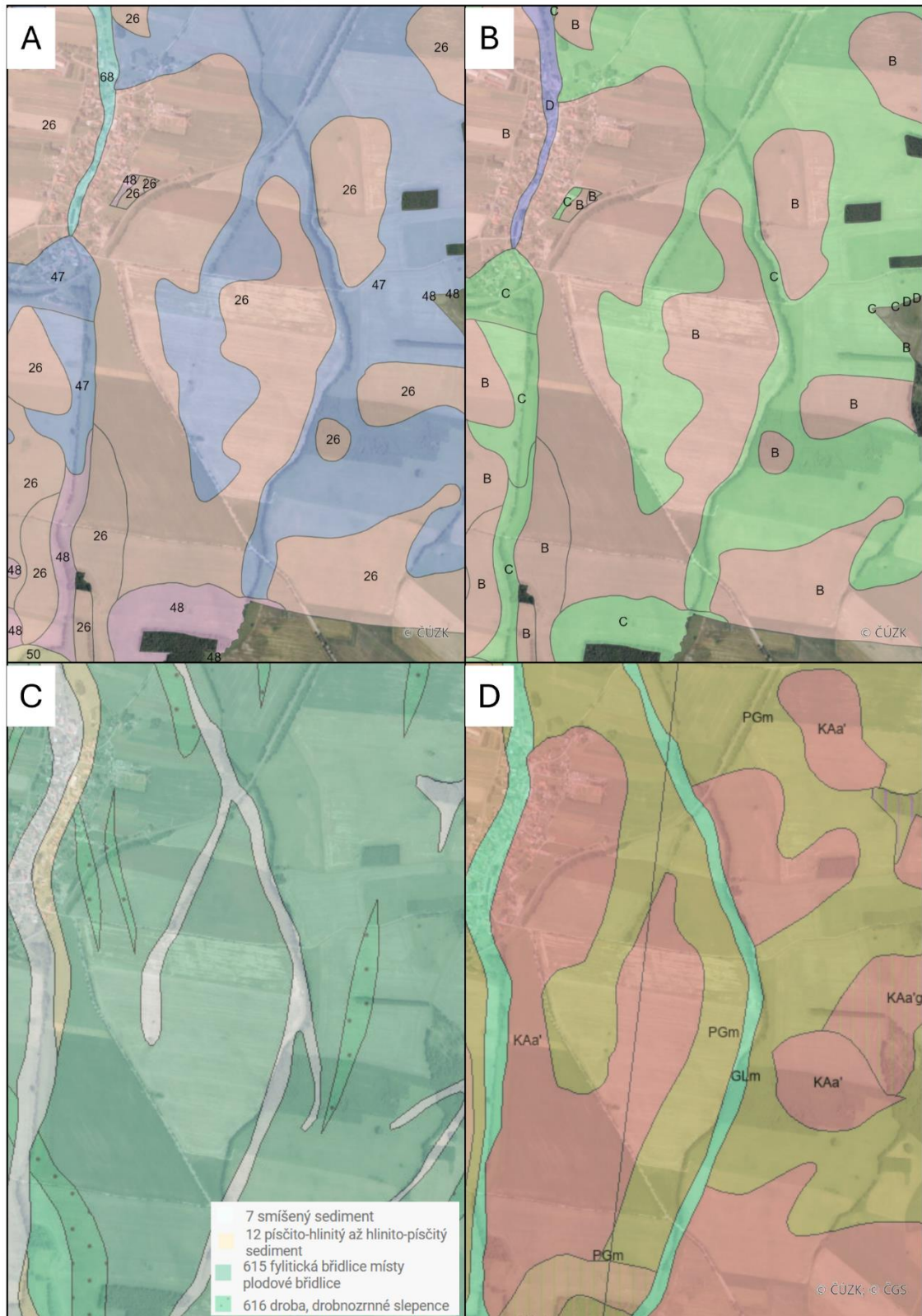
5.5.2 PŮDNÍ POMĚRY

Z obrázků 14A a 14B je patrné, že na zájmovém území na pomezí obcí Pokřikov a Vojtěchov se vyskytují HPJ 26 a 47. Skupiny HSP jsou zde B a C.

- HPJ 26 – „*Kambizemě modální eubazické a mezobazické, včetně slabě oglejených variant na břidlicích, hadcích, slaběji bazických horninách, popřípadě nerozlišitelném střídání hornin bazických s neutrálními až kyselými (např. jílovské pásmo, některé metamorfované diabasy apod.) převážně středně těžké, až středně skeletovité, s příznivými vláhovými poměry [9].*“
- HPJ 47 – „*Pseudogleje modální, pseudogleje luvické, kambizemě oglejené a glejové na svahových (polygenetických) hlínách, středně těžké, ve spodině těžší, bez skeletu až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření [9].*“

Dle geologického hlediska se zde nacházejí převážně fylitické břidlice místy plodové břidlice (obr. 14C) [11].

U půdních typů je možné na tomto území najít kambizemě antropické (KAa´) a pseudogleje modální (PGm) [10].

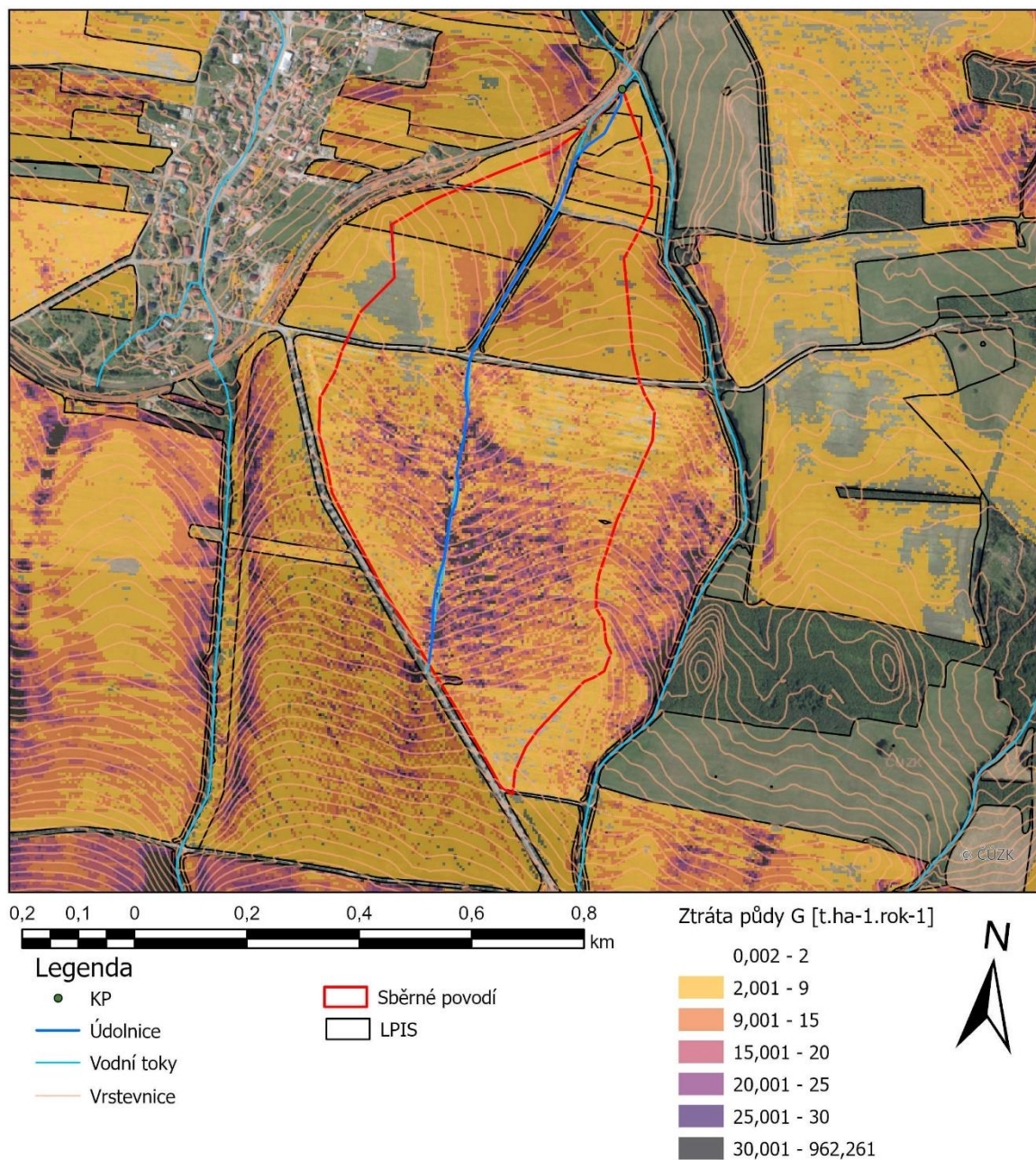


Obr. 14 - Půdní poměry (Lichnov a Vojtěchov)

A) Mapa hlavních půdních jednotek, B) Mapa hydrologických skupin půd, C) Geologická mapa [11], D) Mapa půdních typů [10]

5.5.3 EROZNÍ POMĚRY

Na rozmezí obcí Pokřikov a Vojtěchov bylo pomocí vrstevnic vykresleno sběrné povodí s údolnicí. Následně byla vypočtena eroze a vytvořena mapa erozní ohroženosti (viz obr. 15). Jak je patrné z této mapy, naprostá většina území je značně náchylná k erozi, přičemž průměrná hodnota ztráty půdy sběrného povodí dosahuje $9,65 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$.



Obr. 15 – Mapa erozní ohroženosti Pokřikov, Vojtěchov

5.5.4 VÝPOČET POVRCHOVÉHO ODTOKU

Pro toto sběrné povodí byly potřebné charakteristiky vyčteny v programu ArcGIS a následně převedeny do programu DesQ-MaxQ, kde byl proveden výpočet kulminačních průtoků (viz tab. 17). Stoletý kulminační průtok dosahuje hodnoty $3,63 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a objem stoleté povodňové vlny činí $21\,000 \text{ m}^3$.

Tab. 17 – Pokřikov, Vojtěchov: charakteristiky a vypočtené hodnoty odtokových poměrů sběrného povodí

	plocha povodí	délka údolnice	sklon údolnice	prům. CN	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	$W_{PVT,100}$
	[km ²]	[km]	[%]	[-]	[m ³ ·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	[10 ³ m ³]
Pokřikov, Vojtěchov	0.451	1.107	3.00	84.68	0.831	1.88	3.63	21.0

5.5.5 VÝPOČET DRENÁŽNÍHO PRŮTOKU

Drenáž pro zájmové území v Pokřikově a Vojtěchově byla rozdělena na šest hlavních svodných drénů, které odvodňují toto sběrné povodí. Pro každý z těchto drénů byl proveden výpočet drenážního průtoků (viz tabulka 18). V této tabulce jsou také uvedeny hodnoty drénů vyčtené z výkresů na obrázku 13D. Celkový drenážní průtok činí $0,055 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a drenáž odvodňuje plochu $34,2 \text{ ha}$. Označení svodných drénů vstupujících do výpočtu viz obr. 13E.

Tab. 18- Pokřikov, Vojtěchov: charakteristiky a výpočet drenážního průtoků

h_d	1.1	m	h_d	1	m	h_d	1.1	m	h_d	1.1	m	h_d	1.1	m	h_d	1.1	m
D	100	mm	D	80	mm	D	80	mm	D	100	mm	D	100	mm	D	100	mm
D	0.1	m	D	0.08	m	D	0.08	m	D	0.1	m	D	0.1	m	D	0.1	m
R	0.025	m	R	0.02	m	R	0.02	m	R	0.025	m	R	0.025	m	R	0.025	m
i_e	0.038	-	i_e	0.035	-	i_e	0.035	-	i_e	0.035	-	i_e	0.035	-	i_e	0.035	-
Q_1	0.011	m ³ ·s ⁻¹	Q_2	0.006	m ³ ·s ⁻¹	Q_3	0.006	m ³ ·s ⁻¹	Q_4	0.011	m ³ ·s ⁻¹	Q_5	0.011	m ³ ·s ⁻¹	Q_6	0.011	m ³ ·s ⁻¹
$S_{p,1}$	14.5	ha	$S_{p,2}$	1.8	ha	$S_{p,3}$	2.0	ha	$S_{p,4}$	7.2	ha	$S_{p,5}$	4.7	ha	$S_{p,6}$	4.0	ha
Q_{celk}	0.055	m ³ ·s ⁻¹	$S_{p,celk}$	34.2	ha												

5.6 KETKOVICE

Ketkovice jsou obec ležící v Jihomoravském kraji, v okrese Brno-venkov, přibližně 30 km jihozápadně od Brna. Obec se rozkládá v malebné krajině Boskovické brázd, v nadmořské výšce kolem 400 metrů. Její okolí tvoří lesy, zemědělské plochy a členitý terén, který přispívá k atraktivnímu rázu krajiny [19].

Komplexní pozemkové úpravy (KoPÚ) v katastrálním území Ketkovice byly zahájeny dne 31. října 2024.

Předpokládaná doba trvání těchto úprav je do 31. července 2029. Cílem KoPÚ je prostorové a funkční uspořádání vlastnických práv k pozemkům, zpřístupnění pozemků a zajištění podmínek pro racionální hospodaření vlastníků půdy. Výsledky KoPÚ budou sloužit pro obnovu katastrálního operátu a jako podklad pro územní plánování. Předpokládaná výměra řešeného území činí 384 ha, zahrnující 2 924 parcel zapsaných na 226 listech vlastnictví [47].

Na zájmovém území se vyskytuje poměrně velké množství drah soustředěného odtoku (DSO), a to i přes malý sklon terénu (obr. 17A, B). Plochy odvodnění dle ISMS a odvodnění podle výkresu se poměrně shodují (viz obr. 17C, D, E).

Na obrázku 16 je pohled na zájmové území (vlevo) a vpravo je viditelná dráha soustředěného odtoku, což naznačuje značné problémy s erozí.



Obr. 16 – Pohled na zájmové území (vlevo), viditelná DSO (vpravo)



Obr. 17 – Charakteristiky zájmového území Ketkovice

A) Mapa hydrologických poměrů, B) Mapa sklonitostních poměrů, C) Mapa ploch melioračních staveb [25], D) Výkres drenáže [27], E) Mapa digitalizované drenáže, F) Územní plán – koordinační výkres [26]

5.6.1 KLIMATICKÉ POMĚRY

Obec Ketkovice podle klimatické klasifikace Evžena Quitta spadá do mírně teplé klimatické oblasti MT11. Tato oblast se vyznačuje dlouhým, teplým a suchým létem, velmi krátkým přechodným obdobím s teplým jarem a podzimem a krátkou, mírně teplou a suchou zimou. V tabulce 19 níže je možné vidět všechny charakteristiky pro danou oblast. Klimatické podmínky v oblasti MT11 jsou příznivé pro zemědělství, zejména pro pěstování plodin náročných na teplo [23, 24].

Tab. 19 - Charakteristiky klimatické oblasti MT11 [23]

Počet letních dní	40–50
Počet dní s prům. teplotou 10 °C a více	140–160
Počet dní s mrazem	110–130
Počet ledových dní	30–40
Prům. lednová teplota [°C]	-2 až -3
Prům. červencová teplota	17–18
Prům. dubnová teplota [°C]	7–8
Prům. říjnová teplota [°C]	7–8
Prům. počet dní se srážkami 1 mm a více	90–100
Suma srážek ve vegetačním období [mm]	350–400
Suma srážek v zimním období [mm]	200–250
Suma srážek celkem [mm]	550–650
Počet dní se sněhovou pokrývkou	50–60
Počet zatažených dní	120–150
Počet jasných dní	40–50

5.6.2 PŮDNÍ POMĚRY

Na zájmovém území v Ketkovicích se vyskytují 3 různé HPJ a to 12, 15 a 29 (obr. 18A). Na celém tomto území je dle HSP pouze skupina B – půda se střední rychlostí infiltrace (obr. 18B).

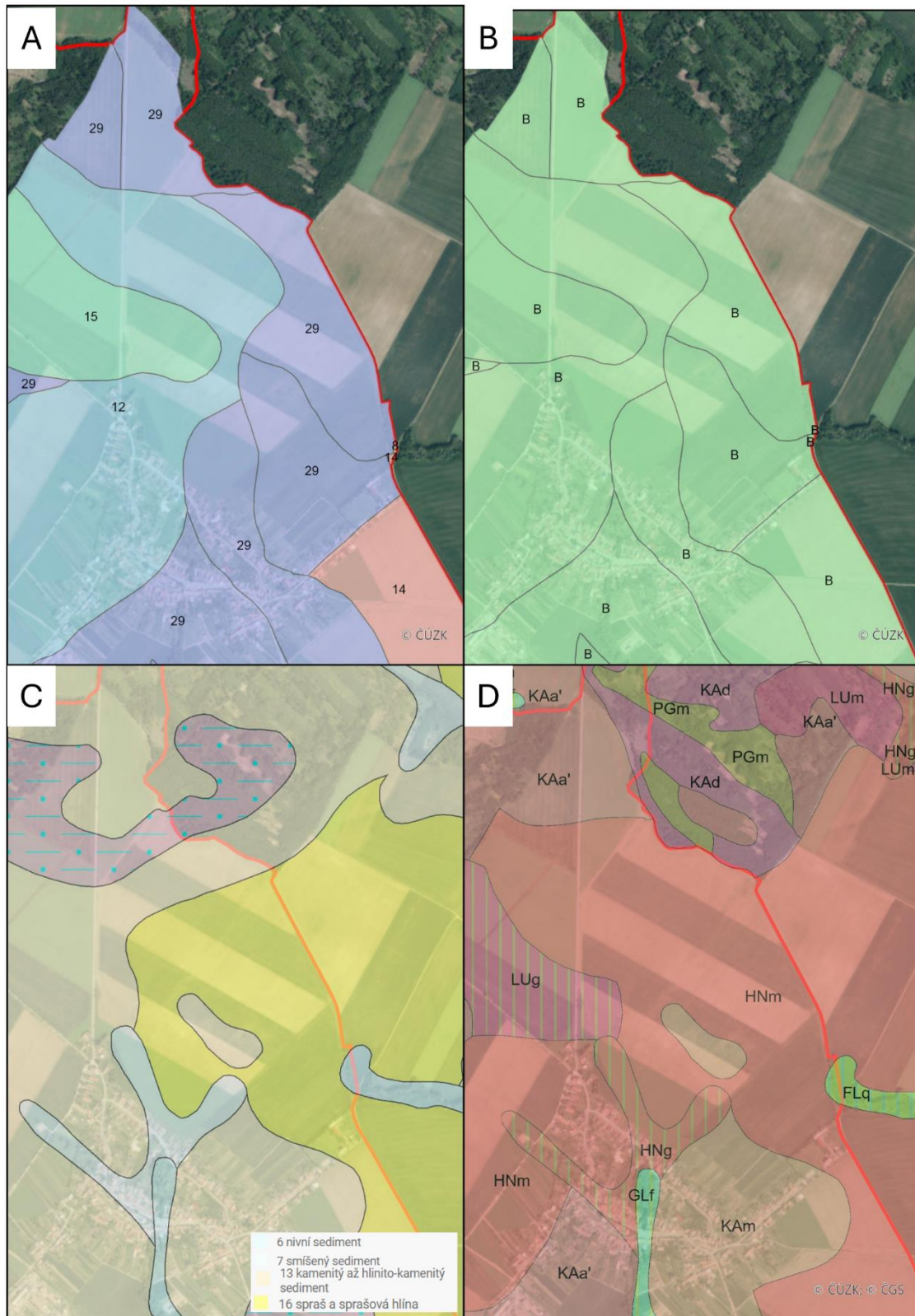
- HPJ 12 – „*Hnědozemě modální, kambizemě modální a kambizemě luvické, všechny včetně slabě oglejených variet na svahových (polygenetických) hlínách, středně těžké s těžkou spodinou, až středně skeletovité, vododržné, ve spodině s místním převlhčením [9].*“
- HPJ 15 – „*Luvizemě modální a hnědozemě luvické, kambizemě luvické (kambizemě modální) včetně slabě oglejených variet na svahových hlínách s eolickou příměsí,*

středně těžké a s těžší spodinou, bez skeletu až středně skeletovité, vláhově příznivé pouze s krátkodobým převlhčením [9]. “

- HPJ 29 – *„Kambizemě modální eubazické až mezobazické, včetně slabě oglejených variet, na rulách, svorech, fylitech, amfibolitech, gabrech, gabrodioritech, nerozlišeném střídání hornin bazických, neutrálních, kyselých, popřípadě žulách, středně těžké až středně těžké lehčí, bez skeletu až středně skeletovité, s převažujícími dobrými vláhovými poměry [9]. “*

Z geologického hlediska se na zájmovém území vyskytují především spraše a sprašové hlíny nebo kamenitý až hlinito-kamenitý sediment (obr. 18C) [11].

Z půdních typů se zde nachází téměř na celém území hnědozem modální (HNm), dále zde je možné najít například kambizem modální (KAm) viz obr. 18D [10].

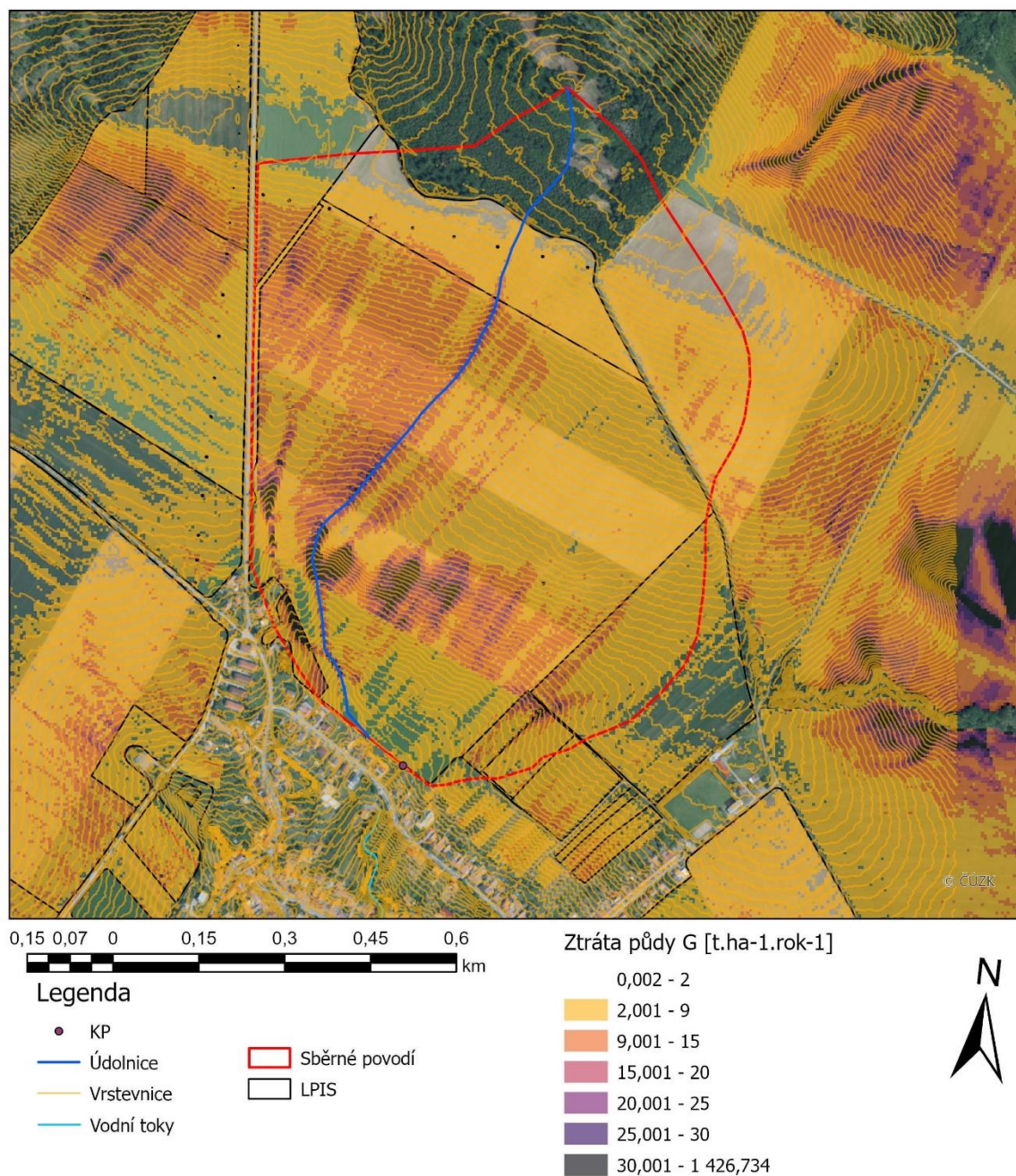


Obr. 18 – Půdní poměry (Ketkovice)

A) Mapa hlavních půdních jednotek, B) Mapa hydrologických skupin půd, C) Geologická mapa [11], D) Mapa půdních typů [10]

5.6.3 EROZNÍ POMĚRY

Na zájmovém území v Ketkovicích bylo vykresleno dle vrstevnic sběrné povodí, které je na západní části přerušeno silnicí. V tabulce 20 je možné najít charakteristiky pro toto povodí. Na obrázku 19 je znázorněna mapa erozní ohroženosti pro zájmové území v Ketkovicích. Na většině území sběrného povodí převládá ztráta půdy vyšší než $2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ a průměrná ztráta půdy činí $8,01 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$.



Obr. 19 – Mapa erozní ohroženosti Ketkovice

5.6.4 VÝPOČET POVRCHOVÉHO ODTOKU

Povrchový odtok byl stanoven pomocí hodnot čísel CN v programu DesQ-MaxQ, variantou pro dva svahy pro vnesené sběrné povodí. Na základě údajů uvedených v tabulce 20 byl vypočítán stoletý kulminační průtok $1,91 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a stoletý objem povodňové vlny 31400 m^3 .

Tab. 20 - Ketkovice: charakteristiky a vypočtené hodnoty odtokových poměrů sběrného povodí

	plocha povodí	délka údolnice	sklon údolnice	prům. CN	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	$W_{PVT,100}$
	[km ²]	[km]	[%]	[-]	[m ³ ·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	[10 ³ m ³]
Ketkovice	0.835	1.310	2.89	78.61	0.686	1.59	3.25	31.4

5.6.5 VÝPOČET DRENÁŽNÍHO PRŮTOKU

V zájmovém území v Ketkovicích byla drenáž rozdělena na tři větve, pro které byl následně vypočítán drenážní průtok. Všechny tři větve jsou zaústěny v hloubce 1,3 m, ale jejich průměr je různý, jak je uvedeno v tab. 21. Celkový drenážní průtok pro zájmové území činí $0,132 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na sběrné ploše 81,4 ha. Označení svodných drénů vstupujících do výpočtu viz obr. 17E.

Tab. 21 - Ketkovice: charakteristiky a výpočet drenážního průtoku

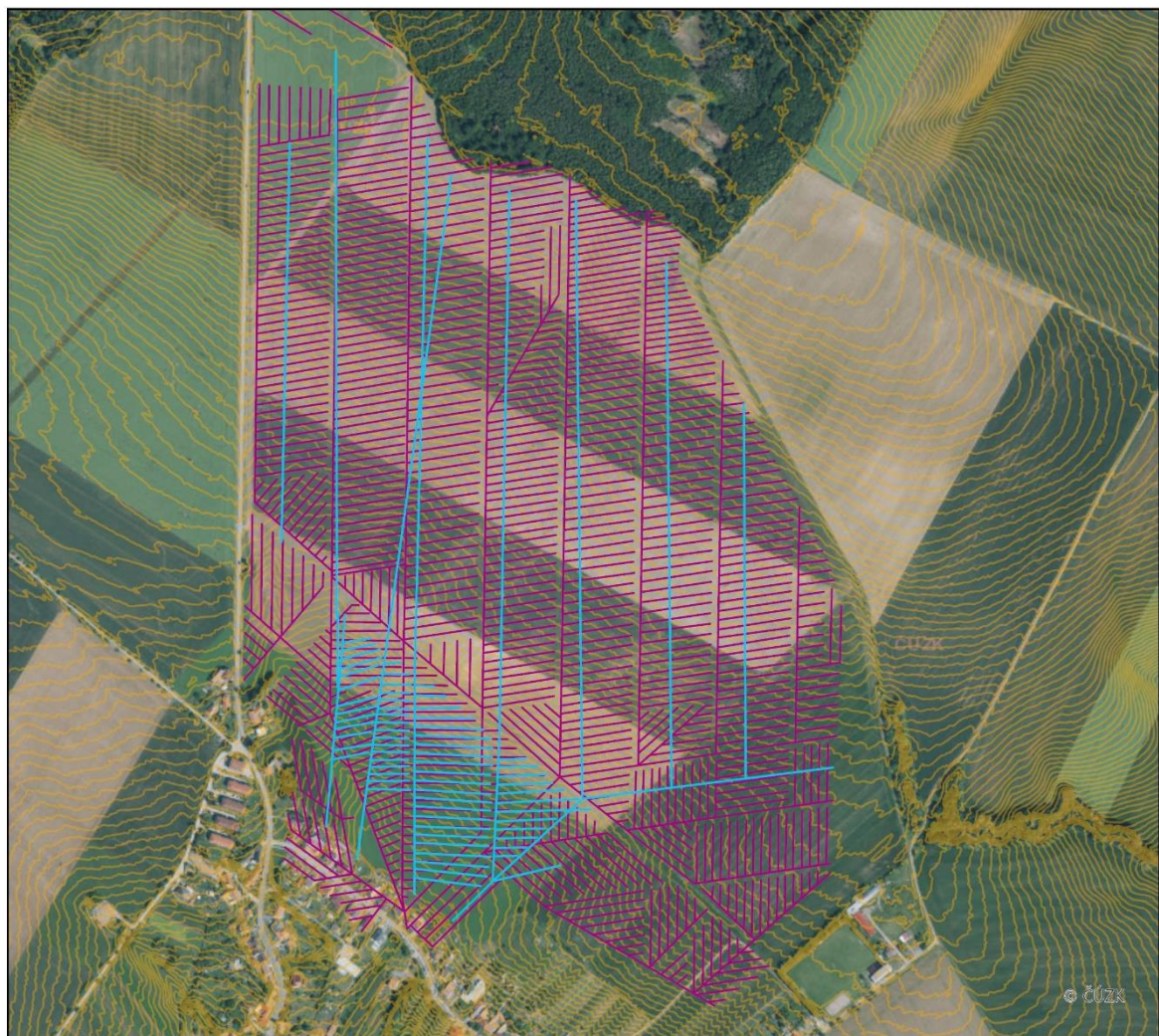
h_d	1.3	m	h_d	1.3	m	h_d	1.3	m
D	160	mm	D	130	mm	D	200	mm
D	0.16	m	D	0.13	m	D	0.2	m
R	0.04	m	R	0.033	m	R	0.05	m
i_e	0.035	-	i_e	0.035	-	i_e	0.035	-
Q_1	0.039	m ³ ·s ⁻¹	Q_2	0.022	m ³ ·s ⁻¹	Q_3	0.071	m ³ ·s ⁻¹
$S_{p,1}$	22.6	ha	$S_{p,2}$	22.5	ha	$S_{p,3}$	36.3	ha
Q_{celk}	0.132	m ³ ·s ⁻¹	$S_{p,celk}$	81.4	ha			

5.6.6 POROVNÁNÍ DRENÁŽE

V Ketkovicích byla nejen překreslena a digitalizována mapa odvodnění, ale zároveň byla vytvořena mapa drenáže podle skutečného stavu, a to na základě analýzy historických snímků map z portálu mapy.cz. Jak je patrné z obr. 20, poloha většiny svodných drénů se značně liší – nejen v posunu, ale také v natočení. Odchylna polohy svodných drénů se pohybuje v rozmezí 25 až 40 metrů.

Tato mapa byla vytvořena za účelem optimálního návrhu průlehu a zjištění skutečných průníků s drenážním systémem. Po konzultaci s paní starostkou Ketkovic bylo zjištěno, že několik domů v blízkosti vyústění odvodnění se potýká s problémy s vyplavováním zahrad.

Proto se zde jeví jako velmi vhodné navrhnout opatření, které by zmírnily následky v období dešťů či přívalových srážek.



0,15 0,07 0 0,15 0,3 0,45 0,6
km

Legenda

- Drenáž - skutečnost
- Drenáž - výkres
- Vrstevnice



Obr. 20 – Výkres porovnání drenáží (skutečnost a výkres)

6 PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ

6.1 TYPY TECHNICKÝCH PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ

6.1.1 TERÉNNÍ UROVNÁVKY

Terénní úpravy se zaměřují především na odstranění lokálních nerovností a terénních útvarů, které zásadním způsobem ovlivňují směrování a koncentraci povrchového odtoku. Nejčastěji se v praxi jedná o odstraňování mělkých údolnic na pozemcích.

Tato opatření lze realizovat přesunem zeminy přímo na pozemku, avšak pouze v případě hlubokých půd, nebo za využití navážek [37].

6.1.2 PROTIEROZNÍ PŘÍKOP

Protierozní příkop je liniový prvek určený k přerušení svahu a omezení povrchového odtoku. Nejčastěji je orientován vrstevnicově s mírným podélným sklonem. Může být kombinován s dalšími prvky v krajině, jako jsou meze, cesty, vegetační pásy či biokoridory. Varianta vsakovacího příkopu vyžaduje přesné vrstevnicové vedení.

Typický příkop má lichoběžníkový profil: šířka dna 0,3–0,6 m, hloubka 0,6–1,2 m a sklon svahů 1:1,5 až 1:2. Podélný sklon a profil se dimenzují inženýrskými metodami podle cíle opatření. Ochrana zemědělských pozemků vyžaduje dimenzování na dobu opakování 5 let, u intravilánů, infrastruktury či vodních útvarů se požadavek zvyšuje (10–50, výjimečně až 100 let). Příkop je třeba stabilizovat, například dlažbou, žlabovkami či vegetačními tvárnicemi, v méně náročných případech může zůstat bez stabilizace.

Pro údržbu je klíčové pravidelné čištění, a to i u objektů na příkopu. Doporučuje se založit nad příkopem travní pás o šířce min. 5 m, který zachytí splaveniny, a podél příkopu vysadit doprovodnou vegetaci. Stromy a keře je vhodné umísťovat pouze jednostranně a s ohledem na možnost údržby travního pásu [4, 37].

Mechanizace vyžaduje vybudování přejezdů (např. propustků). Příkopy lze rozlišovat podle funkce na odváděcí (záchytné, sběrné, svodné) a vsakovací.

Záchytný příkop se buduje nad chráněným pozemkem nebo lokalitou, aby zabránil přítoku vnějších vod. Vnější plochou může být les, jiná nezemědělská plocha, nebo sousední zemědělský pozemek. Jeho úkolem je zachytit povrchový odtok a odvést ho mimo zájmovou plochu. Při návrhu je nezbytné zajistit odvedení vody až k nejbližšímu recipientu.

Sběrný příkop se buduje na chráněném zemědělském pozemku, aby zkrátil volnou délku povrchového odtoku a zabránil překročení přípustné ztráty půdy. Jeho vzdálenost od horní hranice pozemku nebo mezi jednotlivými příkopy se stanovuje podle erozní

ohroženosti, například pomocí USLE nebo kritické délky vypočítané simulačním modelem SMODERP.

Podélný sklon a příčný profil se navrhuje hydrologickými metodami, které určují průtočnou kapacitu a rychlost proudění. Na základě těchto parametrů je třeba posoudit stabilitu dna a svahů. Pokud to umožňuje místní materiál, sklonové poměry a dimenze příkopu, preferuje se nezpevněné provedení z důvodu nižších nákladů a jednodušší údržby.

U delších příkopů je nutné zohlednit, že jejich dimenze se po délce zvětšují v závislosti na množství přitékající vody.

Svodný příkop slouží jako recipient pro sběrné a záchytné příkopy, přičemž odvádí zachycenou vodu až k nejbližšímu recipientu, a to často na výraznějším sklonu. Jeho dimenze bývají větší, protože může přijímat vodu z více příkopů.

Kvůli vyššímu sklonu bývají svodné příkopy obvykle opevněny. Nejčastěji se používají betonové žlabovky nebo desky ve dně a patách svahů, přičemž svahy jsou často stabilizovány polovegetačními tvárnici. Pro snížení sklonu a zpomalení odtoku mohou být ve dně instalovány kamenité skluzy nebo kaskádovitě uspořádané žlabovky.

Alternativou je mělčí a širší příkop s přírodě bližšími parametry, který může být součástí revitalizačních opatření. Tato varianta však vyžaduje individuální přístup k návrhu.

Při dimenzování svodného příkopu je nutné zohlednit návrhové parametry všech zaústěvaných příkopů a zajistit jeho napojení na recipient. Svodný příkop lze využít i pro odvodnění dalších záchytných a svodných opatření, jako jsou protierozní průlehy či meze [4, 37].

Vsakovací příkop je orientován přísně vrstevnicově a jeho úkolem je zachytit povrchový odtok z výše položeného pozemku a umožnit jeho infiltraci, případně vypaření. Tento typ opatření podporuje uzavřenou hydrologickou bilanci v lokalitě a snižuje celkový odtok z povodí.

Jeho spolehlivé dimenzování je však obtížné, protože je třeba zajistit, aby nedošlo k přelití příkopu. Infiltrační vlastnosti půdy se mění nejen v průběhu roku, ale i v dlouhodobém časovém horizontu. Kromě toho je nutné, aby dolní hrana příkopu byla přesně vodorovná, bez depresí, aby se předešlo přelití a koncentraci povrchového odtoku, což by vedlo k vyšším formám eroze [4, 37].

6.1.3 PROTIEROZNÍ PRŮLEH

Protierozní průleh má hlavní funkci přerušit délku svahu zachycením vody, kterou následně neškodně odvádí nebo zasákne. Funkčně je velmi podobný protieroznímu příkopu, avšak liší se tvarovým profilem, hloubkou (průleh bývá mělčí) a sklonem svahů, který by neměl překročit 1:5. Sклон svahů je obvykle navrhován mírnější (např. 1:10), aby byl průleh přejezdný nebo obdělávatelný. Tento prvek je vhodný pro pozemky s mírným sklonem do 10 %.

Průlehy lze dělit stejně jako příkopy na odváděcí (záchytné, sběrné, svodné) a vsakovací. Průlehy odváděcí by měly být vedeny vrstevnicově s minimálním podélným sklonem, zatímco vsakovací musí být přísně vrstevnicově orientované. V případě vsakovacích průlehu však existuje nejistota ohledně jejich funkce, protože infiltrační vlastnosti půdy se mění jak sezónně, tak v dlouhodobém horizontu [4, 37].

Dimenzování průlehu je rizikové, protože při překročení kapacity může dojít k přelívu a koncentraci odtoku. Také se mění hydraulická vodivost půdy vlivem vegetace a usazených splavenin. Proto je doporučeno mít možnost odvodu vody mírným podélným sklonem, a vsakovací variantu navrhovat pouze ve výjimečných případech a příznivých půdních podmínkách.

Příčný profil průlehu je často zatravněný, přičemž je posuzována jeho kapacita a stabilita (včetně nevymílacích rychlostí). V porovnání s příkopem zabírá průlehu více prostoru, ale méně omezuje hospodaření, protože je přejezdný.

Pro zvýšení účinnosti je doporučeno nad průlehem zakládat pás trvalého travního drnu o šířce minimálně 5 m pro zachycení splavenin. Dále je možné vysadit vegetaci podél průlehu nebo doplnit zemní hrázkou pro zvýšení kapacity průlehu. Hrázka musí být dostatečně mohutná, což může ve skutečnosti fungovat jako protierozní mez [4, 37].

6.1.4 PROTIEROZNÍ MEZ

Protierozní mez je navrhována tak, aby spojila záchytnou a odváděcí funkci s krajinnotvorným prvkem. Obvykle se jedná o nízkou hrázkou spojenou s mělkým příkopem nebo průlehem. Hrázka bývá osázena vhodnou vegetací, případně je možno použít kameny nebo jiné prvky pro zvýšení diverzity krajiny. Hrázka stabilizuje trasu meze v převážně vrstevnicovém směru a vymezuje prostor pro výsadbu vegetace. Pokud má hrázka také funkci retenční, musí být navržena tak, aby dokázala zadržet vodu nad její patou. K tomu je třeba materiál správně hutnit a zajistit, aby koruna hrázky byla vodorovná nebo sledovala sklon meze, aby se předešlo vzniku depresí, kde by mohlo docházet k přelívu vody.

Hlavní protierozní funkci má příkop nebo průlehu, který může být umístěn nad nebo pod hrázkou. Při správném návrhu by měl být materiál vytěžený z příkopu nebo průlehu uložen do hrázky, což zajistí rovnost výkopu a násypu.

Prostor kolem hrázky je možné využít jako biokoridor a osázet jej vegetací, přičemž je doporučeno vybírat místní a původní druhy s variabilitou v dlouhodobosti, rychlosti růstu a doby kvetení. Vhodné je také zařadit ovocné nebo plané ovocné stromy a keře, pokud to dovolují místní vyhlášky [37].

Nad příkopem nebo průlehem je doporučeno zakládat pás trvalého drnu o šířce minimálně 5 m pro zachytávání splavenin z výše položených pozemků. Tento pás pomůže eliminovat sedimenty, než se dostanou do příkopu, kde by mohly být koncentrovány

a odváděny do recipientu. Údržba mezí je poměrně jednoduchá, vyžaduje pouze závlahu výsadeb po dobu asi 3 let, ožínání a ochranu proti okusu. Těleso hrázky nevyžaduje žádnou údržbu.

Příkop nebo průleh nad hrázkou by měl být dimenzován a opevněn v závislosti na podélném sklonu a velikosti. Doporučuje se pravidelné sekání trávy v profilu průlehu pro udržení kvalitního a stabilního drnu, pokud je stabilizován pouze travním porostem. Také by měl být sekán ochranný travní pás nad mezí.

Pro omezení využívání pozemku je žádoucí, aby mechanizace překonávala hrázku co nejméně, přičemž v těchto místech je vhodné přerušit hrázku nebo vybudovat propustek pro přejezd.

Protierozní mez je atraktivním prvkem, protože kombinuje efektivní protierozní ochranu s revitalizací a diverzifikací krajiny. Z hlediska ryze protierozního účinku lze dosáhnout podobného efektu i pomocí příkopu, průlehu nebo protierozní hrázky [4, 37].

6.1.5 TERASA

Terasa je protierozní opatření, které pomáhá snížit sklon svažitéch pozemků, rozděluje svah na úseky a zlepšuje využití mechanizace. Umožňuje efektivní využívání pozemků, které by jinak nebyly vhodné pro zemědělství. Budování teras však zasahuje do ekosystémů a může narušit geologické a biologické poměry území. V ČR bylo v 70. a 80. letech vybudováno několik tisíc hektarů teras, především na jižní Moravě a Mělnicku, pro pěstování speciálních plodin. Výsledky těchto projektů byly různé, některé terasy jsou součástí krajiny, jiné se zborcovaly a opustily.

Nevhodně navržené parametry teras, jako jsou nesprávné nivelety nebo vysoké svahy, mohou vést k destrukci teras a jejich nefunkčnosti, což může ohrozit okolní zastavěné oblasti. V takových případech je nutná rekonstrukce teras a jejich rekultivace. Nové terasy by měly být budovány pouze v nejnutnějším rozsahu a s ohledem na konfiguraci krajiny.

Terasování zahrnuje výškové zářezy a násypy, které mohou dosahovat až 10 m. Pro správné technické řešení je nutný inženýrsko-geologický průzkum. Terasy mohou být stupňové s vegetačním zpevněním nebo s opěrnými zdmi. Podle tvaru a velikosti plošiny rozlišujeme úzké (pro 1-2 řady rostlin) a široké terasy (pro více řad), přičemž šířka plošiny pro vinice by měla být minimálně 8 m.

Terasové svahy mají sklon, který se doporučuje podle geologických podmínek, obvykle 1:1 až 1:1,5. Zpevnění svahů se provádí zatravněním a případnou výsadbou dřevin [37].

6.1.6 PROTIEROZNÍ CESTA

Polní cesta s protierozní funkcí představuje kombinované opatření, kdy je běžná místní komunikace vedena přibližně vrstevnicově a umístěna v oblasti, kde je nutné přerušit dlouhý a erozně ohrožený svah. Na straně proti svahu je cesta doplněna příkopem, jehož

hlavní funkcí je nejen odvodnění komunikace, ale také zachycení povrchového odtoku z výše položeného pozemku. Příkop je navržen stejně jako protierozní příkop, avšak musí splňovat i požadavky na cestní příkopy.

Rizikové místo může vzniknout při křížení cesty s lokálními údolnicemi, kde mohou vznikat bezodtoká místa. V takových případech je ideálním řešením výstavba propustku v nejnižším bodě, který umožní odvedení vody dolů údolnicí, například prostřednictvím zatravněné údolnice, svodného průlehu nebo příkopu. Je nezbytné zajistit bezpečné odvedení vody až do recipientu. Pokud je kapacita příkopu nedostatečná, je možné odlehčit odtok vody na stabilní zatravněné údolnice nebo stabilizované svodné příkopy.

V místě křížení údolnic může být také vhodným řešením vyrovnání směrových poměrů cesty a její vedení po násypu. Pokud má tento násyp plnit retenční funkci (například jako protierozní hrázka nebo retenční nádrž), musí být lokalita správně vybavena (například vypouštěcími zařízeními umožňujícími částečné vzdouvání hladiny) a zemní těleso musí být navrženo jako vzdouvací.

Tento typ opatření má minimální dopady na využívání pozemku. Cesta poskytuje pohodlný přístup k přilehlým pozemkům, přičemž je nutné pouze vybudovat vhodné sjezdy z cesty. Polní cesty s protierozní funkcí jsou pravděpodobně realizovány pouze v rámci komplexních pozemkových úprav pro konkrétní katastr [37].

6.1.7 PROTIEROZNÍ HRÁZKA

Ochranné hrázky se používají buď v kombinaci se záchytným příkopem nebo průlehem, čímž vzniká protierozní mez, nebo samostatně. V tomto případě slouží k ochraně určité lokality před povrchovým odtokem z výše položených pozemků a jsou budovány při dolním okraji pozemku. Klíčovým aspektem návrhu je vrstevnicové vedení s mírným odklonem, bez bezodtokých míst, která by mohla vést k nahromadění vody a následnému přelití a protržení hrázky.

V zahraniční literatuře jsou protierozní hrázky často prezentovány jako struktury vybavené vzdouvacím nebo výpustným zařízením, umístěné i přímo v ploše pozemku, aby přerušily jeho délku. V podmínkách ČR se takové řešení nedoporučuje, protože vyžaduje pravidelnou údržbu, čištění a operativní manipulaci, což není vždy praktické. Prostá zemní hrázka efektivně zachytí povrchový odtok a umožní jeho bezpečné odvádění mimo chráněnou oblast [37].

6.1.8 OCHRANNÉ NÁDRŽE

Ochranné (retenční) nádrže slouží k zachycování povodňových průtoků, transformaci povodňových vln a ochraně území či objektů před negativními účinky velkých vod a erozními procesy. Optimálním řešením je návrh víceúčelové nádrže, která plní různé funkce současně. Tyto nádrže se podle účelu dělí na protierozní nádrže, suché nádrže, poldry a sedimentační jímky [37].

Protierozní nádrže plní protierozní funkce, jako je snižování podélného sklonu údolí, zachycování splavenin a převádění části odtoku vody infiltrací do podzemí. Sedimentace transportovaných částic nastává při snížení průtočné rychlosti vody. Voda z nádrže odtéká výpustným potrubím nebo vsakuje do dna nádrže, pokud má dostatečnou infiltrační schopnost (například písčité půdy). Funkčnost nádrže závisí na pravidelné údržbě a odstraňování usazených půdních částic.

Suché nádrže (případně nádrže s malým zásobním prostorem) slouží k vytvoření ochranného prostoru, který se zaplní při průchodu povodňové vlny, přičemž voda odtéká odpadním potrubím. Po povodni se nádrž vyprázdí, případně na úroveň malého zásobního prostoru. Jsou průtočné a situované na vodních tocích, přičemž plocha zátopy je často využívána k zemědělským účelům. Pro správnou funkci je důležité navrhnout správný průměr odpadního potrubí tak, aby odtékaly pouze neškodné průtoky.

Poldry (boční nádrže) jsou suché mimo povodňové období. Během povodně se voda rozdělí na neškodný průtok, který pokračuje vodním tokem, a na průtok, který směřuje do poldru. Po povodni se voda z poldru odvede zpět do toku, což může přispět k redukci kulminace povodňové vlny nebo alespoň oddálení zvýšení průtoku.

Sedimentační jímky jsou malé nádrže, budované na svodných příkopech nebo na dolních okrajích erozně ohrožených pozemků. Slouží k zachycování sedimentů před jejich vstupem do hydrografické sítě. Tyto jímky nejsou vodním dílem a jsou navrženy tak, aby efektivně zadržely sedimenty [37].

6.1.9 STABILIZOVANÁ DRÁHA SOUSTŘEDĚNÉHO ODTOKU (SDSO)

Přirozené dráhy soustředěného odtoku na zpevněných travních porostech efektivně odvádějí povrchový odtok bez vzniku eroze. Tyto dráhy vznikají v členitých údolích, kde voda často způsobuje erozní rýhy. Stabilizace těchto drah vhodným zatravněním zajišťuje bezpečné odvedení odtoku při přívalových deštích nebo tání.

Zatravněné dráhy snižují erozní smyvy, omezují vznik efemerních strží a zachytávají živiny i agrochemikálie. Kapacita parabolických profilů je často dostatečná a vyžaduje pouze určení rozsahu zatravnění [4].

SDSO lze navrhovat jako:

- Stabilizační, vsakovací – chrání před erozí a umožňují vsak na lehkých půdách.
- Kombinované – slouží i jako svodný prvek propojený s průlehy a mezemi.
- Stabilizační a manipulační – stabilizace a podpora pásového střídání plodin.

Varianty stabilizace SDSO:

- Zatravnění.

- Zatravnění s opevněním (např. kamenný zához).
- Zatravnění s hrázkami (zemními nebo kamennými) [4].

6.1.10 PROTIEROZNÍ TRAVNÍ PÁSY

Protierozní travní pás je travnatý pás vedený vrstevnicově v rámci bloku orné půdy. Jeho parametry jsou určeny výpočtem a jeho hlavním účelem je ochrana zemědělské půdy před erozí, nikoliv ochrana intravilánu.

Primárním úkolem protierozního travního pásu je zachytit a do půdy vsáknout vodu, která na něj během deště dopadne, a zároveň vodu přitékající ze svahu nad ním. Návrh tohoto opatření vychází z návrhových srážek s desetiletou dobou opakování ($N = 10$ let), protože jeho funkcí je ochrana zemědělské půdy, nikoliv intravilánu či infrastruktury. Protierozní travní pás je klasifikován jako technické protierozní opatření (viz norma ČSN 75 4500 – Protierozní ochrana), které přerušuje délku svahu [4].

Pro správné fungování protierozního travního pásu je nutné splnit tato kritéria:

- Šířka pásu ve směru spádnice musí být dimenzována na základě výpočtu, který je doložen.
- Pás musí být veden vrstevnicově, případně s minimálním odklonem od vrstevnic.
- Pás je určen výhradně k ochraně zemědělské půdy před erozí, nikoliv k ochraně intravilánu.
- Pokud se v ploše pásu nachází dráha soustředěného odtoku (DSO), musí být stabilizována, minimálně zatravněním, v celé své délce nad i pod travním pásem.
- Návrh pásu je doporučen zejména na půdách s vyšší infiltrační schopností (hydrologické skupiny A a B) [4].

6.2 ORGANIZAČNÍ OPATŘENÍ

Organizační protierozní opatření jsou neoddelitelně spjata s optimalizací využití půdních zdrojů v krajinném prostoru. Tato opatření mohou zahrnovat návrhy v rámci pozemkových úpravy nebo systémy hospodaření na půdě, které plní protierozní funkci. Patří sem například optimalizace tvaru a velikosti pozemků, delimitace kultur, protierozní rozmístění pěstovaných plodin, ochranné zatravnění a zalesnění, pásové střídání plodin a agrolesnictví [4].

6.2.1 PÁSOVÉ STŘÍDÁNÍ PLODIN

Pásové střídání plodin (PSP) je efektivním opatřením proti vodní i větrné erozi, které spočívá v pravidelném rozmístění pásů plodin s různými protierozními účinky. Ochranné pásy s vysokou protierozní funkcí zachytávají vodu z chráněných pásů a umožňují její infiltraci do půdy. Maximálně 50 % výměry pozemku může být osázeno erozně

nebezpečnými plodinami. Protierozní efektivita PSP je zohledněna pomocí C a P faktorů, které odráží kombinaci plodin a sklon pozemku. Směrová trajektorie a šířka ochranných pásů jsou určeny na základě erozních poměrů a parametrů techniky. Na silně sklonitých pozemcích se PSP doplňuje o ochranná a agrotechnická opatření, jako je zatravnění pásů. Neprodukcí zatravněné plochy zaujímají až 30 % výměry produkčního bloku, stabilizují svahy, podporují biodiverzitu a usnadňují pohyb techniky [4].

6.3 AGROTECHNICKÁ OPATŘENÍ

Agrotechnická protierozní opatření se zaměřují na minimalizaci období, kdy je půda bez vegetačního pokryvu, a na zvýšení povrchové drsnosti půdy. Tato opatření chrání půdní povrch zejména v obdobích s častými přívalovými srážkami (červen až srpen), kdy erozně rizikové plodiny, jako kukuřice, brambory, cukrová řepa, slunečnice nebo čirok, nedostatečně kryjí půdu svým vzrůstem. Z dlouhodobého hlediska zlepšují retenční schopnosti půdy a její odolnost vůči erozi [4].

Mezi hlavní agrotechnická protierozní opatření patří ochranné obdělávání, které klade důraz na zachování posklizňových zbytků po předplodinách na povrchu půdy a na minimalizaci narušení půdního profilu. Tímto způsobem se podporuje přirozený vývoj půdy, omezuje nadměrná mineralizace živin a předchází se ztrátám humusu, což pozitivně ovlivňuje fyzikální vlastnosti půdy a snižuje její erodovatelnost. Účinnost ochrany závisí na míře pokrytí půdy mulčem, jeho výšce a rovnoměrnosti, a na způsobu zpracování půdy, včetně hloubky a intenzity mechanických zásahů [4].

7 NÁVRH PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ KETKOVICE

V obci Ketkovice, na zájmovém území, byl vypracován komplexní návrh protierozních opatření. Klíčovými prvky návrhu jsou dva průlehy, označené jako PR1 a PR2. Podrobnosti o technickém řešení jsou uvedeny v příloze 1. Průleh 1 bude zaústěn do již vybudovaného průlehu vedoucího k horské vpusti (viz obr. 21).



Obr. 21 – Pohled na svodný průleh (vlevo), horská vpust (vpravo)

Pro **průleh PR1** bylo zpracováno několik variant řešení, přičemž jedním z hlavních cílů návrhu bylo protínat stávající drenáž nacházející se v hloubce 1,3 m. Trasa průlehu je znázorněna na obrázku 22. Délka průlehu činí 114,80 m. Také by bylo vhodné doplnit další průleh na protější straně od horské vpusti (naznačen na obr. 22 jako PR3), ten by byl však ve značném sklonu.

První varianta navrhuje průleh s hloubkou 2,0 m a průměrným sklonem 0,6 %. V těsné blízkosti průlehu je navržen travní pás, který přispívá k ochraně proti erozi. Průleh PR1 je zaústěn do stávající horské vpusti, přičemž současný průleh vedoucí k této vpusti by bylo nutné v rámci této varianty prohloubit. Drenáž zůstává nezměněna, avšak je zaústěna do průlehu a opatřena zpětnou klapkou, která zabraňuje zpětnému zaplavování drenážního potrubí. Navržené parametry průlehu jsou vypsány v tabulce 22 a vypočtené průtoky pro dané hloubky v tabulce 23. Pokud uvažujeme hloubku i s hrázkou tedy 2,0 m, činí průtok 35, 57 m³/s (viz tab. 23), což je téměř dvacetkrát vyšší než průtok návrhový, takže je tato

varianta návrhu značně předimenzovaná, ale pro napojení drenážního potrubí jsou tyto rozměry průlehu nezbytné.

Pokud by byl porovnán objem průlehu, který činí 1750 m³, se stoletým objemem povodňové vlny 31 400 m³, je zřejmé, že průleh by byl schopen převést pouze jednu osmnáctinu této vlny. Z tohoto důvodu není návrh zasakovacího průlehu vhodný.

Pro obě varianty jsou navrženy svahy se sklony 1:2 a 1:5.

Tab. 22 – Navržené parametry průlehu 1 (varianta 1)

L	114.8	m	délka průlehu
l	0.006	–	sklon dna průlehu
b	0.6	m	šířka dna průlehu
Q _n	1.832	m ³ ·s ⁻¹	průtok – návrhový
m ₁ 1:	2	–	sklon pravého svahu
m ₂ 1:	5	–	sklon levého svahu

Tab. 23 – Výpočet parametrů průlehu 1 pro různé hladiny (varianta 1)

svah 1:m ₁	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
svah 1:m ₂	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	
b =	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	m
n =	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	
h =	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	m
l =	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
S =	0.26	0.80	1.62	2.72	4.10	5.76	7.70	9.92	12.42	15.20	m ²
O =	2.07	3.53	5.00	6.47	7.94	9.40	10.87	12.34	13.80	15.27	m
R =	0.13	0.23	0.32	0.42	0.52	0.61	0.71	0.80	0.90	1.00	m
C =	21.45	23.66	25.11	26.23	27.15	27.93	28.61	29.22	29.77	30.28	m ^{0.5} ·s ⁻¹
v =	0.59	0.87	1.11	1.32	1.51	1.69	1.87	2.03	2.19	2.34	m·s ⁻¹
Q _{VYP} =	0.15	0.70	1.79	3.58	6.20	9.75	14.36	20.14	27.17	35.57	m ³ ·s ⁻¹

Byl vypočítán rozdíl výkopu a násypu (viz tab. 24), jelikož se jedná o velmi hluboký průleh činí rozdíl výkopu a násypu 818,7 m³. Přebytečnou zeminou bude zahlouben příkop, který se nachází v blízkosti zástavby domů a také bude zemina rozprostřena na navržený zatravněný pás.

Tab. 24 – Porovnání objemů výkopu a násypu

V _{výkop}	1019.6	m ³
V _{násyp}	200.9	m ³
V _{rozdíl}	818.7	m ³

Druhá varianta počítá s průlehem s hrázkou o průměrné hloubce 1,0 m. Tato varianta zajišťuje výškovou návaznost navrženého průlehu na stávající průleh vedoucí k horské

vpusti. Sklon trasy průlehu činí 1,0 %. Realizace této varianty vyžaduje úpravu drenáže, konkrétně její vykopání a výškové vyvedení do průlehu nad hladinu vody odpovídající průtoku Q_{100} . Toho lze dosáhnout buď výkopem a rekonstrukcí drenážního potrubí v délce přibližně 50 m se sklonem 0,5 %, nebo vybudováním sifonového potrubí, které zajistí potřebný výškový rozdíl (popis viz níže).

Sifonové drenážní systémy využívají sifonový princip k efektivnímu odvodu vody, zejména v situacích, kde je potřeba překonat menší výškové rozdíly bez použití čerpadel. Například v systémech pro odvod dešťové vody může být sifonový efekt využit k rychlému a účinnému odvedení vody z plochých střech nebo jiných povrchů [52, 53].

Základní prvky systému:

- Vstupní část: Umístěná v nižší hloubce, kde drenáž sbírá vodu. Tato část je obvykle perforované potrubí.
- Stoupací trubka (sifonový oblouk): Potrubí stoupá z nižší hloubky do výše položeného bodu. Tento oblouk musí být dostatečně pevný a hladký, aby voda proudila bez přerušení.
- Výstupní část: Nachází se na konci trubky a ústí do vyšší hladiny. Výstup musí být níže než nejvyšší bod oblouku (pro dosažení efektivního odtoku) [52, 53].

V tabulce 25 jsou uvedeny návrhové parametry průlehu a v tabulce 26 je výpočet pro různé hladiny vody v průlehu. Hladina pro Q_n tedy $Q_{100} = 1,832 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ činí 0,56 m. Tedy nejbližší vyšší hodnota je 0,6 m, která bude představovat výkop průlehu. K průlehu je následně navržena hrázka o výšce 0,4 m, tedy celková hloubka průlehu je 1,0 m.

Tab. 25 – Navržené parametry průlehu 1 (varianta 2)

L	114.8	m	délka průlehu
l	0.010	–	sklon dna průlehu
b	0.6	m	šířka dna průlehu
Q_n	1.832	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	průtok – návrhový
m_1 1:	2	–	sklon pravého svahu
m_2 1:	5	–	sklon levého svahu

Tab. 26 – Výpočet parametrů průlehu 1 pro různé hladiny (varianta 2)

svah 1:m ₁	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
svah 1:m ₂	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	
b =	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	m
n =	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	
h =	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	m
l =	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	
S =	0.10	0.26	0.50	0.80	1.18	1.62	2.14	2.72	3.38	4.10	m ²
O =	1.33	2.07	2.80	3.53	4.27	5.00	5.73	6.47	7.20	7.94	m
R =	0.07	0.13	0.18	0.23	0.28	0.32	0.37	0.42	0.47	0.52	m
C =	19.51	21.45	22.70	23.66	24.44	25.11	25.70	26.23	26.71	27.15	m ^{0.5} ·s ⁻¹
v =	0.52	0.76	0.95	1.13	1.28	1.43	1.57	1.70	1.83	1.95	m·s ⁻¹
Q_{VYP} =	0.05	0.20	0.47	0.90	1.51	2.32	3.35	4.63	6.17	8.00	m³·s⁻¹

Byl také stanoven rozdíl mezi objemy výkopu a násypu viz tab. 27. V této variantě je rozdíl objemů značně nižší a to 263,1 m³. Stejně jako v předchozí variantě bude přebytečná zemina použita na zarovnání blízkého příkopu a rozprostřena do travního pásu.

Tab. 27 - Porovnání objemů výkopu a násypu

V _{výkop}	398.7	m ³
V _{násyp}	135.6	m ³
V _{rozdíl}	263.1	m ³

Průleh PR2 se nachází přibližně v polovině zájmového území (viz obr. 22). Jeho délka činí 1102,74 m a jeho průměrný sklon je 0,73 %. V tabulkách 28 a 29 jsou parametry průlehu a vypočtené průtoky pro rozdílné hladiny vody. Navržená hloubka průlehu je 0,6 m od původního terénu, aby nedošlo k narušení drenáže a tím k její nefunkčnosti. Průleh je opatřen hrází o výšce 0,4 m, což činí celkovou hloubku průlehu 1,0 m. Svahy průlehu mají sklony 1:2 a 1:5. Průleh je doplněn travním pásem.

Průleh PR2 je zaústěn do blízké prohlubně, která se přibližně po 500 m mění ve vodní tok Balinka. Aby bylo možné vodu bezpečně odvést do této prohlubně, byly navrženy dva krátké průlehy, mezi nimiž je umístěn brod zajišťující přechod přes křížení s polní cestou (viz obr. 22).

Tab. 28 – Navržené parametry průlehu 2

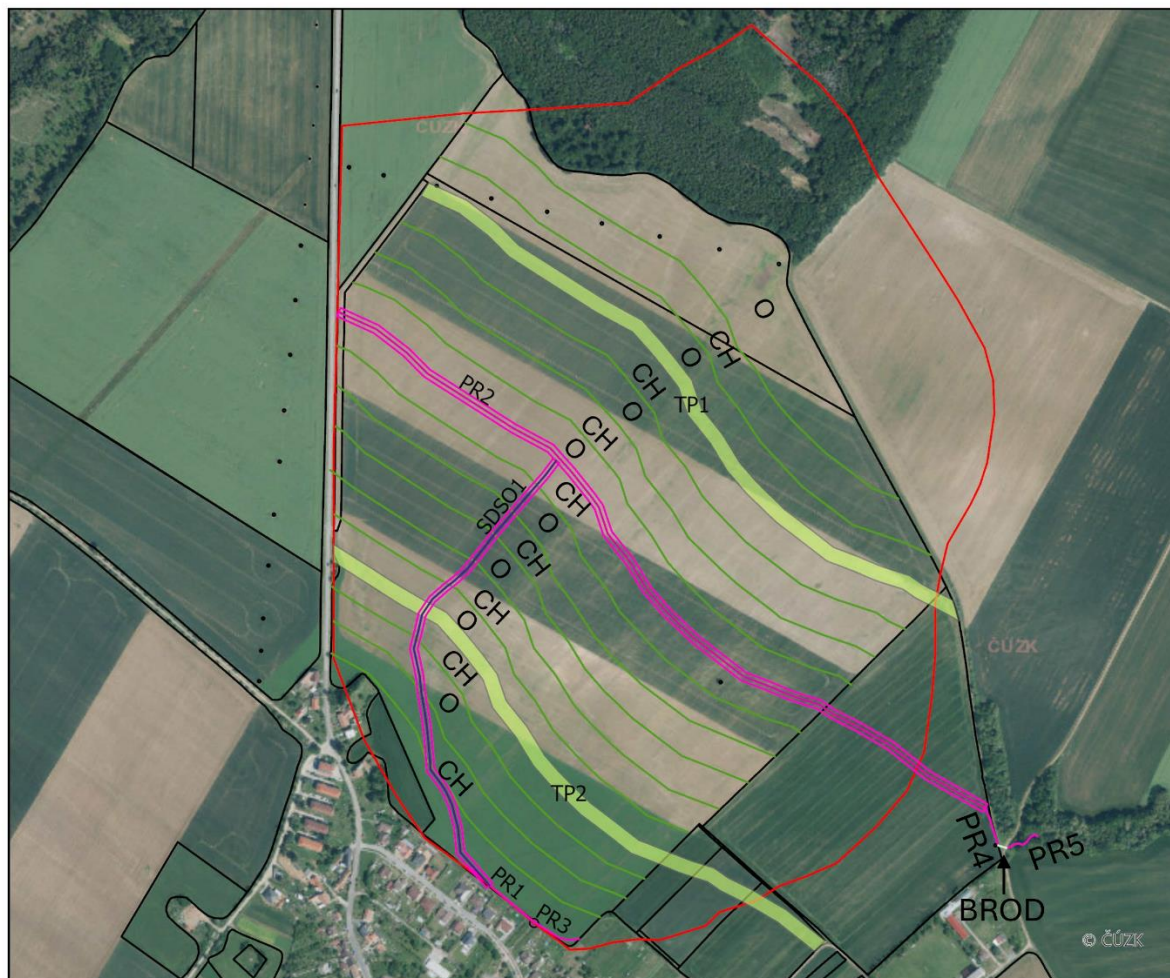
L	1102.74	m	délka průlehu
l	0.007	–	sklon dna průlehu
b	0.6	m	šířka dna průlehu
Q _n	1.450	m ³ ·s ⁻¹	průtok – návrhový
m ₁ 1:	2	–	sklon pravého svahu
m ₂ 1:	5	–	sklon levého svahu

Tab. 29 – Výpočet parametrů průlehu 2 pro různé hladiny

svah 1:m ₁	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
svah 1:m ₂	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	
b =	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	m
n =	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	
h =	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	m
l =	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	
S =	0.10	0.26	0.50	0.80	1.18	1.62	2.14	2.72	3.38	4.10	m ²
O =	1.33	2.07	2.80	3.53	4.27	5.00	5.73	6.47	7.20	7.94	m
R =	0.07	0.13	0.18	0.23	0.28	0.32	0.37	0.42	0.47	0.52	m
C =	19.51	21.45	22.70	23.66	24.44	25.11	25.70	26.23	26.71	27.15	m ^{0.5} ·s ⁻¹
v =	0.44	0.65	0.82	0.96	1.10	1.22	1.34	1.45	1.56	1.67	m·s ⁻¹
Q_{VYP} =	0.04	0.17	0.40	0.77	1.29	1.98	2.86	3.95	5.27	6.84	m³·s⁻¹

Dále byly navrženy travní pásy (označeny TP1, TP2) o šířce 20–25 m, které umožní rozdělení sběrného povodí a snížení erozního smyvu. Stanovená údolnice bude zatravněna od průlehu 2 až po konec sběrného povodí (označena SDSO1).

Také bylo navrženo pásové střídání plodin, jelikož na tomto místě již nějaké pásové střídání probíhá, jen bylo přizpůsobeno navrženým prvkům. Při výpočtu bylo uvažováno se střídáním pásu vojtěšky – ochranný pás (označen O) a kukuřice na zrno – chráněný pás (označen CH) na zrno. Pásy byly navrženy o šířce 36 m. Při výpočtu eroze po návrhu bude na pozemcích s návrhem PSP počítáno s hodnotou P faktoru 0,27, jelikož sklony povodí dosahují 2–3 % [4].



- Legenda**
- KP
 - Průlehy
 - Vrstevnice
 - Brod
 - Stabilizace dráhy soustředěného odtoku
 - Pásově střídání plodin
 - Travní pásy
 - Sběrné povodí



Obr. 22 - Návrh protierozních opatření

7.1.1 VÝPOČET POVRCHOVÉHO ODTOKU PO NÁVRHU

Po návrhu průlehů došlo ke změně rozdělení sběrného povodí, což vedlo k přepočtu povrchového odtoku. Charakteristiky sběrného povodí pro průleh PR1 jsou uvedeny v tabulce 30. Stoletý kulminační průtok vtékající do průlehu byl vypočten na hodnotu $1,65 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a objem stoleté povodňové vlny činí $11\,900 \text{ m}^3$.

Porovnáme-li hodnotu objemu průlehu, zjistíme, že i hlubší průleh navržený ve variantě 1 pokryje objem stoleté povodňové vlny pouze z jedné dvanáctiny.

Tab. 30 – Ketkovice – průleh 1: charakteristiky a vypočtené hodnoty odtokových poměrů sběrného povodí

	plocha povodí	délka údolnice	sklon údolnice	prům. CN	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	W _{PVT,100}
	[km ²]	[km]	[%]	[-]	[m ³ ·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	[10 ³ m ³]
Ketkovice – PR1	0.287	0.659	3.11	74.90	0.349	0.828	1.65	11.9

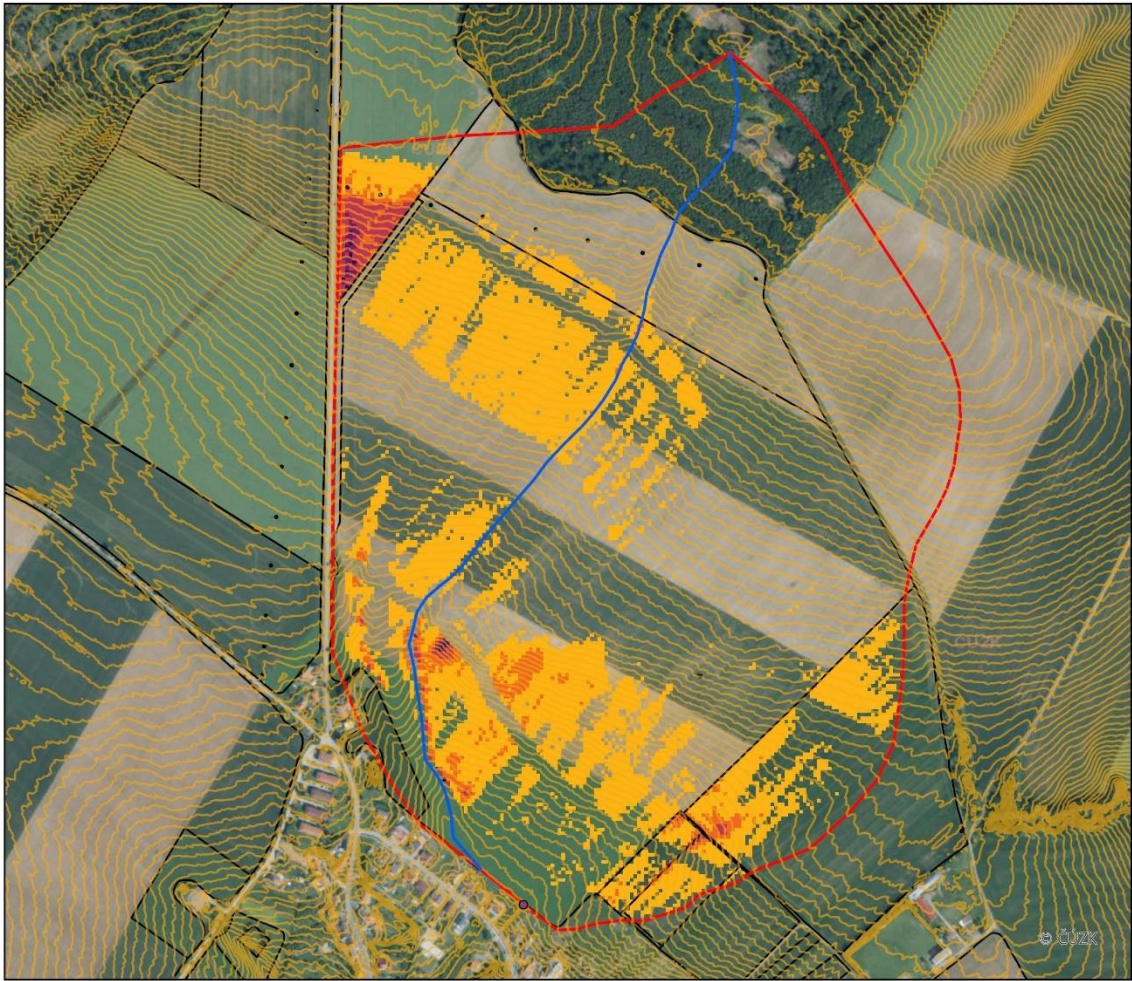
Při výpočtu povrchového odtoku do průlehu PR2 došlo ke snížení všech vstupních hodnot (viz tabulka 31). Stoletý kulminační průtok byl stanoven na 1,45 m³·s⁻¹ a objem stoleté povodňové vlny na 16 400 m³. Objem průlehu PR2 činí téměř 3 000 m³, což pokryje přibližně jednu pětinu tohoto objemu.

Tab. 31 – Ketkovice – průleh 2: charakteristiky a vypočtené hodnoty odtokových poměrů sběrného povodí

	plocha povodí	délka údolnice	sklon údolnice	prům. CN	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	W _{PVT,100}
	[km ²]	[km]	[%]	[-]	[m ³ ·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	[10 ³ m ³]
Ketkovice – PR2	0.457	0.960	0.63	73.58	0.339	0.752	1.45	16.4

7.2 EROZNÍ POMĚRY PO NÁVRHU

Na sběrném povodí v Ketkovicích byla znova vypočítána eroze po návrhu opatření. Průměrná hodnota ztráty půdy na sběrném povodí byla snížena z 8,01 t·ha⁻¹·rok⁻¹ na 1,73 t·ha⁻¹·rok⁻¹, tedy bylo dosaženo snížení ztráty půdy pod 2 t·ha⁻¹·rok⁻¹.



Legenda

- KP
- Údolnice
- Vrstevnice
- Sběrné povodí
- LPIS

Ztráta půdy G [t.ha-1.rok-1]

- 0,003 - 2
- 2,001 - 5
- 5,001 - 9
- 9,001 - 15
- 15,001 - 20
- 20,001 - 25
- 25,001 - 26,99



Obr. 23 - Mapa erozní ohroženosti Ketkovice po návrhu

8 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo provést komplexní analýzu erozních a odtokových poměrů ve zvoleném území a navrhnout účinná protierozní opatření, která by odpovídala specifickým podmínkám jednotlivých lokalit. Pomocí moderních nástrojů prostorové analýzy byla identifikována nejkritičtější místa s vysokým rizikem eroze a povrchového odtoku. Na těchto lokalitách byla navržena opatření, která zahrnovala kombinaci technických a přírodě blízkých řešení.

Vyhodnocení ukázalo, že navržená opatření mohou efektivně přispět ke snížení erozních procesů, zlepšení kvality vodního režimu a ochrany zemědělské půdy. Důležitou součástí bylo také zajištění kompatibility s existujícími drenážními systémy, což podporuje dlouhodobou udržitelnost navržených opatření.

Diplomová práce přináší praktické návrhy pro ochranu krajiny, které mohou být implementovány v různých územích s obdobnými problémy.

Na zájmovém území v Ketkovicích, kde byla navržena protierozní opatření, došlo k výraznému snížení eroze z $8,01 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ na $1,73 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Tento výsledek potvrzuje efektivitu navržených opatření.

Pro možné napojení drenáže do průlehu 1 byly navrženy tři varianty. K výběru nejhodnější varianty by však bylo nutné provést ekonomické zhodnocení.

9 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Ministerstvo životního prostředí. (2012). *Podrobný rozbor problematiky přírodě blízká opatření*. Praha: Ministerstvo životního prostředí. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/priode_blizka_opatreni/\\$FILE/OOV-podrobny_rozbor_problematiky-20121101.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/priode_blizka_opatreni/$FILE/OOV-podrobny_rozbor_problematiky-20121101.pdf)
- [2] Why is Landscape Drainage Important for Your Home? Online. 2023. Dostupné z: <https://sprinklerdrainage.com/blog/why-is-landscape-drainage-important-for-your-home/>.
- [3] Jacks, G. (2019). Drainage in Sweden -the past and new developments. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 69(5), 405–410. <https://doi.org/10.1080/09064710.2019.1586991>
- [4] Ochrana zemědělské půdy před erozí. Metodika 2024. PDF. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2024. ISBN 978-80-88664-00-0.
- [5] Český úřad zeměměřický a katastrální. Geoportál ČÚZK [online]. Praha: ČÚZK. Dostupné z: <https://geoportal.cuzk.cz>.
- [6] FELTL, Jakub. Souhrnná technická zpráva: Realizace souboru staveb společných zařízení v k. ú. Větrkovice u Vítkova. Olomouc: AGPOL s. r. o., leden 2019.
- [7] VYSOUDIL, Ing. Přírodě blízká opatření – tůňe a mokřad – k.ú. Větrkovice u Vítkova. Souhrnná zpráva. Listopad 2022. Projekt ADAPTAN II.
- [8] VESSELKOVÁ, Ing. Marie. Technická zpráva, suchá retenční nádrž Starovice. Zhotovitel projektu: AGROPROJEKT PSO, s.r.o., Brno, srpen 2003
- [9] Vyhláška č. 227/2018 Sb.: Vyhláška o charakteristice bonitovaných půdně ekologických jednotek a postupu pro jejich vedení a aktualizaci. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2018, ročník 2018, 113/2018, číslo 227. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-227/zneni-20190101>
- [10] Česká geologická služba: Mapové aplikace - Půdní mapa 1 : 50 000 [online]. Dostupné z: <http://mapy.geology.cz/pudy/>
- [11] Geologická mapa 1 : 50 000 - indexy, Geologická mapa 1 : 50 000 - doplňky, Geologická mapa 1 : 50 000, Klad listů ZM50. In: *Geovědní mapy 1 : 50 000* [online].
- [12] JANEČEK, Miloslav. Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.
- [13] Esri. ArcGIS Pro [online]. Dostupné z: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro/overview>
- [14] DHI Group. DesQ-MaxQ [online]. Dostupné z: <https://www.dhigroup.com>

- [15] Autodesk. AutoCAD [online]. Dostupné z: <https://www.autodesk.com/products/autocad/overview>
- [16] Dumbrovský, M., & Milerski, R. (2005). *Vodní hospodářství Krajiny II, Modul 01*. Fakulta stavební, Brno.
- [17] Větrkovice: Obec Větrkovice. In: Obec Větrkovice [online]. 2024. Dostupné z: <https://www.vetrkovice.cz/>
- [18] Starovice: Obec Starovice. In: Obec Starovice [online]. 2024. Dostupné z: <https://www.starovice.cz/>
- [19] Ketkovice: Obec Ketkovice. In: Obec Ketkovice [online]. 2024. Dostupné z: <https://www.ketkovice.cz/>
- [20] Lichnov: Obec Lichnov. In: Obec Lichnov [online]. 2024. Dostupné z: <https://www.lichnov.cz/>
- [21] Pokřikov: Obec Pokřikov. In: Obec Pokřikov [online]. 2024. Dostupné z: <https://www.pokrikov.cz/>
- [22] Vojtěchov: Obec Vojtěchov. In: Obec Vojtěchov [online]. 2024. Dostupné z: <https://www.vojtechov.cz/>
- [23] MORAVSKÉ KARPATY. Klimatické oblasti dle E. Quitta (1971). [online]. Dostupné z: <https://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/klima/klimaticke-oblasti-dle-e-quitta-1971/>
- [24] Tolasz, R. et al. Atlas podnebí Česka. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2007. ISBN 978-80-86690-26-0.
- [25] VÚMOP. Mapová aplikace meliorací [online]. Dostupné z: <https://meliorace.vumop.cz/?core=app&zoom=4¢er=-717502.2225044448,-1077224.4094488188>
- [26] Ekotoxa s.r.o. Územní plán Ketkovice: grafická část [stavební výkres]. Zpracoval: Ing. arch. Petr Malý. Zář 2011. Dostupné z: <https://ketkovice.cz/uzemni-plan-obce-ketkovice/ds-5404/archiv=0>
- [27] Ing. Racek, Situace odvodnění pozemků v Ketkovicích [stavební výkres].
- [28] Styrová. Situace odvodnění ve Větrkovicích [stavební výkres].
- [29] Atelier archplan Ostrava s.r.o. Územní plán Větrkovice [stavební výkres]. Projektant: Miroslav Hudák. Leden 2017. Dostupné z: <https://www.vitkov.info/urad/uzemni-planovani/textove-informace-o-uzemnich-planech-jednotlivych-obci/vetrkovice/>
- [30] KT architekti. Koordinační výkres Starovice [stavební výkres]. Květen 2023. Dostupné z: <https://www.hustopece.cz/starovice>
- [31] Ing. Kučerová, Situace odvodnění Starovice [stavební výkres]. Květen 1965.

- [32] Drenážní zařízení v Lichnově [stavební výkres]. Duben 1928. Uloženo v: Archiv města Lichnova.
- [33] Územní plán obce Lichnov [stavební výkres]. Dostupné z: <https://www.lichnov.cz/obec/uzemni-plan-obce-lichnov-1/?page=all>
- [34] Situace odvodňovacích zařízení [stavební výkres]. Uloženo v: Archiv města Pokřikov.
- [35] Kopecký, Petr. Územní plán obce Pokřikov [stavební výkres]. Listopad 2011. Dostupné z: <https://www.hlinsko.cz/urad/uzemni-planovani/platne-dokumenty-up/obec-pokrikov/>
- [36] Tománek, Pavel. Územní plán obce Vojtěchov [stavební výkres]. Duben 2024. Dostupné z: <https://www.hlinsko.cz/urad/uzemni-planovani/platne-dokumenty-up/obec-vojtechov/?page=all>
- [37] Kadlec, Václav a kol. Navrhování technických protierozních opatření. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2014. ISBN 978-80-87361-29-0.
- [38] Pozemkové úpravy [online]. Státní pozemkový úřad, ©2023 [cit. 2025-01-02]. Dostupné z: <https://www.spucr.cz/pozemkove-upravu>
- [39] POD (2016): Podklady pro pozemkové úpravy v obci Větrkovice. [online] Dostupné z: https://www.pod.cz/planovani/cz/plan-Horni-Odry-2016/kapitola-v/tabulky/v_4_5_kpu.pdf
- [40] SPUCR (2023): Zadávací dokumentace k realizaci I. etapy pozemkových úprav v obci Větrkovice. [online] Dostupné z: https://zakazky.spucr.cz/document_230474/904e0e1e0f01730842e41122ffdd6e05-zadavaci-dokumentace-zpr-vetrkovice-ii_etapa-pdf
- [41] Asociace pozemkových úprav (2015): Pozemkové úpravy – krok za krokem. [online] Dostupné z: https://asociacepu.cz/wp-content/uploads/2015/10/Pozemkove_upravu_krok_za_krokem_brozura.pdf
- [42] Státní pozemkový úřad (2023): Certifikované mapy pozemkových úprav. [online] Dostupné z: <https://www.spucr.cz/pozemkove-upravu/certifikace/certifikovane-mapy>
- [43] Obec Lichnov (n.d.): Dokončení komplexních pozemkových úprav v katastrálním území Lichnov. [online] Dostupné z: <https://www.obeclichnov.cz/file/47589>
- [44] Ministerstvo životního prostředí České republiky. Geoportál. [online]. K dispozici na: https://geoportal.spucr.cz/web/cz/pg_vhsmap#pg_vhsMap!n_x=-655131&n_y=-1080978&n_zoom=0
- [45] Státní pozemkový úřad (2015): Zakázka na vypracování návrhu KoPÚ pro Pokřikov a Ranou u Hlinska. [online] Dostupné z: https://zakazky.spucr.cz/agreement_display_288.html

- [46] Státní pozemkový úřad (2022): Zakázka na zpracování návrhu KoPÚ pro Vojtěchov u Hlinska. [online] Dostupné z: https://zakazky.spucr.cz/agreement_display_16300.html
- [47] evergabe.com (2024): Komplexní pozemkové úpravy v katastrálním území Ketkovice. [online] Dostupné z: https://www.evergabe.com/en/tenders/komplexni-pozemkove-upravy-v-k-u-ketkovice-1228616/?utm_source=chatgpt.com
- [48] Kulhavý, Zbyněk. "Drenáže z polí je potřeba vykopat!" Asociace soukromého zemědělství ČR, dostupné online: <https://www.asz.cz/clanek/5643/zbynek-kulhavy-drenaze-z-poli-je-potreba-vykopat/>.
- [49] Kulhavý, Zbyněk, a Milan Soukup. "Drenážní systémy v ČR a jejich vliv na vodní režim krajiny." Sborník příspěvků k 10. výročí CBKS, dostupné online: <http://www.cbks.cz/Sbornik10a/KulhavySoukup.pdf>.
- [50] Ministerstvo životního prostředí. Podrobný rozbor problematiky přírodě blízkých opatření v povodích [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2012. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/priode_blizka_opatreni/\\$FILE/OOV-podrobny_rozbor_problematiky-20121101.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/priode_blizka_opatreni/$FILE/OOV-podrobny_rozbor_problematiky-20121101.pdf)
- [51] ATLAS spol. s r.o. Atlas DMT [online]. Dostupné z: <https://www.atlasltd.cz/dmt/>
- [52] Zhuji Fengfan Piping Co., Ltd. Jaké jsou znalosti o sifonovém drenážním systému [online]. Zhuji: Ifan Piping, 2022. Dostupné z: <https://cz.ifanpiping.com/info/what-is-the-knowledge-of-siphon-drainage-syste-77919181.html>
- [53] Zhuji Fengfan Piping Co., Ltd. Co je sifonový drenážní systém [online]. Zhuji: Ifan Piping, 2022. Dostupné z: <https://cz.ifanpiping.com/info/what-is-a-siphon-drainage-system-75976104.html>
- [54] Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. Protierozní kalkulačka [online]. Dostupné z: <https://kalkulacka.vumop.cz/?core=app&>

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ČR	Česká republika
KP	kritický profil
VT	vodní tok
VN	vodní nádrž
BPEJ	bonitovaná půdně ekologická jednotka
HPJ	hlavní půdní jednotka
HSP	hydrologická skupina půd
LPIS	Land Parcel Identification System
CN	Curve Number (číslo křivky)
DSO	dráha soustředěného odtoku
GIS	geografický informační systém
DMT	digitální model terénu
USLE	Universal Soil Loss Equation (univerzální rovnice ztráty půdy)
DTR	dokumentace technického řešení
SDSO	stabilizace dráhy soustředěného odtoku
PSP	pásové střídání plodin

11 SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Charakteristika kódu BPEJ [9]</i>	18
<i>Tab. 2 - Hydrologické skupiny půd [12].....</i>	19
<i>Tab. 3 – Charakteristiky klimatické oblasti MT7 [23].....</i>	26
<i>Tab. 4 – Větřkovice – nádrž: charakteristiky a vypočtené hodnoty odtokových poměrů sběrného povodí</i>	30
<i>Tab. 5 – Větřkovice – nádrž: charakteristiky a výpočet drenážního průtoku.....</i>	31
<i>Tab. 6 – Větřkovice – tůň: charakteristiky a vypočtené hodnoty odtokových poměrů sběrného povodí</i>	37
<i>Tab. 7 - Větřkovice – tůň: charakteristiky a vypočtené hodnoty odtokových poměrů sběrného povodí</i>	37
<i>Tab. 8- Větřkovice – tůň: charakteristiky a výpočet drenážního průtoku.....</i>	38
<i>Tab. 9 – Větřkovice – mokřad: charakteristiky a výpočet drenážního průtoku</i>	38
<i>Tab. 10 – Charakteristiky klimatické oblasti T4 [23]</i>	41
<i>Tab. 11 - Starovice: charakteristiky a vypočtené hodnoty odtokových poměrů sběrného povodí.....</i>	44
<i>Tab. 12- Starovice: charakteristiky a výpočet drenážního průtoku</i>	45
<i>Tab. 13 - Charakteristiky klimatické oblasti CH7 [23].....</i>	47
<i>Tab. 14 - Lichnov: charakteristiky a vypočtené hodnoty odtokových poměrů sběrného povodí.....</i>	51
<i>Tab. 15 – Lichnov: charakteristiky a výpočet drenážního průtoku.....</i>	51
<i>Tab. 16 - Charakteristiky klimatické oblasti MT11 [23].....</i>	54
<i>Tab. 17 – Pokřikov, Vojtěchov: charakteristiky a vypočtené hodnoty odtokových poměrů sběrného povodí</i>	57
<i>Tab. 18- Pokřikov, Vojtěchov: charakteristiky a výpočet drenážního průtoku.....</i>	57
<i>Tab. 19 - Charakteristiky klimatické oblasti MT11 [23].....</i>	60
<i>Tab. 20 - Ketkovice: charakteristiky a vypočtené hodnoty odtokových poměrů sběrného povodí.....</i>	64

<i>Tab. 21 - Ketkovice: charakteristiky a výpočet drenážního průtoku</i>	64
<i>Tab. 22 - Navržené parametry průlehu 1 (varianta 1)</i>	75
<i>Tab. 23 - Výpočet parametrů průlehu 1 pro různé hladiny (varianta 1)</i>	75
<i>Tab. 24 - Porovnání objemů výkopu a násypu</i>	75
<i>Tab. 25 - Navržené parametry průlehu 1 (varianta 2)</i>	76
<i>Tab. 26 - Výpočet parametrů průlehu 1 pro různé hladiny (varianta 2)</i>	77
<i>Tab. 27 - Porovnání objemů výkopu a násypu</i>	77
<i>Tab. 28 - Navržené parametry průlehu 2</i>	77
<i>Tab. 29 - Výpočet parametrů průlehu 2 pro různé hladiny</i>	78
<i>Tab. 30 - Ketkovice - průleh 1: charakteristiky a vypočtené hodnoty odtokových poměrů sběrného povodí</i>	80
<i>Tab. 31 - Ketkovice - průleh 2: charakteristiky a vypočtené hodnoty odtokových poměrů sběrného povodí</i>	80

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Charakteristiky zájmového území Větrkovice nádrže	25
Obr. 2 – Půdní poměry (Větrkovice nádrže).....	28
Obr. 3 – Mapa erozní ohroženosti Větrkovice nádrž	29
Obr. 4 – Charakteristiky zájmového území Větrkovice tůně	33
Obr. 5 – Půdní poměry (Větrkovice tůně).....	35
Obr. 6 - Mapa erozní ohroženosti Větrkovice tůně	36
Obr. 7 – Charakteristiky zájmového území Starovice	40
Obr. 8 – Půdní poměry (Starovice).....	42
Obr. 9 – Mapa erozní ohroženosti Starovice	43
Obr. 10 – Charakteristiky zájmového území Lichnov.....	46
Obr. 11 – Půdní poměry (Lichnov)	49
Obr. 12 – Mapa erozní ohroženosti Lichnov.....	50
Obr. 13 – Charakteristiky zájmového území Pokřikov a Vojtěchov	53
Obr. 14 – Půdní poměry (Lichnov a Vojtěchov)	55
Obr. 15 – Mapa erozní ohroženosti Pokřikov, Vojtěchov	56
Obr. 16 – Pohled na zájmové území (vlevo), viditelná DSO (vpravo).....	58
Obr. 17 – Charakteristiky zájmového území Ketkovice	59
Obr. 18 – Půdní poměry (Ketkovice).....	62
Obr. 19 – Mapa erozní ohroženosti Ketkovice.....	63
Obr. 20 – Výkres porovnání drenáží (skutečnost a výkres)	65
Obr. 21 – Pohled na svodný průleh (vlevo), horská vpusť (vpravo).....	74
Obr. 22 – Návrh protierozních opatření.....	79
Obr. 23 – Mapa erozní ohroženosti Ketkovice po návrhu.....	81

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Dokumentace technického řešení

A.1 Průvodní a technická zpráva

B.1.1 Situace PR1 – VAR1

B.1.2 Situace PR1 – VAR2

B.2.1 Podélný profil PR1 – VAR1

B.2.2 Podélný profil PR1 – VAR2

B.3.1 Příčné profily PR1 – VAR1

B.3.2 Příčné profily PR1 – VAR2

B.4.1 Vzorový příčný řez PR1 – VAR1

B.4.2 Vzorový příčný řez PR1 – VAR2

B.5.1 Napojení drenáže VAR1

B.5.2 Napojení drenáže VAR2

B.5.3 Napojení drenáže VAR3

C.1 Situace PR2

C.2 Podélný profil PR2

C.3 Příčné profily PR2

C.4 Vzorový příčný řez PR2