

UNIVERZITA PALÁČKÉHO V OLOMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Katedra rozvojových a environmentálních studií



**VLIV NOVĚ VZNIKLÝCH PŘIBLIŽOVACÍCH LINEK NA
KALAMITNÍCH HOLINÁCH NA SRÁŽKO-ODTOKOVÉ
POMĚRY VYBRANÉHO ÚZEMÍ**

Influence of newly created forest approach lines in calamitous clearings on precipitation-
runoff conditions of the selected area

MAGISTERSKÁ DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracovala: Bc. Tereza ŠRÁMKOVÁ
Vedoucí práce: prof. Ing. Ivo MACHAR, Ph.D.

Olomouc 2024

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením prof. Ing. Ivo Machara, Ph.D. s použitím všech pramenů uvedených v seznamu literatury.

V Olomouci dne 11. 4. 2024

.....

Bc. Tereza Šrámková

Poděkování:

Na tomto místě bych ráda poděkovala především vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Ivo Macharovi, Ph.D. za profesionální vedení. Další poděkování patří dobrým přátelům Mgr. Ivě Bitalové a Ing. Petru Dobešovi za společnou podporu, odborné rady i výpomoc při práci, dále také rodině, příteli Miroslavovi, Mgr. Ondřeji Valovi a Mgr. Miroslavu Kubínovi.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Tereza Šrámková

Název práce: Vliv nově vzniklých přibližovacích linek na kalamitních holinách na srážko-odtokové poměry vybraného území

Typ práce: Diplomová

Studijní program: Geografie

Studijní obor: Mezinárodní rozvojová a environmentální studia

Pracoviště: Katedra rozvojových a environmentálních studií

Vedoucí práce: prof. Ing. Ivo Machar, Ph.D.

Rok obhajoby práce: 2024

Počet stran: 88

Klíčová slova: klimatická změna, voda, těžba, holiny, odtok, srážky, přibližovací linky

Abstrakt:

Diplomová práce se zabývá zpracováním problematiky kalamitních holin jakožto následku plošné těžby v lesích. V úvodní části objasňuje využívané pojmy, hlavní část práce se zaměřuje na extrém sucha i povodní a zjišťuje vliv nově vzniklé cestní sítě na srážko-odtokové poměry vybrané lokality. Závěr práce navrhuje vodo-zadržné adaptační opatření pro nepoužívané přibližovací a páteřní linky.

Bibliographical Identification

Name and surname of the author: Bc. Tereza Šrámková

Title of thesis: Influence of newly created forest approach lines in calamitous clearings on precipitation-runoff conditions of the selected area

Type of thesis: Diploma

Degree programme: Geography

Field of study: International Development and Environmental studies

Department: Department of Development and Environmental studies

Supervisor: prof. Ing. Ivo Machar, Ph.D.

Year of the presentation: 2024

Number of pages: 88

Keywords: climate change, water, logging, clearings, runoff, precipitation, approach lines

Abstract:

The diploma thesis deals with the issue of calamitous clearings as a consequence of large-scale logging in forests. The introductory part focuses on the clarification of used terms, the main part of the work focuses on extreme droughts and floods and determines the effect of the newly created road network on the rainfall-runoff conditions of the selected location. The conclusion of the work deals with the presentation of potential adaptation measures which proposes water-retaining for unused approach lines.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Tereza ŠRÁMKOVÁ**
Osobní číslo: **R210555**
Studijní program: **N0588A330002 Mezinárodní rozvojová a environmentální studia**
Téma práce: **Vliv nově vzniklých přibližovacích linek na kalamitních holinách na srážko-odtokové poměry vybraného území CHKO Beskydy**
Zadávající katedra: **Katedra rozvojových a environmentálních studií**

Zásady pro vypracování

Cílem kvalifikační práce bude zjistit vliv nově vzniklé cestní sítě na kalamitních holinách na srážko-odtokové poměry vybraného území. Získaná data budou převedena do modelu na menší povodí nebo na hektar kalamitní holiny. Dalším cílem bude navržení vodozádržných opatření pro nepoužívané přibližovací linky a pro páteří linky (L4), které budou využívány pro lesnickou činnost. Teoretická část bude vyhotovena formou rešerše odborné literatury s popisem výzkumné lokality. V praktické části bude terénní sběr a vyhodnocení dat z výzkumné lokality pod Velkým Javorníkem.

Rozsah pracovní zprávy: **20 – 25 tisíc slov**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Web of Science, R. ZON (1920): Forests and Human Progress,
A. R. HIBBERT (1967): Forest Treatment Effects on Water Yield,
J. J. ZEMKE, M. ENDERLING, A. KLEIN, and M. SKUBSKI (2019): The influence of soil compaction on runoff formation. A case study focusing on skid trails at forested andosol sites,
T. ORFÁNUS (2011): SAV správa o výsledkoch overenia protipovodňovej a protieróznej účinnosti technických opatrení.pdf

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Ivo Machar, Ph.D.**
Katedra rozvojových a environmentálních studií

Datum zadání diplomové práce: 28. února 2022
Termín odevzdání diplomové práce: 30. května 2023

L.S.

doc. RNDr. Martin Kubala, Ph.D.
děkan

doc. RNDr. Pavel Nováček, CSc.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 28. února 2022

OBSAH:

SEZNAM ZKRATEK	10
SEZNAM TABULEK	11
SEZNAM OBRÁZKŮ	11
1. ÚVOD	13
2. CÍLE PRÁCE A METODOLOGIE	15
2.1. CÍLE PRÁCE.....	15
2.2. METODIKA.....	15
2.2.1. Základní charakteristika výzkumného území	18
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE	21
3.1. LES	21
3.1.1. Definice, funkce a význam lesa	21
3.1.2. Druhy lesních ekosystémů a jejich stavy na studovaném území	23
3.1.3. Lesnictví, hospodářská úprava a funkční zaměření lesů	27
3.1.4. Těžba dříví, druhy těžby a těžebně dopravní procesy.....	31
3.1.5. Lesní cesty a zpřístupňování lesa.....	34
3.2. SRÁŽKO-ODTOKOVÉ POMĚRY	40
3.2.1. Atmosférické srážky a srážkové poměry	40
3.2.2. Odtok a odtokové poměry.....	41
3.2.3. Srážko-odtokové a vsakovací poměry	43
3.3. STUDOVANÁ PROBLEMATIKA V KONTEXTU KLIMATICKÝCH ZMĚN	45
3.3.1. Klimatická změna	45
3.3.2. Vliv klimatických změn na lesní ekosystémy.....	49
3.3.3. Adaptační opatření na lesních cestách	56
4. VÝSLEDKOVÁ ČÁST	61
4.1. VÝSLEDKY MĚŘENÍ PARSHALLOVÝM ŽLABEM.....	61
4.1.1. Přehled a porovnání naměřeného a teoretického srážkového úhrnu, naměřeného odtoku a dlouhodobého srážkového normálu v období říjen 2022 až leden 2023.....	61
4.1.2. Přehled naměřeného úhrnu srážek a specifického odtoku za měsíc říjen 2022	65
4.1.3. Přehled naměřeného úhrnu srážek a specifického odtoku za měsíc listopad 2022	66
4.1.4. Přehled naměřeného úhrnu srážek a specifického odtoku za měsíc prosinec 2022.....	67
4.1.5. Přehled naměřeného úhrnu srážek a specifického odtoku za měsíc leden 2023	68

4.2.	EDUKAČNÍ ČINNOST.....	69
4.2.1.	<i>Workshopy a vzdělávací programy</i>	69
4.2.2.	<i>Osnova vzdělávací lekce pro mládež</i>	71
5.	DISKUSE A DOPORUČENÍ.....	76
5.1.	DISKUSE	76
5.2.	DOPORUČENÍ	78
5.2.1.	<i>Nové a opětovné zalesňování, minimalizace odlesňování</i>	78
5.2.2.	<i>Změna způsobu hospodaření v lesích a přechod na jiný druh těžby</i>	79
5.2.3.	<i>Úprava dřevinné skladby.....</i>	80
5.2.4.	<i>Právně a finančně podložená podpora</i>	81
6.	ZÁVĚR.....	83
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	84

SEZNAM ZKRATEK

AOPK ČR	Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky
CHKO	Chráněná krajinná oblast
CHMI/ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČMeS	Česká hydrometeorologická společnost
EEA	<i>European Environmental Agency</i> – Evropská agentura pro životní prostředí
EVVO	Environmentální vzdělávání, výchova a osvěta
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> – Organizace pro výživu a zemědělství
HÚL	Hospodářská úprava lesů
HZ	Hospodářský způsob
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> – Mezivládní panel pro změnu klimatu
LC	Lesní cesty
LCS	Lesní cestní síť
LDS	Lesní dopravní síť
LHP	Lesní hospodářský plán
MZE	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
PRV	Program rozvoje venkova
POPFK	Podpora obnovy přirozených funkcí krajiny
PUPFL	Pozemky určené k plnění funkce lesa
SHMÚ	Slovenský hydrometeorologický ústav
ŠOP SR	Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky
VÚV	Výzkumný ústav vodohospodářský

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Druhové složení lesů v % z celkové plochy porostní půdy ČR v letech 2000 až 2022, vlastní zpracování. Zdroj: MZE, 2023	25
Tabulka č. 2: Druhové složení lesů v % z celkové plochy porostní půdy SR v letech 1970 až 2022, vlastní zpracování. Zdroj: MPRV SR, 2023.....	26
Tabulka č. 3: Souhrnný přehled srážek, dlouhodobý normál srážek, naměřený odtok a teoretický úhrn srážek za období říjen 2022 až leden 2023 ve sledované lokalitě.	62

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Přesun pracovního materiálu (vlevo) a následná instalace měrného zařízení (vpravo). Zdroj: Mgr. Jan Husák, 2022.....	16
Obrázek č. 2: Parshallův žlab v průběhu instalace. Zdroj: Archiv autorky, 2022	17
Obrázek č. 3: Parshallův žlab včetně přidružené pamětní schránky, kompletně uvedený do chodu. Zdroj: Mgr. Jan Husák, 2022.....	17
Obrázek č. 4: Pozice oblasti Rajecká dolina na mapě Slovenska. Zdroj: MAS Rajecká dolina, 2023 .	19
Obrázek č. 5: Podrobná mapa oblasti Rajecká dolina. Zdroj: Združenie obcí Rajecká dolina, 2023....	19
Obrázek č. 6: Digitální model celkového rozsahu odvodněné oblasti. Zdroj: Archiv autorky, 2023 ...	19
Obrázek č. 7: Kalamitní holina v Rajecké Lesné po plošné a nahodilé těžbě. Zdroj: Mgr. Jan Husák, 2022.....	33
Obrázek č. 8: Příklad druhů lesních cest v horském údolí. Zdroj: Ministerstvo Zemědělství, 2023.....	38
Obrázek č. 9: Kalamitní holina v Rajecké Lesné po plošné a nahodilé těžbě, Slovensko. Zdroj: Mgr. Jan Husák; 2022	52
Obrázek č. 10: Načechraná půda (vlevo) versus stlačená půda (vpravo). Zdroj: Štefan Vaľo, 2018....	54
Obrázek č. 11: Zahloubená lesní cesta do svahu lesa v okolí obce Fačkov, Slovensko. Zdroj: Archiv autora, 2022	55
Obrázek č. 12: Dvě setkávající se degradované přibližovací linky v okolí obce Rajecká Lesná, Slovensko. Zdroj: Jan Husák, 2022.....	55
Obrázek č. 13: Metoda rozrušování utužených nepoužívaných přibližovacích linek a vytváření vhodného prostředí pro zasakování dopadené dešťové vody. Zdroj: Kvapka Rajeckej doliny n.o, 2023	57

Obrázek č. 14: Varianta kypření (vlevo) versus varianta jáma-hráz-jáma (vpravo) s realizací na dvou různých místech ve dvou odlišných podmínkách. Zdroj: Archiv autora, 2022 (vlevo); Voda pro les, voda pro lidi, 2020 (vpravo).....	59
Obrázek č. 15: Porovnání naměřeného srážkového úhrnu a dlouhodobého srážkového normálu (mm/měsíc) za období říjen 2022 až leden 2023 ve sledované lokalitě.....	62
Obrázek č. 16: Porovnání naměřeného odtoku a teoretického úhrnu srážek za období říjen 2022 až leden 2023 ve sledované oblasti.....	63
Obrázek č. 17: Porovnání průměrného denního specifického odtoku [l/s] a denního úhrnu srážek [mm/m ²] za měsíc říjen 2022.	65
Obrázek č. 18: Porovnání průměrného denního specifického odtoku [l/s] a denního úhrnu srážek [mm/m ²] za měsíc listopad 2022.	66
Obrázek č. 19: Porovnání průměrného denního specifického odtoku [l/s] a denního úhrnu srážek [mm/m ²] za měsíc prosinec 2022.	67
Obrázek č. 20: Porovnání průměrného denního specifického odtoku [l/s] a denního úhrnu srážek [mm/m ²] za měsíc leden 2023.	68
Obrázek č. 21: Česko-slovenský tým zadržování vody v krajině po úspěšné realizaci Fačkovského workshopu. Zdroj: Kvapka Rajeckej Doliny n.o., 2022.....	70
Obrázek č. 22: Edukace účastníků workshopu (odborné i laické veřejnosti) přímo v problematickém terénu, prováděná s odborným výkladem a ukázkovou realizací metody. Zdroj: Archiv autora diplomové práce, 2022 (vlevo) a Mgr. Jan Husák; Kvapka Rajeckej doliny n.o., 2022 (vpravo)	71

1. ÚVOD

Klimatické změny jsou v odborné společnosti považovány za reálnou hrozbu. Většina světových zemí se dnes už více či méně nápadně potýká s následky nastupujících klimatických změn a bude jim v budoucnu čelit stále více. Přibývající klimatický stres, narůstající průměrná teplota, stále četnější extrémní počasí, posunutí hranic optima biotopů, živočišná migrace, vyhynutí druhů a antropogenní vlivy jsou klíčová slova zobecňující široký pojem klimatické změny. Mezi aktuálně nejzásadnější a nejčastější předmět diskusí je pravděpodobně považována problematika zvyšování extrémů sucha, související s tématem vody jakožto jedné ze základních životních složek a podmínek existence života na zemi. Otázka, jak s vodou hospodařit lépe, aby nedošlo k postupnému vyčerpání světových i lokálních zásob pitné vody, se pomalu začíná dostávat do širšího lidského povědomí a stává se předmětem zájmu hledajícím řešení v mnoha různých oblastech světa.

Česká a Slovenská republika jsou země nacházející se v pomyslném středu Evropy. Díky své pozici si vysloužily označení jako takzvaná „střecha Evropy“. Toto pojmenování získaly pravděpodobně také i díky tomu, že na tomto území pramení množství řek a nachází se zde hned několik hlavních evropských rozvodí. Všechny tyto velké řeky však opouštějí svou zemi a odvádějí vodu za hranice státu. Proto jsou pro oba státy významným vodním zdrojem „pouze“ dešťové či sněhové srážky a podzemní voda, která zabezpečuje obyvatelstvo pitnou vodou a zásobuje povrchové toky. V kombinaci klimatických změn a antropogenních vlivů (mezi které se řadí například nadužívání a znečišťování pitných zdrojů nebo nevhodná těžební technika a mechanická úprava koryt toků) však dochází k narušení přirozených vsakovacích funkcí půdy. To má za následek postupné snižování vodních zásob a pokles hladiny spodních vod.

Tato diplomová práce nesoucí název „Vliv nově vzniklých přibližovacích linek na kalamitních holinách na srážko-odtokové poměry vybraného území“ je zaměřena na klimatickou změnou ovlivněné atmosférické srážky ve spojení s působením těžké techniky na lesní cesty, nově vytvořené v těžbě využívaných a atraktivních lesích. Hlavním zájmem diplomové práce je zjištění vlivu tohoto spojení na vsakování a odtok vody v blízkém i rozsáhlejší okolí. Práce představuje nejen úvod do problematiky, ale také pozici zkoumaného tématu v rozsáhlém celosvětovém kontextu. Zaměřuje se na individuální

vysvětlení všech samostatných jevů a jejich částí, mezi které patří například objasnění významu srážko-odtokových poměrů, přiblížení podoby a stavu aktuálního hospodaření v lesích, nebo hlubší zobrazení současně využívaných adaptačních opatření, souvisejících se zaměřením práce.

Teoretická část je vyhotovena pomocí rešeršně-kompilační metody odborné literatury. Součástí práce je také praktická výzkumná a edukační část, která je zaměřena na průzkum zmíněných jevů v oblasti Rajecká Lesná, nacházející se v západní části sousedního Slovenska, a následně také na osvětu laické veřejnosti na území těžby lokality.

Vedlejším zaměřením díla a zároveň také osobní motivací autorky ke zvolení tohoto tématu diplomové práce je snaha o další zvyšování povědomí o této klimaticko-vodní problematice nejen u laické veřejnosti, a získání příležitosti k zajištění teorie i dat, týkajících se skutečného odtoku vody nejen ve zkoumaných lokalitách.

2. CÍLE PRÁCE A METODOLOGIE

2.1. Cíle práce

Cílem rešeršní části diplomové práce je představení aktuálního stavu lesů v České a Slovenské republice. Dalším cílem je představení problematiky lesního hospodaření v kontextu klimatických změn, se zaměřením na dopad pozměněného srážko-odtokového procesu. Posledním vytyčeným rešeršním cílem je uvedení vodo-zadržných adaptačních opatření pro lesnickou činnost dříve aktivně využívané cesty, se zaměřením na opatření, která lze na některých již nevyužívaných přibližovacích a páteřních linkách aplikovat, a pokusit se tak o částečné zmírnění dynamických změn způsobených nedostatkem vody v našich lesích.

Výzkumným cílem práce je identifikace vlivů využívané cestní sítě kalamitních holin v lesích na odtokové poměry dané lokality. Vybraným studijním územím k výzkumu je těžebně aktivní lokalita v okolí obce Rajecká Lesná, nacházející se na západním Slovensku.

Dalším cílem, který tato práce sleduje, je navržení možných edukačních aktivit zaměřených na osvětu laické veřejnosti v oblasti této problematiky.

2.2. Metodika

Práce je rozdělena do dvou hlavních částí, z nichž ta první se zabývá literární rešerší, objasněním tématu a vysvětlením pojmů, jelikož správné pochopení je pro porozumění celkové problematiky i následující části tématu klíčové. Druhá část práce se týká samotného praktického výzkumu, edukační činnosti a závěrečné diskuse s doporučeními, týkajícími se tématu do budoucna.

Teoretická část práce (literární rešerše) je vyhotovena formou rešeršně-kompilační metody odborné literatury. Pro získání a následné zpracování vědeckých materiálů byly využity odborné knižní prameny a zdroje z elektronických informačních portálů. Mezi využitá databáze

se řadí například ScienceDirect, Web of Science a GreenFILE. Při vyhledávání odborné literatury v databázích byla využita klíčová slova jako například „klimatická změna“, „voda“, „les“, „těžba“, „kalamitní holina“, „odtok“, „srážky“, „přibližovací linky“ a podobné, či jejich anglická podoba „climate change“, „water“, „logging“, „clearings“, „runoff“, „precipitation“, a „approach lines“.

Výsledková část práce je složena z výzkumné a edukační části. Výzkumná část je založena na praktickém odborném průzkumu zmíněných jevů v lokalitě Rajecká Lesná na Slovensku. Edukační část je založena na provedení edukační činnosti v podobě workshopů a realizací výukových programů pro laickou veřejnost a mládež v téže oblasti. V praktické části je proveden terénní průzkum a sběr dat o průtoku povrchově tekoucí vody na aktivně využívané těžební lince v lesní oblasti okolí obce Rajecká Lesná. Následně je uskutečněno vyhodnocení dat z výzkumné lokality, jejich úprava a pročištění od nepřesností. Je vyhotoven model zohledňující tyto data v přehledné grafické formě s porovnáním dopadených a odvedených srážek z vybraného povodí. S ohledem na tyto informace je provedeno porovnání a diskuse, a následně jsou v závěru práce navrženy možnosti i příležitosti do budoucna.

Výzkum je proveden pomocí umístění měrného zařízení na aktivně využívanou těžební linku nově vzniklé cestní sítě na nedávno utvořené kalamitní holině (viz obrázek č. 1). Ke sběru dat o průtoku je použit Parshallův žlab, což je zařízení nejčastěji využívané k měření průtoku vody a jiných kapalin v otevřených korytech (viz obrázek č. 2). Žlab zaznamenává okamžitou hladinu průtoku povrchové vody a ukládá ji do přidružené pamětní schránky (viz obrázek č. 3). Využitý Parshallův žlab byl pro potřeby diplomové práce zapůjčen z Ostravské univerzity a zaznamenával data během určeného období od října 2022 do ledna 2023.



Obrázek č. 1: Přesun pracovního materiálu (vlevo) a následná instalace měrného zařízení (vpravo).
Zdroj: Mgr. Jan Husák, 2022



Obrázek č. 2: Parshallův žlab v průběhu instalace. Zdroj: Archiv autorky, 2022



Obrázek č. 3: Parshallův žlab včetně přidružené pamětní schránky, kompletně uvedený do chodu. Zdroj: Mgr. Jan Husák, 2022

Celková rozloha oblasti, ze které byla voda pravděpodobně směřována do žlabu, a plocha odvodňovaná lesní cestou byla vypočítána v programu ArcGIS PRO (mapový a analytický software) pomocí funkce *watershed* z digitálního modelu reliéfu, rozlišení 1 m.

Data o průtoku povrchové vody získaná umístěným žlabem během určeného období (říjen 2022 až leden 2023) bylo možné spárovat a porovnat s daty dopadeného množství srážek za stejné období díky poskytnutí těchto informací Slovenským hydrometeorologickým ústavem (SHMÚ). Ten poskytuje požadované údaje pro akademické práce studentům vysokých škol za splnění smluvních podmínek.

Získaná data byla sloučena a následně zpracována v tabulkovém software Microsoft Excel, kde byla přetvořena do výsledných tabulek a grafů.

2.2.1. Základní charakteristika výzkumného území

Zájmovou výzkumnou a studijní lokalitou, využitou pro diplomovou práci, je oblast Rajecká Lesná, pojmenovaná na základě blízkosti obce nesoucí stejné jméno. Obec Rajecká Lesná se nachází v severozápadní části Slovenska v okrese Žilina, má rozlohu cca 39,3 km² a je položena v nadmořské výšce 508 metrů nad mořem (MAS Rajecká dolina, 2023). Její široké okolí včetně dalšího množství obcí (cca 24) náleží do chráněného území Rajecká dolina (či také Rajecká kotlina). Jedná se o údolní oblast obklopující řeku Rajčanku, pramenící v pohoří Strážovské vrchy a vlévající se do řeky Váh. Celá lokalita je ohraničena Strážovskou vrchovinou na jihu a západě, výběžkem Javorníků s Kysuckou vrchovinou na severu, a masivem Lúčanské Malé Fatry na východě (Rajec, 2022). Oblast Rajecké doliny je podřazena Žilinské kotlině, na kterou plynule navazuje.

Na následujících obrázcích můžeme na mapě vidět znázorněnou pozici Rajecké doliny v rámci celého Slovenska (obrázek č. 4) a podrobné zobrazení celého údolí se všemi obcemi do lokality spadajícími (obrázek č. 5).

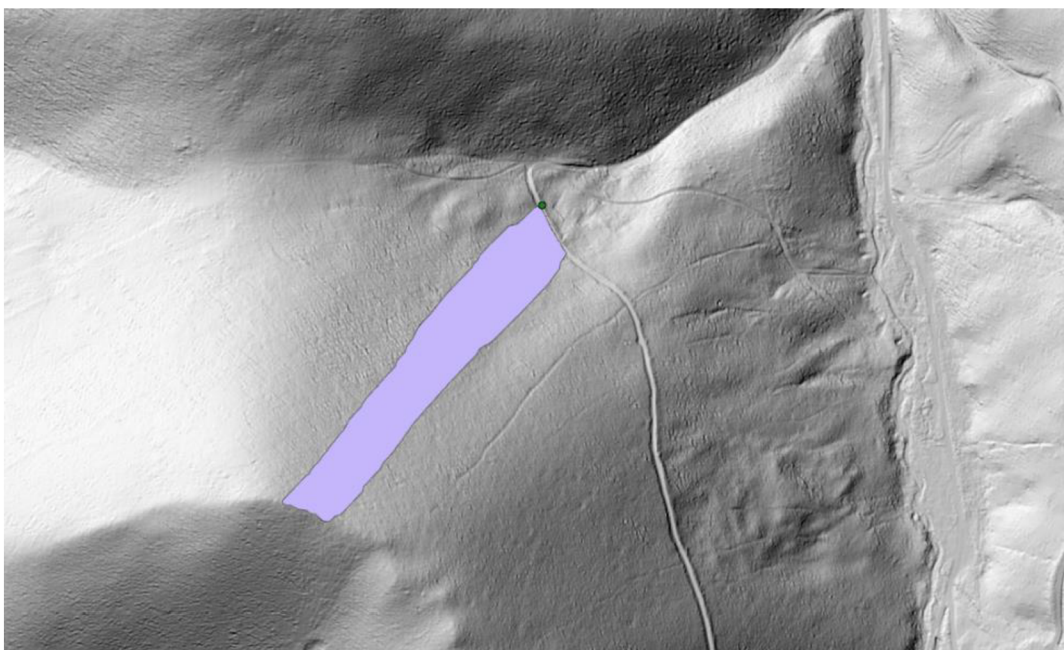
Na obrázku č. 6 je následně znázorněn podrobný digitální model reliéfu celkového rozsahu odvodněné oblasti, vytvořený v programu ArcGIS PRO. Modrá tečka zde označuje polohu žlabu, zatímco fialový prostor ukazuje vypočítanou plochu, která je pravděpodobně odvodňována a ze které je voda do žlabu směřována.



Obrázek č. 4: Pozice oblasti Rajecká dolina na mapě Slovenska. Zdroj: MAS Rajecká dolina, 2023



Obrázek č. 5: Podrobná mapa oblasti Rajecká dolina. Zdroj: Združenie obcí Rajecká dolina, 2023



Obrázek č. 6: Digitální model celkového rozsahu odvodnění oblasti. Zdroj: Archiv autorky, 2023

Oblast Rajecká dolina byla zařazena do chráněného území především díky kotlinám lemovaným více či méně skalnatými svahy, bukovým pralesům, smíšeným lesům a neporušeným loukám, jenž poskytují vhodné podmínky pro vzácné rostliny, léčivé byliny i množství různých zvířat. Počty rostlin se pohybují okolo množství 900 druhů včetně řady endemitů¹, jejichž počet se odhaduje na více než 40 druhů. Mezi rostlinné druhy vyskytující se zde nejběžněji patří sedmikráska chudobka (*Bellis perennis*) a smetánka lékařská (*Taraxacum officinale*), ale také například šalvěj lékařská (*Salvia officinalis*), heřmáněk pravý (*Matricaria chamomilla*), meduňka lékařská (*Melissa officinalis*), máta peprná (*Mentha piperita*), brusnice brusinka (*Vaccinium vitis-idaea*), růže šípková (*Rosa canina*), bez černý (*Sambucus nigra*) a mnoho dalších. U živočichů se jedná o druhy středně velkých až velkých savců, mezi které zde řadíme například jelena lesního (*Cervus elaphus*). Vyskytují se zde také druhy malých i velkých šelem, jako je liška obecná (*Vulpes vulpes*), jezevec lesní (*Meles meles*), vydra říční (*Lutra lutra*), rys ostrovid (*Lynx lynx*), vlk obecný (*Canis lupus*) či dokonce početný medvěd hnědý (*Ursus arctos*). Ze vzácnějších ptáků lze zahlédnout ledňáčka říčního (*Alcedo atthis*), jestřába lesního (*Accipiter gentilis*) či výra velkého (*Bubo bubo*), z obojživelníků rosničku zelenou (*Hyla arborea*) a z motýlů modráška očkovaného (*Phengaris teleius*) (Rajec, 2022).

Rajecká dolina, konkrétně její část v okolí obce Rajecká Lesná, byla jako výzkumné území vybrána z několika především praktických důvodů. Jedním z hlavních argumentů ke zvolení lokality byl fakt, že samotný výzkum modelu srážko-odtokového procesu zakoupila společnost Kofola, která má v Rajecké Lesné jedno ze svých výrobních sídel. Dalším důvodem bylo, že východní část celého území Rajecké doliny obklopuje masiv Lúčanské Malé Fatry. Ten má vápencový podklad, přičemž takové území je díky svému geologickému složení pro výzkum srážko-odtokových poměrů vhodné.

Konkrétní poloha pro umístění Parshallova žlabu byla vybrána ve spolupráci s odborníky na pedologii, geografii a geologii z Ostravské univerzity (RNDr. et Mgr. Matěj Horáček, Ph.D. a Mgr. Ondřej Vala). Byla vybrána taková lokalita, do které bylo vhodné umístit žlab, aniž by do jeho okolí musel při instalaci zasahovat bagr. A protože se lokalita osvědčila, v průběhu roku 2024 se do stejné lokality bude žlab umisťovat znovu.

¹ Slovo „endemit“ má svůj původ v latině (*endemica*) a Slovník cizích slov (2022) jej definuje jako „rostlina nebo živočich vyskytující se pouze na jednom místě“. V ČR se mezi endemity řadí například zvonek český (*Campanula bohemica*) nebo modranka karpatská (*Bielzia coeruleans*).

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

V kapitole literární rešerše budou vysvětleny odborné pojmy, ať už vyloženě zmíněné v samotném názvu diplomové práce, nebo pojmy přímo či nepřímo související s danou problematikou. Jednotlivá témata budou postupně rozebrána a představena v širším kontextu, jelikož je jejich správné pochopení včetně doprovodných znalostí klíčové pro následující části práce, které na sebe postupně navazují.

3.1. Les

V následující podkapitole bude představeno komplexní téma lesa a jeho hospodářské úpravy, se zaměřením na těžebně-dopravní procesy.

3.1.1. Definice, funkce a význam lesa

Všeobecným pojmem „les“ je často označováno určité území hustě porostlé dřevinami s dominujícími stromy. Jedná o pojem běžně využívaný, jeho přesná podoba však závisí na konkrétním vnímání i původu každého lidského jedince. Existuje tak mnoho jeho odlišných forem i různých definicí lesa.

Světová organizace pro výživu a zemědělství (s anglickým názvem Food and Agriculture Organization se zkratkou FAO) definuje nejasný pojem „les“ jako „*půdu s pokrytím korunami stromů více než 10 % a s rozlohou větší než 0,5 hektaru, stromy by však měly být schopny dosáhnout minimální výšky 5 metrů*“ (FAO, 2023). V České republice existuje díky charakteristickým podmínkám v zemi definice poněkud odlišná. Zákonem č. 289/1995 Sb., *o lesích a o změně a doplnění některých zákonů* (dále už jen jako lesní zákon) určená odborná definice vymezuje les jakožto „*lesní porost s jeho prostředím a pozemky určenými k plnění funkcí lesa*“. Takovouto širokou formulací vzniká hned několik dalších možností, jak může les

vypadat. Pozemky určené k plnění funkce lesa (PUPFL) jsou totiž také všechny pozemky a plochy, na kterých byl lesní porost dočasně odstraněn. Dále se jedná o lesní průseky, zpevněné i nezpevněné lesní cesty (do 4 metrů šířky), hájenky, sklady dřeva, potoky s koryty, drobné vodní útvary a holé plochy, nacházející se nad horní hranicí růstu dřevinné vegetace. O tom, co patří či nepatří do lesního pozemku a PUPFL rozhoduje orgán státní správy lesů (Lesní zákon, 1995). V zásadě se jedná o všechny pozemky, které jsou v Katastru nemovitostí České republiky² vedeny jako lesní, ačkoliv se může jednat i o pozemky určené k produkci dřeva (laicky často označovány jako „pole na dřevo“) či lesní pastviny, pokud k lesu přiléhají nebo s ním souvisejí a jsou určeny k lesnímu hospodářství.

Les je důležitý, složitý, komplexní a dynamický ekosystém³, tvořený bohatou rostlinnou složkou, početným společenstvem živočichů a abiotickým (tedy neživým) prostředím. Jedná se o významné uložení biomasy⁴, důležité jak z hlediska biologické diverzity, tak také z hlediska ekosystémových služeb – množství přínosů, které nám jakožto společnosti ekosystém lesa mnoha svými funkcemi poskytuje.

Dle platformy Miléniové hodnocení ekosystémů (anglicky Millennium Ecosystem Assessment, zkráceně MA) se ekosystémové služby rozdělují na služby zásobovací, regulační, kulturní a podpůrné (MA, 2005). Nejvíce je s lesy na území ČR, SR spjata jejich zásobovací (hospodářská a produkční) funkce, ať už díky zdroji dřeva (viz podkapitola 3.1.3.) či komplexnímu využití všech lesních nedřevních produktů. Mezi ty patří plody, houby, léčivé látky či maso. Mezi regulační služby, které společnosti zdravé lesy poskytují, se řadí například jejich schopnost stabilizace klimatu a zamezování klimatických stresů. Lesy mají schopnost ochlazovat krajinu a snížit tak výpar i vysychání půdního povrchu. Jsou bezkonkurenční v zadržování a akumulaci vody, čímž zamezují půdní, větrné i vodní erozi (Ruda, 2014). Lesní

² Jedná se o veřejný soubor údajů obsahující nemovitosti České republiky, včetně jejich popisu, polohy a právních záležitostí.

³ Slovník cizích slov (2022) definuje pojem „ekosystém“ jako „základní funkční jednotku v přírodě, ve které jsou všechny živé složky v přímém vztahu s fyzikálními a chemickými faktory daného prostředí“. Může se jednat téměř o jakoukoliv část přírody, ve které dochází mezi organismy a prostředím ke koloběhu látek a toku energie. Příkladem různého typu a podoby ekosystémů je celé jezero či pouze jeho část, louka, les, přechod mezi loukou a lesem, obdělávané pole i vinice, či dokonce akvárium nebo žaludek krávy. Pojem „biom“ je naopak stejným slovníkem definován jako „společenství rostlin a živočichů určité rozsáhlé geografické oblasti spolu s prostředím a makroklimatem“, a je tak chápán spíše jako ekosystém rozsáhlý a typický až pro větší území planety.

⁴ Celková hmotnost všech organismů, vyskytující se v určitém okamžiku na určitém místě.

ekosystémy zmíněných území mají také funkci společenskou – kromě toho, že působí protihlukové a protiprašně, mají pro společnost také velký kulturní, historický a rekreační význam. Za podpůrné služby lesů se považuje zvyšování ekologické stability krajiny poskytováním všech ostatních ekosystémových služeb (Alcamo et al., 2006).

3.1.2. Druhy lesních ekosystémů a jejich stavy na studovaném území

Na území České republiky a Slovenska je rozšířených hned několik typů lesních ekosystémů, spadajících do biomu opadavých smíšených lesů mírného pásma. Jejich diverzitu navíc rozšiřují ekosystémy přechodové, ekosystémy přizpůsobené individuálním podmínkám a porosty invazivní. Jednotlivé typy lesních ekosystémů se odlišují v převažující funkci, kterou daný druh lesa díky svým specifickým vlastnostem zastává. Jejich převažující funkce může být buď bioprodukční, ekologicko-stabilizační, hydricko-vodohospodářská, edafická-půdoochranná, klimatická nebo rekreační, popřípadě jejich kombinace. Podle typologie biotopů soustavy NATURA 2000 jsou na našich územích nejdůležitější především následující lesní ekosystémy s jejich dominantními funkcemi (Schneider et al., 2016):

- **Lužní lesy (luhy)** – Nacházejí se v rovinatých nížinných nivách velkých řek. Jedná se o přirozeně záplavové oblasti s poměrně vysokou hladinou vody v půdě, svůj podstatný význam mají tedy především z hydrologického hlediska. Dlouhodobě zaplavované a na živiny bohaté oblasti mají v oblibě jasany (*Fraxinus*) a vrby (*Salix*), častý je i topol černý (*Populus nigra*). Ve slaběji zaplavovaných oblastech převažuje dřevina dub letní (*Quercus robur*) s pestrou příměsí, včetně bohatého keřového a bylinného patra, aktivního především na jaře. Lužní lesy se řadí do jednoho z nejproduktivnějších lesních ekosystémů na území ČR (Vyskot et. al., 2001).
- **Doubravy** – Tento ekosystém má řadu různých forem, které spojuje výskyt na teplých a suchých či naopak vlhkých a kyselých stanovištích. Hlavní dřevinou jsou zde duby (*Quercus*) s různými příměsemi dřevin v závislosti na druhu stanoviště a formy doubravy. Jedná se o ekosystém významný především z hlediska půdo-ochranného a ekologického, dřevno-produkční funkce není nijak zvlášť výrazná.
- **Dubohabřiny** – Jedná se o porosty tvořené nejčastěji habrem obecným (*Carpinus betulus*) a dubem zimním (*Quercus petraea*) s různými příměsemi v závislosti na druhu

formy (Chytrý et al., 2010). Tento lesní ekosystém má v porovnání s ostatními lesy nižší bioprodukční, půdoochranný i hydrologický potenciál. Jelikož se často jedná o lesy přechodové mezi lužními lesy a doubravami nebo o součásti příměstských lesů, převažuje zde funkce ekologická.

- **Bučiny** – Dominantní dřevinou je zde buk lesní (*Fagus sylvatica*) s příměsemi dalších listnáčů či jehličnanů ve vyšších polohách. Bučiny se podle soustavy Natura 2000 dělí na další formy, se kterými se kromě složení i umístění mění také jejich potenciál a využitelnost. Bučiny ve vyšších horských polohách a jedlové bučiny na Slovensku byly v minulosti nejvíce ovlivněny dřevo-produkční funkcí oblastí jejich výskytu a částečně zde byly přeměněny na smrkové monokultury (ŠOP SR, 2023).
- **Smrčiny** – Určujícím druhem je zde smrk ztepilý (*Picea abies*), přirozená je příměs listnáčů. Jedná se o typ lesa převládající v horských oblastech bohatých na vláhu, významná je tedy jejich funkce hydrologická a půdoochranná. Díky vysoké dřevo-produkční funkci byly smrčiny jako monokultury rozšířeny také do středních výškových poloh mimo rozsah jejich růstového optima.
- **Bory** – Prosvětlené suché či naopak podmáčené extrémní stanoviště jsou domovem druhu borovice lesní (*Pinus sylvestris*) a endemitu borovice blatka (*Pinus uncinata subsp. uliginosa*) se vtroušenými druhy listnáčů a smrku. Ačkoliv bory nemají vysoký bioprodukční potenciál, mají svůj podstatný význam z půdoochranného hlediska na suchých stanovištích, a z ohledu hydrologického na stanovištích vlhkých.
- **Ostatní typy ekosystému lesních porostů** – Vlivem individuálních podmínek stanovišť i antropogenního ovlivnění často vznikají smíšené porosty, utvářející přechody mezi jednotlivými typy lesů. Mezi příklady těchto specifických ekosystémů lesa lze zařadit například olšiny, zamokřený typ lužních lesů s převažující dřevinou olší lepkavou (*Alnus glutinosa*) a krušinou olšovou (*Frangula alnus*) (AOPK ČR, 2023). Dalším příkladem málopočetných typů ekosystémů mohou být suťové lesy – smíšené porosty s hornatým podložím, často se vyskytující na strmých svazích.

Pro zachování zdravotního stavu lesních ekosystémů a všech jejich výše zmíněných funkcí je důležitá variabilita druhů, nacházejících se v daném porostu, a dodržení rozsahu jejich přirozeného výskytu (Frélichová et al., 2014). V případě nevhodného lesnického managementu, jednotvárného zastoupení dřevin či nezohlednění ideálních podmínek výskytu konkrétních odrůd může při zakládání nových porostů docházet k oslabení dřevin a k jejich větší náchylnosti ke všem negativním vnějším i vnitřním vlivům.

úspěšně snižuje ve prospěch dřevin listnatých, převážně buku a dubu na úkor zastoupení smrku a borovice. Kromě postupné přeměny druhového složení porostů však dochází také k narůstání procentuálního množství holin, tedy holých a nezalesněných ploch bez jakékoliv ochrany lesního krytu.

Také na Slovensku vychází každoročně tzv. Zelená zpráva o aktuálním stavu tamních lesů, představující přehled o proběhlých změnách a výhledech do budoucna. Zpráva nese název „Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike“ a během utváření diplomové práce byl k dispozici nejnovější ročník se shrnutím z roku 2022. Přepřacování části znázorňující aktuální i předcházející druhové složení lesních porostů na území SR ukazuje následující tabulka č. 2.

Tabulka č. 2: Druhové složení lesů v % z celkové plochy porostní půdy SR v letech 1970 až 2022, vlastní zpracování. Zdroj: MPRV SR, 2023

DŘEVINA / ROK	1970	2000	2010	2020	2022
Smrk ztepilý (<i>Picea abies</i>)	26,0	26,8	25,3	21,8	21,5
Borovice (<i>Pinus</i>)	6,7	7,5	7,0	6,6	6,5
Jedle (<i>Abies</i>)	6,2	4,3	4,0	4,0	4,0
Modřín (<i>Larix</i>)	1,4	2,3	2,4	2,6	2,6
Ostatní jehličnaté	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2
JEHLIČNATÉ CELKEM	41,3	41,9	39,8	36,1	35,8
Buk (<i>Fagus</i>)	30,1	30,3	31,8	34,6	35,1
Dub letní (<i>Quercus robur</i>) a dub zimní (<i>Quercus petraea</i>)	11,4	11,4	10,7	10,4	10,4
Dub cer/slovenský (<i>Quercus cerris</i>)	2,8	2,5	2,5	2,6	2,6
Habr (<i>Carpinus</i>)	6,2	5,7	5,8	6,0	6,0
Ostatní listnaté	8,0	8,2	9,4	10,3	10,4
LISTNATÉ CELKEM	58,7	58,1	60,2	63,9	64,5

Údaje dřevinného složení lesů SR zasahují až do roku 1970, z tabulky i ze souhrnné zprávy tak lze vyčíst opravdu dlouhodobý trend a porovnat tak změny druhového složení porostů na tomto území. Stejně jako v České republice se množství jehličnatých dřevin v důsledku zastoupení škodlivých činitelů i nadále snižuje ve prospěch lesů listnatých, ovšem celkový podíl listnatých dřevin zde ve velkém převažuje. Procentuální množství holin na Slovensku bohužel Zelená zpráva neobsahuje (na rozdíl od ČR) a není tak možné posoudit jejich aktuální stav, ani trend z dlouhodobějšího hlediska.

3.1.3. Lesnictví, hospodářská úprava a funkční zaměření lesů

Lesními ekosystémy se zabývá hned několik vědních oborů, od odvětví soustředících se na observaci komplexního chodu celého ekosystému či jeho částí (například obory jako ekologie lesa, lesnická bioklimatologie, ekologie, pedologie, dendrologie, zoologie, botanika a další), až po obory se zaměřením na management lesů a jejich udržování ve prospěch lidské společnosti. Pro potřeby této diplomové práce budou představeny pouze hlavní lesnické disciplíny zabývající se obhospodařováním a úpravou těchto dynamických oblastí. Mezi ty se řadí například disciplíny ochrany a péče o lesní ekosystémy, myslivost nebo hospodářská úprava lesů.

Lesnaté plochy našeho území rozhodně nelze zařadit do bezzásahových oblastí. Klíčovým zákonem ustanovujícím lesnickou legislativu u nás je v současné době již výše zmiňovaný lesní zákon (zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně a doplnění některých zákonů). Jeho účelem je stanovit předpoklady pro zachování lesa, péči o les a obnovu lesa jako národního bohatství, tvořícího nenahraditelnou složku životního prostředí, pro plnění všech jeho funkcí a pro podporu trvale udržitelného hospodaření v něm (Lesní zákon, 1995). Ústředním orgánem státní správy lesů v ČR je Ministerstvo zemědělství. Přírodní rezervace a přírodní památky mají ve své kompetenci také obce s rozšířenou působností a kraje. Lesy národních parků, národních přírodních rezervací a památek i jejich ochranných pásem má ve státní správě Ministerstvo životního prostředí (LESY ČR, 2023). Na Slovensku je ústředním orgánem státní správy pro lesnictví Ministerstvo zemědělství a rozvoje venkova Slovenské republiky (LESY SR, 2023).

Hospodářská úprava lesů (HÚL) je určena vyhláškou MZE č. 83/1996 Sb., *o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů*, a vyhláškou č. 84/1996 Sb.,

o lesním hospodářském plánování. Zabývá se jí Ústav pro hospodářskou úpravu lesů se sídlem v Brandýse nad Labem. Jedná se o obor lesnické činnosti, který má za úkol udržení časového i prostorového provozu lesního hospodářství, a to především ve smyslu zajištění všech funkcí, které má daný les plnit, a optimalizace cílů hospodaření včetně způsobů k jejich dosažení (UHUL, 2023). Dále se zaměřuje také na zajištění přírodní reprodukce lesního ekosystému a fungování těžební vyrovnanosti i nepřetržitosti. Toho dosahuje například pomocí zjišťování zásoby dříví v porostech, plánování těžeb na jednotlivá období a organizace konkrétního postupu. K těmto procesům mu dopomáhá obor geobiocenologie⁵ a především lesnická typologie, základní disciplína hospodářské úpravy lesů. Zabývá se mapováním, hodnocením a následnou klasifikací stálých růstových podmínek vegetace dané oblasti, závislých na geografických, geologických, pedologických, klimatických i dalších stanovištních okolnostech (nejčastěji se jedná o faktory jako je nadmořská výška, klimatické podmínky či stav půdy) (Oliva et al., 2001). Následné výstupy slouží pro stanovování hospodářských opatření a produkčních cílů, nebo také k hodnocení funkcí ekosystémů (zmíněných v podkapitole 3.1.1. a 3.1.2.) (Holuša et al., 2012). Nástrojem pro zabezpečení trvalosti výnosu z lesa je lesní hospodářský plán (LHP). Ten mají v současné době povinnost vyhotovit všechny právnické osoby se svěřeným nakládáním se stánými lesy, bez ohledu na jejich velikost, a všichni ostatní vlastníci s velikostí lesa nad 50 hektarů v rámci kraje (LESY ČR, 2023).

Samotné lesy lze charakterizovat a dělit podle mnoha rozlišných kritérií. Podle funkčního zaměření můžeme lesní porosty rozdělit na 3 hlavní skupiny. Jedná se jak o rozdělení podstatné pro účely této diplomové práce, tak také o třídění často využívané v praxi českého i slovenského lesnictví, u nás definované lesním zákonem (Zákon č. 289/1995 Sb., § 6).

- **Lesy ochranné** – Prioritní je jejich půdoochranná funkce, která má zde přednost před funkcí dřevoprodukční (Sequens, 2007). Těžba dřeva je v těchto lesích možná pouze z důvodu zdravotní probírky. Často se jedná o lesy chránící půdu před silnou erozí a lavinami na mimořádně nepříznivých stanovištích a na hranicích existenčních možností, balvaništích, suťovištích, skalách a silně podmáčených stanovištích (Čaboun et al., 2009). Dále se jedná také o lesy nad horní hranicí lesa, vysokohorské lesy a veškeré lesy s převažující funkcí ochrany půdy (například větrolamy na ochranu zemědělské půdy).

⁵ Geobiocenologie je věda zabývající se jednotkami živých společenstev (biocenóz) a jejich závislosti na svých určitých životních stanovištích (biotopy).

- **Lesy zvláštního určení** – Plní specifické potřeby, veřejné zájmy zde převažují nad zájmy produkčními. Řadí se mezi ně lesy nacházející se na území národních parků, národních přírodních památek a rezervací, lesy prvních zón CHKO, lesy v ochranných pásmech vodních zdrojů a minerálních léčivých vod. Může se jednat také o lesy lázeňské, příměstské, významné z hlediska rekreace, myslivosti (obory a bažantnice), výzkumu, vzdělání nebo obrany státu (Lesní zákon, 1995).
- **Lesy hospodářské** – U těchto lesních ploch je prioritou produkce dřevní hmoty a následného zisku. Pokud jsou plněny i ostatní ekologické a další funkce, jedná se pouze o vedlejší produkt (Oliva et al., 2001). Hospodářský les se může stát lesem zvláštního určení na návrh vlastníka, státu či orgánem státní správy. Tento druh lesů lze následně dále rozdělit například podle toho, jakým způsobem se daný les spravuje, či jakým způsobem v něm probíhá obnova porostu (viz níže následující dělení).

Na základě výroční zprávy vydané na rok 2022 (poprvé zmíněné v předešlé podkapitole 3.1.2.) máme aktuálně v České republice podíl 74 % lesů hospodářských, 24 % lesů zvláštního určení a 2,1 % lesů ochranných. V porovnání s daty z minulých let můžeme sledovat pokračovací trend přesunu malého množství lesů z hospodářské funkce do funkce ochranné (MZE, 2023). Slovenská republika je na tom za rok 2022 poněkud odlišně, a to s podílem 72,8 % lesů hospodářských, 9,8 % lesů zvláštního určení a 17,4 % lesů ochranných (MPRV SR, 2023).

Způsob správy hospodářských lesů:

Jak již bylo zmíněno výše, pro účel výzkumné části této diplomové práce budou hospodářské lesy probrány a rozčleněny hlouběji. Podle metody, jakou se v daném hospodářském lese hospodaří, jsou rozlišovány čtyři až pět hlavních typů hospodářských způsobů (dále jen HZ). Toto rozdělení je legislativně podpořeno vyhláškou MZE č. 83/1996 Sb. (*o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů*) a vypadá následovně:

- **Podrostní HZ** – Při tomto způsobu hospodaření se začíná probírkou, díky čemuž se les prosvětlí, dojde k jeho oživení, následnému zaklíčení a růstu mladých stromů v příznivých klimatických podmínkách. Při vzniku tzv. hluchých míst se provede

dosazení stromků. Tento způsob není v našich podmínkách příliš běžný, jelikož u něj při nedostatku přirozených predátorů hrozí zničení porostu lesní zvěří. Využitelné je však stavění oplocení. Jedná se o ekologicky nejideálnější způsob hospodaření. Využívá se clonná obnova, která probíhá pod ochranou mateřského, postupně těžženého porostu.

- **Násečný HZ** – Nový porost vzniká podél porostní stěny jak na holé ploše, tak pod ochranou těžženého porostu. Uplatňuje se okrajová obnova porostů, která probíhá na násecích různého tvaru, velikosti i umístění v porostu, buď na souvislé vytěžené ploše (jejíž šířka nesmí překročit průměrnou výšku těžženého porostu), nebo podél porostní stěny. Náseky mohou být holosečné a clonnosečné (VÚV, 2018). Mikroklimatické podmínky jsou příznivé.
- **Holosečný HZ** – Takzvaná „holoseč“. V obnovovaném porostu nebo jeho části se jednorázově vymýtí všechny stromy a obnova lesních porostů probíhá na souvislé vytěžené ploše, širší než průměrná výška těžženého porostu. Tento holosečný způsob obnovy není ovlivňován příznivým klimatem sousedního porostu, ale mění plochu v holinu závislou na klimatických podmínkách. Lesní zákon omezuje velikost holé seče do jednoho hektaru, přičemž šířka seče nesmí překročit dvojnásobek výšky těžženého porostu. Výjimka se může uplatnit na hospodářském souboru přirozených borových stanovišť, písčitých půdách a souboru přirozených lužních stanovišť, kde se velikost posunuje na hranici 2 ha holé seče (Lesní zákon, 1995).
- **Výběrný HZ** – Jedná se o nejstarší způsob hospodaření. Porost je věkově, výškově i tloušťkově pestrý a není v žádné jednotné vývojové fázi (Svoboda et al., 2015). Stromy se mohou těžit podle různých kritérií (nejstarší stromy, nemocní jedinci, určitá tloušťka, druh atd.), jejich těžbou se uvolňuje prostor pro nastupující generaci. Obnova porostu probíhá plynule a nepřetržitě pod ochranou porostu těžženého, přičemž není časově ani prostorově omezená. Rizikem je zaklínění těžženého stromu do stromu jiného, nevýhodou je větší technologická náročnost na těžbu.
- **Kombinovaný HZ** – Při obnově porostu se současně používají dvě až tři základní obnovní seče, které se prostorově a časově kombinují.

Způsob hospodaření v lesích zároveň souvisí s možnými druhy využití obnovy porostu, charakterizované způsobem vzniku porostu a modifikované formou a cílem hospodaření. Kromě již výše zmíněných druhů obnovy, využívajících se u určitých HZ, rozlišujeme také

dělení závislé na tvaru daného porostu – rozdělení na generativní, vegetativní nebo kombinovaný typ lesa (Sequens, 2007).

- **Vysoký (generativní)** – Takzvaný vysokokmenný semenný les, vzniklý ze semen nebo sazenic umělou výsadbou malých stromků či jejich přirozeným zmlazením a vysemeněním. Produkční doba se pohybuje v rozmezí 80-160 let (v závislosti na druhu hlavní dřeviny) a hodnota produkce je vysoká. V České i Slovenské republice tento hospodářský tvar převládá.
- **Nízký (vegetativní)** – Jinak řečeno pařezina či les výmladkový, vzniklý výlučně z vegetativní obnovy výmladky. Zmlazení probíhá vegetativní cestou z ponechaných pařezů, z kterých vyrazí nové pruty. Při této metodě je velký i rychlý přírůstek hmoty oproti jiným způsobům (5-40 let v závislosti na druhu dřeviny), ovšem hodnota a kvalita dřevní hmoty bývá často nižší. Nízký les může být jako HZ aplikován pouze na dřeviny se schopností vegetativní reprodukce (VÚV, 2018), což jsou v České a Slovenské republice téměř všechny listnaté dřeviny.
- **Střední (kombinovaný)** – Sdružený les, vzniklý jako kombinace výmladkové složky a jedinců semenného původu (tedy kombinace nízkého a vysokého lesa). Spodní vrstvu tvoří nízký les, horní tvoří více generativně vzniklých vrstev. Dříve rozšířený typ lesa, dnes už se vyskytuje spíše ojediněle.

3.1.4. Těžba dříví, druhy těžby a těžebně dopravní procesy

S lesním hospodařením i s úpravou lesů přímo souvisí těžba dříví, jeho následné soustředování a odvoz z lesa na místo určení. Pro tyto procesy existuje souhrnný název „těžebně dopravní procesy“, ale často je širokou veřejností používán pouze zobecňující výraz „lesní těžba dříví“. Oficiálně lze toto pojetí chápat jako získávání lesních dřevních (a částečně i nedřevních) produktů za účelem jejich následné spotřeby ve společnosti. Jedná se o hlavní nástroj, jakým lze při hospodářské úpravě lesů aktivně zasáhnout do vývoje a stavu lesních ekosystémů (Schneider et al., 2016).

Jak už bylo zmíněno výše, s těžbou dříví velmi úzce souvisí jeho následná doprava po lesních cestách. Jelikož je však téma lesních cest a celkového zpřístupňování lesa podstatné pro

pochopení této diplomové práce (jejího komplexního významu i obsahu výzkumné části), budou druhy lesních cest i jejich tvorba představena podrobněji v samostatné podkapitole (s následujícím číslem 3.1.5.). Aktuální podkapitola s číslem 3.1.4. bude zaměřena pouze na samotnou těžbu a na dopravní procesy s těžbou úzce související.

Těžba dříví je výraz označující kácení a opracování stromů v lese. Podle státního podniku LESY ČR (2023) a lesního zákona rozlišujeme následující druhy:

- **Těžba výchovná** – Těžba předmýtní, úmyslná a plánovaná. Dále se dělí na těžbu v porostech do 40 let věku a nad 40 let věku. U obou je cílem odstranění nemocných či málo perspektivních jedinců a podpoření stability, kvality a druhové pestrosti porostu. Jedná se o „výchovu“ lesních porostů (Holuša et al., 2012).
- **Těžba obnovní** – Mýtní úmyslná a plánovaná, určená k obnově porostů starších 80 let. Dělí se na těžbu soustředěnou (kde není přesáhnutá stanovená těžená rozloha stanovená zákonem a nový porost tak vzniká nejčastěji vedle obnovovaného porostu) a na těžbu podrostní a výběrnou (která je prováděna clonným a výběrným postupem, kde nový lesní porost vzniká pod ochranou mateřského porostu) (Sequens, 2007). Těžba obnovní je nástrojem obnovy lesních ekosystémů.
- **Nahodilá těžba** – Neplánovaná těžba, vzniká v důsledku působení škodlivých činitelů, nejčastěji z důvodu vývrátů od větru, sněhu či námrazy. Dále se jedná o těžbu stromů suchých a napadených hmyzími škůdci či houbovými chorobami, nebo těžba preventivní ze snahy o zachránění co největšího množství zbývajících dřevní hmoty před výše zmíněnými vlivy. Při nahodilém druhu těžby nejčastěji vznikají rozsáhlé holoseče a tzv. „kalamitní holiny“, jinak řečeno rozsáhlé plochy obnažené lesní půdy, ponechané bez jakéhokoliv krytu (viz obrázek č. 7) (Martíník, 2015). Pokud se jedná o nahodilou těžbu ve velkém měřítku, používá se název **těžba kalamitní**.
- **Mimořádná těžba** – Zde se jedná o realizaci těžebního procesu z důvodu rozhodnutí orgánů státní správy, například kvůli odlesnění části lesa z důvodu výstavby staveb či cest.

Jakýkoliv druh těžby musí být realizován v souladu s platnými legislativními předpisy a se strategií trvale udržitelného rozvoje hospodaření v lesích (LESY SR, 2023).



Obrázek č. 7: Kalamitní holina v Rajecké Lesné po plošné a nahodilé těžbě. Zdroj: Mgr. Jan Husák, 2022

Doprava vytěženého dříví:

S těžbou dříví jdou ruku v ruce dvě dopravní operace, které se podle Nerudy et al. (2013) dělí na soustředování dříví a na jeho následný odvoz. Za soustředování dříví se považuje jeho primární přesun z původních lesních porostů, odkud dřevo pochází a kde bylo vytěženo, až k nejbližším komunikacím. Podle využití techniky soustředování můžeme vyčlenit čtyři hlavní způsoby (Schneider et al., 2016):

- **Manuální** – Využití lidské síly pomocí nesení či vlečení dříví na velmi krátkou vzdálenost.
- **Gravitační** – Přibližování dříví za pomoci gravitace, často na místech, kde chybí hřebenové a etážové cesty (viz podkapitola 3.1.5.). Nyní už málo využívané.
- **Soustředování za pomoci zvířat** – Stahování dříví nejčastěji z těžko dostupných míst na krátké vzdálenosti, často v kombinaci se soustředováním mechanizovaným. V podmínkách České a Slovenské republiky se využívají především koně a volí.
- **Mechanizované** – Používají se drobné mechanizační prostředky, malotraktory a běžné traktory využívané v zemědělství. Dále speciální lesní traktory, vyvážecí traktory, lanová dopravní zařízení a ojediněle také vrtulníky.

Následný odvoz už je považován za dopravu sekundární. Při druhé dopravní operaci se dříví dopravuje z místa jeho uskladnění na lesních komunikacích až na konečné místo určení.

Nejčastěji se využívá běžných dopravních prostředků silničních a železničních komunikací či jejich kombinace (Bílek, 2013):

- **Silniční doprava dříví** – Využívají se nákladní automobily, odvozní soupravy s přívěsem, odvozní soupravy s návěsem a odvozní soupravy s polopřívěsem, všechny typy často vybaveny hydraulickou rukou či dalším doplněním. Pro dopravu lesní štěpky se využívají kontejnerové odvozní systémy.
- **Železniční doprava dříví** – Využívá se k přesunu na velké vzdálenosti (cca 60-100 km a více). Často bývá doplňována silniční dopravou z důvodu přiblížení dříví do nakládací stanice a jeho následného přesunutí ze stanice cílové.

3.1.5. Lesní cesty a zpřístupňování lesa

Chod dnešní společnosti stojí na fungující infrastruktuře, jejíž výkonnost je zásadní pro vývoj celého státu. Není tedy divu, že je zpřístupňování lesa důležitou součástí rozvoje a kvalitní lesnická infrastruktura přispívá k trvale udržitelnému obhospodařování lesů. Dostatečné zpřístupnění se pozitivně projevuje také ve snižování nákladů těžební činnosti a následné péče o lesní porosty (MPRV SR, 2023).

Způsob zpřístupnění, jeho rozmístění i kvalita je určována a ovlivňována hospodářským využitím a funkcí lesa, stejně jako dalšími faktory. Mezi ty se řadí například morfologie, stav terénu, jeho kvalita a poměry povrchové či podzemní vody. Nejsnadněji se zpřístupňují rovinnaté terény náhorních plošin či lužního lesa bez vodních toků. Nejobtížnější jsou ke zpřístupnění naopak terény členité, lesy ve vyšších nadmořských výškách a terény s velkou hustotou vodních toků či jiných překážek v trasách možných lesních cest (Neruda et al., 2006). Zmíněné nevhodné typy terénů zabraňují výstavbě lesních cest a znemožňují použití určitých způsobů těžby i samotného přibližování dřeva. Mezi faktory určující dostupnost lesa zahrnujeme i klimatické podmínky, které svými vlhkostními poměry přispívají k vodnímu režimu oblastí. Také samotný stav lesních porostů určuje aktuálnost a akutnost výstavby lesních cest. Mezi další faktory se řadí dopravní poměry či vývoj mechanizačních prostředků na dopravu dříví a na stavbu samotných lesních cest (CSVTS, 2020).

Vzhledem k aktuálnímu vývoji lesního hospodářství v České a Slovenské republice skrze klimatické změny (na které se zaměřuje podkapitola s číslem 3.3.) bude trendem v budoucnu zvyšování úrovně zpřístupnění ve všech součástech lesní dopravní sítě, a to především kvůli nastupující změně hospodaření a rozdílnému druhovému zastoupení dřevin. Tento závěr je odvozen z příkladu a zkušeností sousedních zemí Rakouska, Německa i Švýcarska, které jsou v nastupujícím trendu všemi směry o něco napřed, a zvyšování úrovně zpřístupnění již aktuálně zažívají (Zlatuška et. al., 2020).

Lesní dopravní a cestní síť:

Lesní dopravní síť (LDS) a lesní cestní síť (LCS) jsou termíny znázorňující souhrn lesních cest a zařízení všeho druhu, sloužícího k dopravnímu zpřístupnění lesů, včetně celého propojení se sítí veřejných pozemních komunikací. Svým způsobem se v nich odráží zvolený způsob obhospodařování lesa. Přesnou definici určuje vyhláška MZE č. 433/2001 Sb., *kteřou se stanoví technické požadavky pro stavby pro plnění funkce lesa, s normou ČSN 73 6108 lesní cestní síť* z roku 2016. Tato vyhláška udává, že se jedná o trasy sloužící k dopravě dříví, materiálů či jiných lesních produktů, včetně osob a strojů zapojených do hospodaření v lese či do provozování myslivosti. Jedná se také i o cesty sloužící k zajištění mimoprodukční funkce lesa a jeho celkové průchodnosti či průjezdnosti.

Mezi základní složky hodnotící kvalitu LDS i LCS jsou řazeny parametry zahrnující jejich délku, hustotu, rozestup cest, střední přibližovací vzdálenost, teoretickou přibližovací vzdálenost a procento či účinnost zpřístupnění lesa (CSVTS, 2020). Aktuální stav lesní dopravní a cestní sítě v ČR byl zkoumán Českým svazem vědeckotechnických společností z.s. v roce 2020. Mezi vybrané základní parametry k měření patřilo hodnocení skutečné délky a hustoty LCS. Pomocí monitoringu bylo zjištěno, že je celková délka LCS relativně srovnatelná se sítí veřejných komunikací, zatímco samotnou hustotu by bylo zapotřebí zvýšit. Tím by došlo k přiblížení se ke vzorové úrovni například Švýcarska (vzhledem k nastupujícímu trendu změny hospodaření, zmíněnému výše). Se zvýšením hustoty by se snížila teoretická přibližovací vzdálenost a průměrné náklady na přibližování dřeva by tak díky tomu poklesly (Zlatuška et. al., 2020).

Lesní dopravní síť se dle ČSN 73 6108 (UNMZ, 2016) rozděluje na:

- lesní cesty
- dopravní trasy pro produkční funkce lesa (lesní svážnice, technologické linky a lesní stezky)
- gravitační doprava dříví a jeho spouštění
- pozemní objekty vzdušné dopravy dříví (heliporty)
- lesní lanové systémy
- lesní železnice pro plnění funkcí lesa
- vodní doprava dříví (plavení kusového dříví a vory)

Lesní cesty a dopravní trasy pro produkční funkce lesa:

Lesní cesty jsou součástí lesní dopravní a cestní sítě. Definujeme je jako účelové pozemní komunikace, sloužící k odvozu a dopravě dříví, osob i materiálů, a jako komunikace umožňující bezpečný celoroční či sezónní průjezd speciálních vozidel, cyklistů i chodců. V závislosti na jejich dopravní důležitosti a účelu se lesní cesty rozčleňují na další dvě kategorie, které se rozlišují číslem a písmenným znakem L v závorce (UNMZ, 2016).

Jedná se o kategorie (CVTS, 2020):

- **Lesní cesty 1. třídy (s označením 1L)** – Jinak řečeno lesní odvozní cesty s nejvyšší kvalitou, umožňující celoroční provoz. Jsou obvykle jednopruhové, dobře prostorově uspořádané a technicky vybavené, a jsou opatřeny zpevněnou vozovkou i úplným odvodněním tělesa lesní cesty. Největší dovolený podélný sklon tohoto typu cesty je 10 %, maximálně 12 %.
- **Lesní cesty 2. třídy (s označením 2L)** – Jedná se o lesní odvozní cesty, umožňující pouze sezónní provoz či provoz v klimaticky výhodných obdobích s nižším úhrnem srážek či v obdobích zámrazu. Jsou také nejčastěji jednopruhové, podle podmínek nejčastěji zpevněné a opatřené odvodněním, a jejich největší dovolený podélný sklon je 12 % (často nepřesahuje 8 %).

Značení pomocí čísla a písmena L pokračuje dalšími kategoriemi, ovšem už se nejedná o lesní cesty, nýbrž o jiný prvek LDS, a to o dopravní trasy pro produkční funkce lesa. Tyto trasy se rozdělují podle jejich významu, účelu a konstrukce.

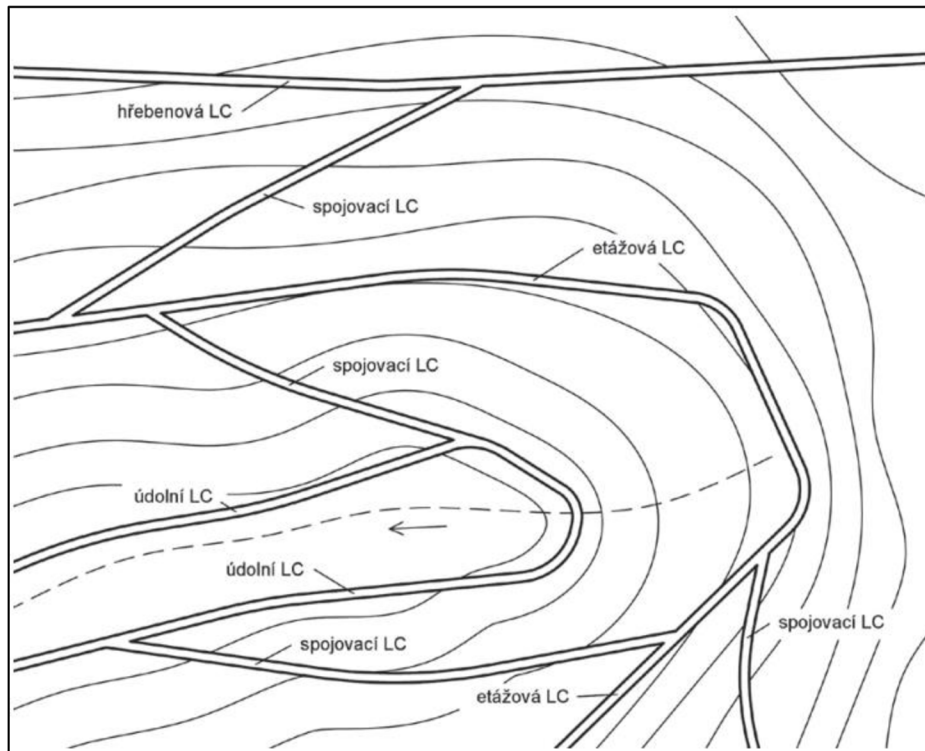
Jedná se o kategorie (Zlatuška et. al., 2020):

- **Lesní svážnice (s označením 3L)** – Jednopruhové přibližovací cesty produkční funkce lesa, které vytvářejí dopravní spojení uvnitř lesů, slouží pro soustředování dříví a zpravidla spojují technologické linky (4L) s hlavními lesními odvozními cestami (1L a 2L). Měly by být opatřeny základním podélným a příčným odvodněním, na jehož kvalitě závisí i největší dovolený podélný sklon. Ten nesmí překročit 10 %, v případě zpevnění 16 %.
- **Technologické linky (s označením 4L)** – Nezpevněné lesní cesty a přibližovací linky sloužící převážně k dočasnému shromažďování vytěženého dříví z lesů. Zpravidla spojují lesní porost s lesními svážnicemi (3L), lesními sklady či lesními skládkami. Jsou vedeny po spádnicí a jejich povrch se nezpevňuje, neupravuje ani neodvodňuje. Jejich maximální sklon je dán podle způsobu využívaného přibližovacího prostředku (traktor, vyvážecí technika či kůň).
- **Lesní stezky a pěšiny** – Jedná se o cesty a stezky určené pro pohyb lidí v lese. Jsou to drobné cesty vyhovující parametrům lesního provozu, měly by být zajištěny proti nepříznivým vlivům povrchové vody. Nejsou považovány za účelové komunikace.

Hranice maximálního sklonu je stanovena podle dostupnosti prostředků. Při sklonu do 8 % je možný pohyb všech prostředků všemi směry za všech podmínek, nad 9 % je možný pohyb kolové techniky pouze po spádnicí. Od sklonu 15 % lze vléci dříví pouze po svahu dolů a 25 % je hraniční použitelnost traktoru. Terény se sklonem 40 % a více jsou dostupné pouze pro lesní lanové systémy.

Skrze rozdílnou sklonitost terénu se současně využívají také pojmy vyjadřující polohu lesní cestní sítě v závislosti na jejím umístění ve svahu. Mezi tyto pojmy jsou řazeny například páteřní lesní cesty (LC), vedené středem lesního komplexu, a údolní LC, vedené dnem údolí či podél koryta řeky. Dále také etážové LC, vedoucí pouze po vrstevnici, a hřebenové LC, vedoucí po hřebenu či po horní hranici lesa. Propojení mezi cestami navzájem zajišťují spojovací LC, které jsou často budovány v maximálním sklonu kopce a jsou tak nejvíce ohroženy erozí půdy

(Neruda et. al., 2006). Na následujícím obrázku č. 8 jsou tyto lesní cesty přehledně vyobrazeny, včetně jejich propojení a možných kombinací.



Obrázek č. 8: Příklad druhů lesních cest v horském údolí. Zdroj: Ministerstvo Zemědělství, 2023

Pravidelná údržba a oprava povrchu lesních cest je klíčová pro zachování jejich funkčnosti a využitelnost. Do všeobecné údržby a rekonstrukce se řadí odvodňování lesních cest (podélné i příčné), nejčastěji za pomoci různých příkopů, rigol, propustků, svodnic a mostů. Využívání lesních cest pouze v určené době a s použitím techniky, na kterou jsou konstruovány, snižuje náročnost údržby a zároveň prodlužuje jejich životnost. Nevhodné využívání a tažení dříví po zpevněných i nezpevněných lesních cestách naopak životnost snižuje a nevratně poškozuje kryt lesní cesty (viz podkapitola 3.3.2) (Svoboda et al., 2015). Dopravní a těžební činnost může narušovat také samotné půdní poměry lokality, mezi které patří například zajišťování hydrologických procesů a fungování spleťtého systému živých organismů, rostlin i dřevin (Bílek, 2013).

Dle MPRV SR (2023) se optimální hustota lesních cest pohybuje od 20 do 25 m/ha, s ohledem na šetrné formy péče o lesní porosty, těžbu dřeva i efektivní ochranu lesa.

Díky přehledu Zelené zprávy za rok 2022 bylo naměřeno, že hustota hlavních typů lesních cest na Slovensku dosáhla 20,07 m/ha. Podle stejné zprávy na Slovensku přibylo za rok 2022 přibližně 63,3 km lesních cest 1. třídy (1L), dále 21,1 km lesních cest 2. třídy (2L) a 190,7 km lesních svážnic (3L). Celková délka lesních cest za rok 2022 se tedy pohybovala na 39 230 km, z toho bylo 6 670 km lesních cest 1L, 15 324 km lesních cest 2L a 17 235 km třídy 3L. Na základě prezentovaných dat lze určit, že největší množství starých i nově vzniklých lesních cest bylo v kategorii 3L. Povrch této kategorie lesních cest nemusí být legislativně zpevněn, ačkoliv jsou sjízdností uzpůsobeny pro všechny traktory, přibližovací prostředky a speciální stroje pro práce v lesích. Zpráva dále neobsahuje data o množství technologických linek 4L, kterých se zhutnění půdního povrchu a eroze týká nejčastěji (viz podkapitola 3.3.2.).

Pro Českou republiku nejsou data týkající se množství lesních cest 4L a 3L bohužel dostupná. Dle MZE (2023) za rok 2022 v ČR ubylo celkem 15 km cest kategorie 1L a 60 km kategorie 2L, přibylo ovšem množství evidovaných navrhovaných lesních cest. Tím se celková délka lesních cest dostala na 47 462 km, s kategorií 1L v délce 12 363 km a 26 090 km lesních cest kategorie 2L.

3.2. Srážko-odtokové poměry

V následující podkapitole s číslem 3.2. bude vysvětlen a postupně rozebrán komplexní pojem „srážko-odtokové poměry“. Bude představeno téma atmosférických srážek a srážkových poměrů. Následně bude zvlášť představeno téma odtoku a odtokových poměrů, a poté bude objasněn význam kombinace obou těchto vztahů. Část podkapitoly bude také zaměřena na to, jak tyto okolnosti souvisejí s tématem této diplomové práce, jak jej ovlivňují, a proč je na nich postaven datový výzkum práce.

3.2.1. Atmosférické srážky a srážkové poměry

Atmosférické srážky jsou částice vzniklé kondenzací vodní páry a dopadené na zemský povrch, nebo mohou být na zemském povrchu rovnou utvořené. Mohou se vyskytovat v kapalném, pevném i smíšeném skupenství, a dělí se podle několika různých faktorů. Mezi nejčastější řadíme rozdělení do kategorií určených způsobem vytváření srážek a místem jejich vzniku.

Jedná se o kategorie (Vysoudil, 2013):

- **Vertikální atmosférické srážky** – Zde se jedná o srážky vypadávající z různých typů oblaků v různých atmosférických výškách. Rozlišují se od sebe svým tvarem i skupenstvím. Jejich nejčastější podobou je déšť a sníh, ale mezi základní typy této kategorie řadíme také mrholení a mrznoucí mrholení, kroupy, sněhové krupky, sněhová zrna či sněhovou krupici, námrazové krupky, mrznoucí déšť, zmrzlý déšť a ledové jehličky.
- **Horizontální usazené srážky** – Horizontální srážky vznikají, pokud kondenzace vodních par proběhne přímo na zemském povrchu či na předmětech usazených na něm. To se stane, pokud se nasycená vrstva vzduchu přiléhající k zemskému povrchu ochladí až k teplotě rosného bodu (Trizna, 2004). Podle způsobu vzniku, výsledného tvaru i skupenství rozeznáváme různé podoby usazených srážek. Mezi ty se řadí rosa, zmrzlá rosa, jinovatka, námraza, ledovka, náledí a zmrázky, ovlhnutí a jíní (neboli šedý mráz).

Dalším způsobem, jakým lze atmosférické srážky charakterizovat, je rozdělení podle délky trvání, jejich celkové vydatnosti, možné intenzitě a celkového množství spadlého na zemský povrch. To se udává v milimetrech vodního sloupce, což představuje 1 litr srážkové vody na plochu velkou 1 m² (Ruda, 2014). Množství srážek dopadené na zemský povrch za delší až dlouhodobý časový interval se označuje jako srážkový úhrn či srážkový proces.

Srážkový úhrn daného území je ovlivňován mnoha rozlišnými faktory. Hlavní vliv na jeho množství má geografická poloha oblasti, především její zeměpisná šířka a nadmořská výška, dále členění georeliéfu, celkový teplotní průměr a samotný roční chod srážek dané oblasti. Roční chod srážek je regionálně výrazně proměnlivý a je založen na všeobecné cirkulaci atmosféry i na geografických poměrech území (Tarboton, 2003).

V našich vnitrozemských podmínkách mírného pásu jsou srážkové poměry velmi proměnlivé v čase i prostoru, a to především kvůli členitosti reliéfu a velkým rozdílům mezi nadmořskými výškami. Na celkovém srážkovém úhrnu se v České a Slovenské republice s více než 95 % podílejí vertikální atmosférické srážky, roční srážkové úhrny však výrazně kolísají dle dané lokality. Maximální chod srážek pro ČR i SR připadá na léto od května do srpna (s nejdeštivějším měsícem červenec), kdy nad pevninou převládá cyklonální činnost. Naopak minimální chod srážek pozorujeme v zimě (v měsíci únoru), ve které má většina vertikálních atmosférických srážek podobu sněhu (Vrtíšková, 2006). Ten má svůj důležitý odtokový a vsakovací význam především v podobě vody během doby tání.

3.2.2. Odtok a odtokové poměry

Odtok je hydrologický pojem značící nevsáknutou část srážky, případně vodu vyvěrající na povrch z podzemních pramenů, stékající gravitačním působením ve směru největšího sklonu reliéfu (UCAR, 2010). Samotný odtok vody se rozděluje na několik složek, jejichž součtem dostaneme celkový odtok vody z určitého území.

Mezi základní složky odtoku se řadí (Kříž, 1983):

- **Povrchový odtok** – Odtok, při kterém voda odtéká po zemském povrchu přímo do nejbližšího vodního toku. Tento odtok je okem výrazně viditelný a nastává, pokud

intenzita srážek přesáhne vsakovací kapacitu půdy. V takovém případě se ještě nevsáknutá vrstva vody začne hromadit, přičemž je svou vahou a gravitační silou stahována do níže položeného území reliéfu – do depresí, rýh a vyježděných kolejí. Tam se dále shromažďuje a soustřeďuje, a v případě svažitého terénu odtéká po svahu dále, dokud nenarazí na vodní tok (Kemel, 1996).

- **Podpovrchový (hypodermický) odtok** – Tento odtok probíhá těsně pod zemským povrchem v zóně aerace⁶. Vsakující se voda je gravitačně stahována do níže položeného území reliéfu, kde často vytéká a končí ve vodním toku dříve, než dosáhne k hladině podzemní vody (Vysoudil, 2013). Podpovrchový odtok je značný především v oblastech s mocnou a silnou vrstvou půdy, kde trvá déle, než se voda stihne úplně zasáknout do zóny saturace⁷.
- **Podzemní odtok** – Jedná se o odtok základní, při kterém voda prochází půdou a dostává se do saturační zóny podloží, kde se z ní stává součást podzemní vody.

Pojem přímý odtok se používá jako označení pro povrchový a podpovrchový odtok současně. Toto určení je využíváno z důvodu souhrnné funkce obou odtoků a nejasného rozlišení mezi jejich částmi v povodí.

Přímý odtok je ovlivňován mnoha vzájemně působícími a doplňujícími se faktory:

- **Pedologické, geologické, hydrogeologické a geomorfologické faktory** – Do těchto faktorů se řadí například samotná fyzikální vlastnost půdy i mateční horniny, převážně její stav, zhutnění, pórovitost a další vlastnosti. Dále celkový způsob využití půdy a míra nasycení celého povodí. Stejně tak odtokové poměry ovlivňuje typ půdního pokryvu, hustota kořenového systému a celková struktura krajiny (VÚV, 2016). Do té řadíme tvary georeliéfu, sklon jeho svahů a členitost terénu.
- **Klimatické podmínky** – Důležitým faktorem ovlivňujícím velikost, tvar a sílu odtoku vody jsou faktory klimatické, a to především samotné rozdíly v klimatických oblastech. Do této kategorie jsou řazeny teplotní i vlhkostní poměry vzduchu i půdy, směr a rychlost větru, výpar, intenzita slunečního záření, a především dešťové srážky

⁶ Aerační zóna je provzdušněná zóna půdy a půdní vláhy.

⁷ Saturační zóna je nasycená zóna půdy, označována též jako podzemní voda.

(Tarboton, 2003). U těch závisí především na jejich rozložení v čase, množství a intenzitě (viz podkapitola 3.2.3.).

Odtokové poměry charakterizují velikost tohoto přímého odtoku z daného konkrétního povodí. V našich podmínkách České a Slovenské republiky jsou odtokové poměry proměnlivé v čase i prostoru, stejně jako poměry srážkové, a to především kvůli členitosti reliéfu. Mezi měsíce s největším odtokem v roce řadíme pozdní zimní a jarní měsíce, nejčastěji únor a březen. Jedná se o takzvaný zimní odtok. Přes letní měsíce je odtok podstatně nižší a mezi nejsušší měsíce často spadá podzim, konkrétně měsíc listopad (Vrtíšková, 2006).

3.2.3. Srážko-odtokové a vsakovací poměry

Srážko-odtokový proces je v podstatě jakýkoliv proces, ve kterém jde o vztah mezi srážkami a odtokem. Často se posuzuje v rámci určitého území nebo celého povodí. Tento vztah ovšem není ani z daleka přímý a je ovlivňován mnoha činiteli.

Hlavním faktorem ovlivňujícím srážko-odtokový proces je jednoznačně jev, kdy při dopadu srážek na zemský povrch dochází ke vsaku převážné části srážkové vody do půdy (za běžných podmínek) (Kříž, 1983). Tomuto jevu se říká infiltrace a je to nejdůležitější způsob vzniku podzemní vody. Infiltrace úzce souvisí s intercepcí, což je jev zachycení srážek porostem. Taková voda je rostlinou vstřebána či následně vypařena a na zemský povrch často vůbec nedopadá (tomuto jevu se říká evaporace, v případě tuhých srážek sublimace). Zde však také záleží na druhu porostu, protože například jehličnaté lesy jsou schopny zadržet více srážkové vody než lesy listnaté (Ruda, 2014).

Dalším faktorem, ovlivňujícím vztah srážek a odtoku, je samotná podoba atmosférických srážek – především jejich intenzita, dobou trvání, skupenství a plošný rozsah. Při rychlých přivalových srážkách o velké intenzitě dojde k rychlému nasycení půdy, která je tak schopna pojmout méně vody než při srážkách slabších či rozložených do delšího časového horizontu (Kemel, 1996). Odtok je tak podstatně větší.

Mezi další prvky ovlivňující poměr vsáknuté a odtečené vody se řadí zdravotní stav a členitost terénu, jeho globální i lokální umístění, hustota vegetace a další faktory pedologické,

geologické, hydrologické, geomorfologické a klimatické (všechny více zmíněné v podkapitole 3.2.2.) (VÚV, 2016). Stejně tak jej mohou ovlivňovat antropogenní vlivy⁸, zasahující do odtoku přímo či nepřímo. Zpevněné plochy mají minimální infiltrační schopnost – může se jednat o stavby, zastavěné plochy a pozemkové úpravy. Závisí také na způsobu využití zemědělské a lesní půdy, zvoleném druhu hospodaření a využitého vegetačního krytu.

Tato diplomová práce má pojem „srážko-odtokový proces“ přímo ve svém názvu a během všech jejích částí se jej různými způsoby neustále dotýká. Právě antropogenní vlivy ovlivňující tento přirozený vztah jsou středem zájmu její praktické a částečně také teoretické části. Cílem autorky při vytváření tohoto díla bylo zjistit, jak do všeho zmíněného svým fungováním zasahuje člověk, ať už úmyslně či neúmyslně, a na kolik je možné tento vztah pozitivně i negativně ovlivnit. Vzhledem k měnící se budoucnosti bude totiž pravděpodobně nutné naučit se tomuto vztahu rozumět a umět jej ovlivňovat více, než jen jak to známe dnes. Téma budoucnosti, klimatických změn i spojení klimatických témat s lesní krajinou bude důkladněji rozebráno a představeno v následující podkapitole (s číslem 3.3.).

⁸ Slovo „antropogenní“ má svůj původ v latině a Slovník cizích slov (2022) jej definuje jako „vznikající činností člověka“. Lze jej přeložit také jako „způsobený či vytvořený člověkem“, a svůj význam má především ve spojitosti s klimatickými změnami.

3.3. Studovaná problematika v kontextu klimatických změn

Následující podkapitola s číslem 3.3. bude pojednávat o tématu klimatické změny. Toto obsáhlé téma bude v několika částech zjednodušeně představeno, vysvětleno a objasněno. Zároveň bude dáno do souvislostí v kontextu studované problematiky i již zmiňovaných předmětů zájmu. Mezi ty se řadí například vliv klimatických změn na lesní ekosystémy.

Další část podkapitoly bude zaměřena na vysvětlení, proč je důležité se těmito tématy zabývat. Představeno bude téma týkající se blízké i daleké budoucnosti nás i naší planety, a včetně vyčlenění těchto vyhlídek budou vyzdvížena opatření, která jsou v lesích zaváděna, aby následky změn klimatu co nejvíce minimalizovala.

3.3.1. Klimatická změna

Jednotlivých problémů se vyskytuje na planetě Zemi bezpočetné množství. Některé spolu dokonce vzájemně interagují a společně se podněcují, takže nabývají až globálních rozměrů. Problémy globální velikosti se stávají neřešitelnými na úrovni jednotlivců a vytvářejí řady dalších, regionálních problémů. Tím pravděpodobně největším, nejdiskutovanějším a nepochybně také i nejkontroverznějším problémem planetární velikosti v současné době, důležitým také skrze zaměření této diplomové práce, je problematika klimatických změn.

Problematika klimatických změn má už odjakživa své zastánce i odpůrce. Klima⁹ se historicky měnilo už v době nepřítomnosti člověka, určité kolísání a procházení různými cykly je tedy součástí fungujícího systému naší planety. Stupňující se rychlost změn, jejich vážnost i současnou aktuálnost postupně přicházejících změn již však není možno dále přehlížet.

Veřejně využívaný a pro množství lidí poněkud kontroverzní pojem „klimatické změny“ je spojením souhrnně označujícím veškerý jednostranný vývoj změn teplot a vzorců počasí,

⁹ Klima neboli podnebí je dlouhodobý charakteristický stav atmosféry dané oblasti. Počasí je naopak stav okamžitý a krátkodobý. Podnebí konkrétního území je přirozeně ovlivňováno cirkulací atmosféry, energetickou bilancí i stavem povrchu oblasti.

probíhající během dlouhodobého časového horizontu (od desetiletí, staletí a tisíciletí až po miliony let). Zahrnuje jak změny a kolísání přirozeně se na planetě vyskytující, tak také změny způsobené vlivem všedního fungování lidské společnosti. Momentálním trendem vývoje klimatu je posun na škále teplot směrem ke zvyšování průměrné globální teploty a následnému oteplování planety. Díky tomu se synonymem pro aktuálně probíhající klimatické změny stalo pojetí „globální oteplování“.

Oficiálním odborným útvarem, zabývajícím se otázkou klimatických změn a jejich komplexním vědeckým posouzením, je vědecký mezivládní orgán s názvem „Mezivládní panel pro změnu klimatu“, fungující od roku 1988 a sídlící ve Švýcarské Ženevě. V anglickém jazyce se jedná o „Intergovernmental Panel on Climate Change“ s mezinárodně využívanou zkratkou IPCC. Tento celosvětově uznávaný orgán byl založen Organizací spojených národů (zkráceně OSN) s cílem obsáhnout, posouzení a vyhodnocení veškeré dostupné relevantní literatury a odborně podložených dat z mnoha vědních odvětví, týkajících se problematiky klimatických změn. Na základě hodnocených dat je provedeno posouzení aktuální globální klimatické situace. Následně je vydán rozsáhlý systematický přehled, obsahující komplexní aktualizované informace týkající se změn klimatu, včetně pokusu o určení možného časového horizontu. Dále přehled obsahuje informace o možných účincích, potencionálních environmentálních, sociálních i ekonomických důsledcích a možných strategiích k přizpůsobení se či k pokusu o zmírnění negativního působení klimatických změn (Porter et al., 2014). Tento přehled je vydáván pravidelně ve zhruba šestiletých intervalech a je dostupný online pro veškerou společnost s přístupem k internetu.

První hodnotící zpráva byla publikována v roce 1990, zatímco v době utváření diplomové práce byla aktuálně vydána nejnovější Šestá hodnotící zpráva s přehledem na rok 2023, která byla několika zahraničními žurnály i politiky označena jako sdělení se zatím nejostřejším a nejzřetelnějším varováním za celou dobu.

Příčina změny klimatu:

Za příčiny teplotních změn naší planety může hned několik faktorů vnějšího i vnitřního působení, jako například pohyby Země po dráze kolem Slunce, samotná změna

slunečního záření a sluneční erupce, či výkyvy v magmatických procesech a vulkanická činnost. IPCC (2023) však v nejnovější syntéze jednoznačně označuje jako hlavního viníka za globální oteplování právě lidskou činnost, především prostřednictvím emisí skleníkových plynů.

Skleníkové plyny jsou stopové prvky přirozeně se vyskytující v atmosféře Země a přispívající svou přítomností ke skleníkovému efektu. Skleníkový efekt je schopnost atmosféry, která funguje na principu propouštění slunečního záření a následně částečného absorbování záření tepelného (Porter et al., 2014). Zabránění úniku tepla zpět do kosmického prostoru má za následek ohřívání planety a udržování její stabilní teploty. Díky existenci skleníkového efektu a skleníkových plynů tak máme na Zemi stabilní teplotu průměrně 15 °C. Bez jejich přítomnosti by teplota povrchu klesla k -18 °C, což by neumožňovalo existenci vyšších forem života tak jak jsou známy dnes (IPCC, 2023).

Mezi nejvýznamnější skleníkové plyny zařazujeme vodní páru (H₂O), oxid uhličitý (CO₂), metan (CH₄), oxid dusný (N₂O), hydrofluorované uhlovodíky (HFC neboli freony) a další plyny, a troposférický ozón (O₃). V současné době však díky lidské činnosti dochází ke zvyšování koncentrace prvků přispívajících ke skleníkovému efektu. Především CO₂, CH₄, N₂O a také všech fluorovaných plynů, což má za následek zvýšení schopnosti zadržování tepla a již zmíněné globální oteplování a změnu klimatu (Trnka et al., 2015).

Antropogenní emise skleníkových plynů mají svůj původ v mnoha různých odvětvích. Týkají se odvětví energetiky, průmyslu, lesnictví, zemědělství, dopravního sektoru, budov, odpadového hospodářství a dalších (MŽP, 2021). Hlavním přispěvatelem ke zvyšujícímu se CO₂ je spalování fosilních paliv a změna ve využívání krajiny. CH₄ je spojen se spalováním biomasy, chovem hospodářských zvířat, anaerobním¹⁰ rozkladem bioodpadu z rýžových polí a skládek, dále s těžbou a se zpracováním ropy, uhlí a zemního plynu (Rigby et al., 2008). K uvolňování největšího množství emisí N₂O dochází ze zemědělských aktivit, především přímo z obdělávaných půd, dále ze spaloven biomasy či z průmyslových zdrojů. Freony a další plyny jsou syntetické látky čistě antropogenního původu, které jsou uvolňovány především z průmyslového odvětví, kde jsou tyto plyny používány (ČHMÚ, 2021).

¹⁰ Anaerobní rozklad je proces, kdy rozklad látek probíhá bez přítomnosti vzdušného kyslíku.

Důsledky změn klimatu a jejich další odhadovaný vývoj:

Podle Šesté hodnotící zprávy publikované IPCC (2023) již nyní klimatická změna ovlivňuje výskyt extrémního počasí po celém světě. Mezi pozorované extrémy patří větší výskyt vln veder a sucha, vydatných a nárazových srážek, bouří, tornád a tropických cyklón, zatímco chladné extrémy včetně chladných vln jsou čím dál méně časté i méně závažné. Tyto změny ovlivňují dosud zažité a fungující klimatické vzorce, a způsobují rozšiřování pouští, zvyšování hladiny oceánů i nepravidelný nástup ročních období. Mají tak negativní dopad na dostupnost pitné vody, chod zemědělství a zásobování potravinami, což má nepříznivý vliv na zabezpečení společnosti, lidské zdraví a odolnost vůči nemocem.

Negativní dopad mají klimatické změny také na fungování některých suchozemských, sladkovodních, pobřežních, oceánských, a především kryosférických ekosystémů. Způsobují posuny a dřívější nástupy fenologických fází například u hnízdících ptáků a hibernujících zvířat, a způsobují dřívější nástup rašení pupenů a kvetení u rostlin (Alcamo et al., 2006). Pozorované změny v biosféře způsobují postupný úbytek a vymírání některých druhů rostlin i živočichů či podněcují jejich migraci směrem k pólům a do vyšších nadmořských výšek (Trnka et al., 2015). Migrace se týká současně i části lidské populace převážně z rozvojových zemí, nejzranitelnějších k přírodním rizikům a hazardům, způsobeným klimatickými změnami.

Podle všech výzkumných variant pravděpodobných budoucích scénářů vytvořených IPCC (2023) se bude průměrná teplota země stále zvyšovat, a globální oteplování, včetně jeho již zmíněných dopadů, tak bude i nadále pokračovat.

Předpokládá se, že postupování globálního oteplování zesílí globální vodní cyklus a zapříčiní jeho větší proměnlivost, což způsobí častější výskyt extrémních klimatických a meteorologických jevů. Tímto vlivem tak může dojít ke změně směru mořských proudů či k jejich úplnému zastavení. V návaznosti na zesílený a proměnlivý vodní cyklus dojde k zesílení globálních monzunových srážek, až dojde k rozhození intenzity i časnosti velmi vlhkého a velmi suchého počasí. Reálnou hrozbou jsou tak zásahy do fungování ekosystémů i celé společnosti ve většině regionů na světě (IPCC, 2023).

3.3.2. Vliv klimatických změn na lesní ekosystémy

Klimatická změna se dotýká (či se v blízké budoucnosti pravděpodobně dotkne) téměř všech sektorů lidské společnosti. K pochopení důležitosti zaobírání se problematikou odtoku vody po přibližovacích linkách na kalamitních hodinách (tématem této diplomové práce) bude nyní podrobněji představeno, jak se změna klimatu dotkne sektoru lesnictví. Následující podkapitola 3.3.2. tak bude zaměřena na vysvětlení, jak změna klimatu ovlivní fungování lesních ekosystémů, a jaký vliv bude mít na hospodaření v lesích České a Slovenské republiky.

Přestože se jako synonymum ke klimatickým změnám často používá označení globální oteplování, ne všechny části planety se budou oteplovat stejnoměrně. V některých regionech může dokonce docházet k výraznému ochlazení. Ve středních zeměpisných šířkách severní polokoule, a především v našich středozemských kontinentálních podmínkách mírného podnebného pásu se však klimatická změna ukáže právě zvyšováním průměrné teploty. To se projeví pravděpodobně nejvíce v podobě větších výkyvů počasí a častějšího výskytu extrémních meteorologických jevů, což s sebou ponese riziko častějších bouří a extrémního větru. Oteplování kontinentu a přibývání teplotního maxima může znamenat hrozbu z hlediska dlouhodobého sucha a možných požárů vegetace (Smith et al., 2014). Ačkoliv podle IPCC (2023) nedojde k významnější změně v celkovém úhrnu srážek, klimatické změny s sebou ponosou přerozdělení jejich intenzity. Namísto mírného a rozloženého deště do delších časových period dojde k nárůstu množství dešťů přívalových¹¹, vydatných srážek a povodní, a celkové množství vlhkých a deštivých dní se tak sníží na úkor dní teplých až tropických.

Pro lesní ekosystémy našeho území představuje klimatická změna především další stresor, který se může projevit v podobě snížení odolnosti i kvality lesních porostů (LESY ČR, 2023). Výše zmíněné přerozdělení srážek bude mít na lesní ekosystémy dopad z hlediska zkrácení času pro možnou a postupnou infiltraci (vsakování) vody do půdy. Ve spojení se zvyšováním počtu teplých dní, s rostoucí teplotou vzduchu (především v jarním a letním období) a se zvýšenou evapotranspirací (celkovým výparem vody ze zemského povrchu do atmosféry) tak může docházet k postupnému vysychání některých porostů (MŽP, 2021).

¹¹ Přívalový déšť je druh srážek, při kterém jich velké množství dopadne na povrch za krátkou až velmi krátkou dobu. Lidově se jim říká „lijáky“.

Extrémní vítr představuje hrozbu z hlediska většího rizika vývrátů a polomů¹² porostů, především u porostů nepůvodních a u hospodářských monokultur. V kombinaci s dlouhodobým suchem podporuje šíření požárů vegetace. Oslabené či poškozené stromy mají sníženou schopnost regenerace i obranyschopnosti a jsou náchylnější k napadení škůdci, jejichž vývoj se při dlouhotrvajících extrémních teplotách urychluje. Vlhké a teplé zimy jsou ideální pro vznik a napadení porostu množstvím houbových chorob, kořenových hnilob a plísní (Cudlín et al., 2004).

Klimatická změna a hospodaření v lesích:

Díky klimatické změně se předpokládá pokračování v trendu snižování zastoupení jehličnatých druhů dřevin a postupným navyšování množství druhů listnatých, jak cestou přirozené obnovy, tak také cílenou výsadbou (MZE, 2023). Předpokládá se nárůst druhů, kterým sušší podnebí svědčí, a druhů podporujících smíšenou dřevinnou skladbu.

Jak už bylo nastíněno výše v podkapitole 3.1.2., některé druhy dřevin byly díky své vysoké dřevo-produkční funkci uměle rozšířeny do různých výškových poloh, mimo rozsah svého růstového optima. V našich podmínkách, především v České republice, bylo navýšeno množství výsadby zejména druhu smrk ztepilý (*Picea abies*) a jeho monokultury se objevily i v lokalitách, kde by se tento druh přirozeně nevyskytoval. Stejný osud postihl také další druhy dřevin, například některé druhy borovice (*Pinus*). Není tedy divu, že se následky klimatických změn projeví nejvíce právě v těchto uměle ovlivněných lesních ekosystémech.

Jelikož má smrk poměrně mělký kořenový systém, není si při dlouhodobém suchu schopen z půdy obstarat dostatek vláhy a při zvyšování počtu teplých dní tak může trpět stresem (Kellomaki et al., 2000). Podle MŽP (2021) už se tak děje při krizovém množství 600 mm ročního úhrnu srážek a méně. V kombinaci s časovým přerozdělením těchto srážek, nepůvodním rozšířením a se stresem oslabenou schopností regenerace jsou smrkové porosty náchylnější k napadení škůdci a hnilobami (jak již bylo zmíněno výše). Může tak docházet k úhynu stromů a postupnému napadení celého porostu, čímž dojde k jeho otevření větru a zvýší

¹² Jako „polom“ je označováno místo, kde nepříznivé počasí porazilo stromy a vytvořilo tak kalamitní holinu.

se náchylnost na polomy, vývraty a kmenové zlomy. To může vést k potřebě nahodilé těžby, ať už z důvodu zničení porostu, nebo ze snahy o záchranu zbylého dřeva (LESY SR, 2023). Při těchto stavech nejčastěji dochází k takzvaným kalamitním holinám a k plochám obnažené lesní půdy, ponechané bez jakéhokoliv krytu.

Podle MZE (2023) se v České republice plocha holin stabilně držela na průměrné rozloze 23 000 ha po mnoho let, a to až do roku 2017, kdy začal díky takzvané „kúrovcové kalamitě“¹³ převažovat přírůstek holin nad jejich úbytkem. Největší plocha holých lesních ploch dosáhla svého vrcholu v roce 2021 s celkovým podílem 76 592 ha. V roce 2022 už se začal podíl nových holin pomalu snižovat (s podílem 67 720 ha) a tento trend pokračuje do dnes. Podobně je tomu také na sousedním Slovensku, ačkoliv zde bohužel nejsou dostupné údaje o přesném množství hektarů. Podle MPRV SR (2023) začal počet holin společně se ztrátou dřeva přibývat už od roku 2005 díky působení abiotických činitelů (převážně větru). Vrchol nastal v roce 2015, kdy se přidalo množství poškození biotickými činiteli, a to především podkorním a dřevokazným hmyzem, působícím mezi roky 2015 a 2020.

Holé půdy jsou ke klimatickým změnám náchylnější ještě o něco více než stabilní lesní ekosystémy. Lesní porosty mají v krajině nezastupitelnou úlohu v zadržování významného množství veškerých atmosférických srážek vegetací a v následném zpomalování jejich odtoku dále do vodních toků. Dle Rudy (2014) mohou lesní porosty kromě zvyšování intercepce a retardační schopnosti krajiny také „*zvyšovat akumulaci vody v povodí a zvětšovat retenční schopnost povrchu pomocí přítomnosti kořenů, lesní hrabanky, větví a spodní vegetace*“. Zdravý a druhově pestrý lesní ekosystém tak působí jako rezervoár vody, především na oglejených, podmáčených a rašelinných stanovištích. Obnažená lesní půda, zbavená veškerého svého stromového pokryvu, většinu těchto schopností ztrácí.

Na obrázku číslo 6 lze dobře vidět plochu kalamitní holiny v porovnání se sousedním lesním porostem. Fotografie byla pořízena při průzkumu krajiny poblíž obce Rajecká Lesná na Slovensku. Tato půda kalamitní holiny je odhalena přímému působení meteorologických jevů a extrémním výkyvům teplot. Jedná se o velké plochy bez stínu, což v případě přímého vlivu slunce a větru způsobuje rychlejší vysychání půdy, a za předpokladu deště naopak zase vodou

¹³ Kúrovcová kalamita je označení pro období vysokého počtu napadení oslabených smrkových porostů škůdcem druhu lýkožrout smrkový (*Ips typographus*), lidově „kúrovec“. Nejaktivnější období kúrovcové kalamity včetně jeho následků probíhalo cca v letech 2016 až 2020, což jsou zároveň roky největšího nárůstu kalamitních holin.

rychle nasycenou půdu. Přívalová voda nemá díky absenci krytu možnost k dalšímu vsakování do hlubších půdních vrstev a spodních vod, a tak povrchovým odtokem odtéká jinam, často společně se svrchní úrodnou vrstvou půdy. Tím dochází k půdnímu ochuzování a postupné degradaci lokality. Extrémní podmínky kalamitních holin následně mohou představovat problém či komplikaci pro pozdější snahu o obnovu lesa.



Obrázek č. 9: Kalamitní holina v Rajecké Lesné po plošné a nahodilé těžbě, Slovensko. Zdroj: Mgr. Jan Husák; 2022

Dalším erozi způsobujícím problémem, souvisejícím jak s obnaženými plochami kalamitních holin, tak také s běžně obhospodařovanými lesy, je zhutnění půdního povrchu. K tomu dochází především těžební úpravou a stavbou i následným využíváním lesních cest.

Zhutnění půdního povrchu:

Zdravý lesní porost plní úlohu jako rezervoár vody, má schopnost akumulovat vodu v povodí a zpomalovat její odtok do dalších vodních toků. Dokáže regulovat stav vody v řece a nepřímo tak ovlivnit intenzitu a rychlost nárůstu povodní i stavu sucha (Smith et al., 2014).

Progresivní zhutňování půdy je součástí přírodního a neodvratného procesu, ať už na lesních, zemědělských či ostatních půdách. V současné době však do tohoto přírodního procesu zasahuje čím dál více také člověk, a to především díky své činnosti za využití dopravních a mechanizačních prostředků, jejichž hmotnost se skrze neustálý vývoj ustavičně zvětšuje a působí tak na půdu čím dál větším tlakem.

Podle Zlatušky (2020) můžeme změnu půdní struktury, která při projíždění těžké techniky vzniká, vyčlenit do tří základních kategorií:

- **Elastická deformace** – Nedochozí k žádným změnám, půdní struktura zůstává v původním stavu.
- **Plastická deformace** – Dochází k trvalé deformaci půdního povrchu. Vzduchové póry jsou stlačeny a dochází ke zhutňování.
- **Plastická deformace s vytlačováním půdy** – Dochází k narušení, změně struktury půdy a utužení půdního povrchu natolik, že nedochází k žádné výměně vzduchu a vody.

Při trvalých plastických deformacích dochází ke stlačení a zvýšení objemové hmotnosti půdy, což má za následek uzavření větších nekapilárních pórů a vzduchových kanálků, kterými se voda dostává hlouběji do země. Jejich nahrazení póry kapilárními podporuje výpar jakékoliv vody z půdy a způsobuje zhoršení propustnosti nových srážek, které po dopadu na takto utuženou plochu okamžitě povrchově odtékají do nižších poloh. Podpovrchový odtok je narušen a nedochází tak k odtoku podzemnímu, pomocí kterého by docházelo k doplňování spodních vod. Odvodněná půda rychleji vysychá a zahřívá se, čímž se dále snižuje její propustnost (Vařo, 2018).

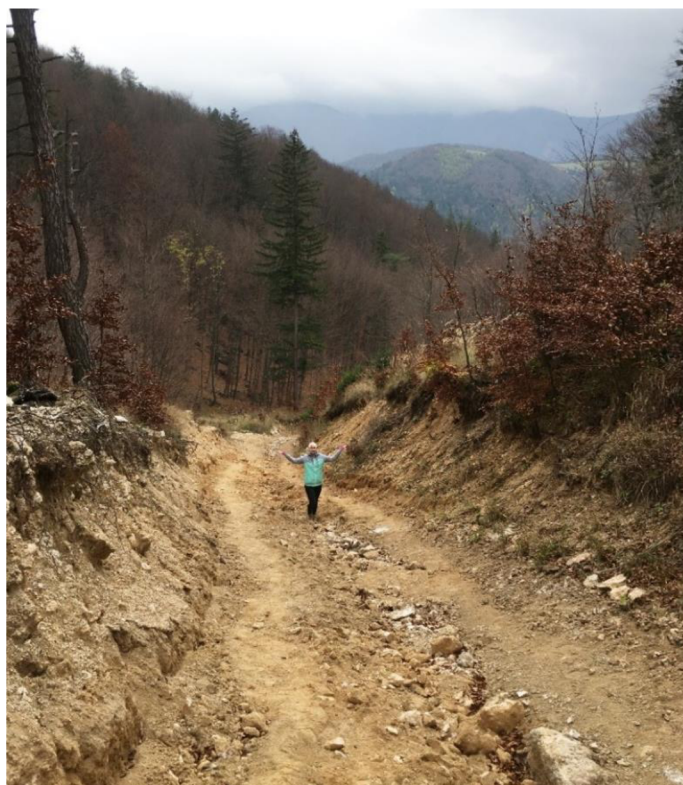
Obrázek číslo 7 ukazuje dva příklady různě stlačené půdy. Vlevo se nachází půda načechraná, nezhutněná a snadno propustná vodou, zatímco na obrázku vpravo můžeme vidět půdu stlačenou a zhutněnou. Takovouto půdou voda spíše neprojde, a naopak se urychluje její výpar.



Obrázek č. 10: Načechraná půda (vlevo) versus stlačená půda (vpravo). Zdroj: Štefan Vaľo, 2018

V případě rychlých, prudkých a vydatných srážek na zhutněných lesních cestách dochází k erozi, kdy s sebou povrchově tekoucí voda bere také svrchní vrstvu půdy, lesní hrabanku a často také větve i celé kmeny. Z lesních cest je tato směs unášena po svahu dále, dokud není svedena do potoků a řek. Nejznatelnější je tento fenomén ve svazích kopců a hor. Takto erozně aktivní, degradované a nezpevněné cesty se postupně zařezávají hlouběji do svahu, čímž přerušují a otevírají fungující podpovrchové vodní kanálky (vzniklé odtokem vody aerační zóny) z okolního lesa. V této chvíli začíná daná lesní cesta fungovat jako kvalitní odvodňovací koryto – jelikož se jedná o nově vzniklý nejnižší bod přilehlého území, voda z okolního lesa se do něj začne gravitačně stahovat a odvodňovat tak určitou část porostu (Vaľo, 2015).

Obrázek číslo 8 ukazuje silně degradovanou a erozně aktivní lesní cestu, nacházející se v lesním svahu poblíž obce Fačkov na Slovensku. Díky porovnání s dospělou osobou lze přehledně vidět skutečnou míru zahloubení cesty do okolní krajiny. Následující obrázek číslo 9 znázorňuje skutečné velikosti dvou setkávajících se degradovaných přibližovacích linek, nacházejících se poblíž obce Rajecká Lesná na Slovensku. V obou linkách se nachází zbytky svrchní vrstvy půdy, lesní hrabanku a větve stromů, vyplavené tekoucí vodou po lince z horní části lesního svahu.



Obrázek č. 11: Zahloubená lesní cesta do svahu lesa v okolí obce Fačkov, Slovensko. Zdroj: Archiv autora, 2022



Obrázek č. 12: Dvě setkávající se degradované přibližovací linky v okolí obce Rajecká Lesná, Slovensko. Zdroj: Jan Husák, 2022

Problém zhutňování půdního povrchu se týká také jednotlivých kořenů i celých kořenových systémů, u kterých může dojít k mechanickému narušení, poškození a následnému horšímu zásobování vodou a kyslíkem, což může vést ke snižování přírůstku či dokonce k úhynu daného stromu (Cudlín et al., 2004).

Celoroční plánování těžební činnosti a plynulé nasazování těžké techniky do lesního prostředí v každém druhu počasí zvýšilo rozsah negativních důsledků hospodářské činnosti v lesích (Bílek, 2013). V kombinaci s klimatickými změnami a jejich důsledky v podobě kalamitních holin, přívalových dešťů a zvýšeného počtu teplých dní vzniká závažný problém, na jehož konci stojí riziko odvodnění větší části našich lesních porostů.

3.3.3. Adaptační opatření na lesních cestách

Během předešlých kapitol diplomové práce byla postupně představena problematika plošné těžby dřeva v lesích a bylo vyznačeno, jaký mají následně kalamitní holiny podíl na suchu a povodních v blízkosti dané lokality. Následně byla tato témata spojena s tématem klimatické změny. V následující podkapitole bude představeno možné řešení vzniklé situace, které lze v postižených lokalitách s již vzniklým problémem uplatnit a aplikovat, a zmírnit tak samotné překážky i dopady, který mohou nově vznikající utužené lesní cesty na srážko-odtokové poměry dané oblasti mít.

Slovník cizích slov (2022) definuje slovo adaptace jednoduše jako „*přizpůsobení se a přetvoření*“, případně také jako „*změna chování osoby či skupiny lidí v důsledku změny okolního prostředí*“. IPCC z roku 2014 definuje tento pojem o něco více specificky. Adaptace je v lidských systémech brána jako „*proces přizpůsobení se dané situaci, snaha o zmírnění škody, případně snaha o její samotné vyhnutí či využití možné příležitosti*“. V přírodních systémech takto může lidský zásah usnadnit přizpůsobení se očekávanému klimatu a jeho dopadům (Smith et al., 2014).

V rámci snahy o narušení nechtěného odtoku vody nejen po lesních cestách a přibližovacích linkách, ale také z celé krajiny v různých odvětvích, je využíváno několika možných opatření či úprav. Mezi ty patří například oživení vegetace rostoucí na mezích a remízcích pro zadržení vláh, orba po vrstevnici v obhospodařované krajině, zakládání mokřadů či jejich obnova,

revitalizace částí vodních toků, a umožňování vylití řek do přirozeně záplavového území a údolní nivy (VÚV, 2018). Součástí je také budování modrozelené infrastruktury ve městech. V lesní krajině se jedná o příklad budování svodnic, přesměrovávajících tekoucí vodu z cest do zasakovacích tůní a průlehů, nebo zanechávání mrtvého dřeva v lesích.

Hlavním adaptačním opatřením, na které se diplomová práce krátce zaměřuje, je nová a inovativní metoda, na našem území oficiálně fungující až od roku 2020. Tato metoda spočívá na principu zadržování dopadené dešťové vody v lesní krajině právě pomocí narušení nevyužívaných a dočasně nepotřebných přibližovacích linek i dalších typů lesních cest (viz podkapitola 3.1.5.).



Obrázek č. 13: Metoda rozrušování utužených nepoužívaných přibližovacích linek a vytváření vhodného prostředí pro zasakování dopadené dešťové vody. Zdroj: Kvapka Rajeckej doliny n.o, 2023

Charakteristika metody zemních prací:

Zmiňovaná metoda zadržování vody v lesní krajině je vykonávána pomocí inovativního postupu prokypření půdy. Mířeným a kontrolovaným narušením linek pomocí těžkého stroje se

do velké hloubky naruší a uvolní zhutněná půda (utlačená dříve proběhlou těžbou), díky čemuž se přeruší povrchový odtok a vytvoří se ideální prostředí pro zasáknutí aktuálně dopadené dešťové vody. Dešťová voda poté zůstává na místě svého dopadu a díky vytvořeným štěrbinám v nakypřené horní vrstvě půdy se postupně zasakuje do podloží a hlubších půdních horizontů. Správně provedené opatření narušuje zhutněnou půdu a přerušuje povrchový odtok, aniž by vytvořilo zhutněnou půdu ve větší hloubce a tím problém pouze přesunulo níže do spodnějších vrstev země (Valo, 2018). V případech dlouhotrvajícího a prudšího deště se ve vytvořených jámách voda může díky pomalejšímu zasakování zdržet déle a dočasně vytvořit malé tůně, které mohou podpořit okolní biodiverzitu.

Existuje více možností, jakými lze vybranou lokalitu ošetřit. Tyto možnosti se určují předem v závislosti na specifických vlastnostech dané oblasti. Všechny aplikovatelné varianty však mají společný účel, a tím je zdržet dešťovou vodu v půdě. Před samotným zásahem je potřeba pečlivě prozkoumat plochu určenou k rekultivaci a vybrat z ní ty nejvhodnější cesty a již nevyužívané přibližovací linky, na kterých bude možné opatření zrealizovat. Následně se podle okolního terénu, druhu půdy, geologického podloží, sklonu cesty a velikosti samotného erozního zahloubení vybere způsob aplikace a druh opatření, který bude pro danou lokalitu nejvíce vhodný.

V těch nejvíce zahloubených lesních cestách, nacházejících se nejčastěji ve strmých hornatých svazích, kde díky erozi společně s vodou uniká z lesa také cenná půda, se provádí nejčastěji varianta pracovně zvaná jako jáma-hráz-jáma (J-H-J). V těchto oblastech hrozí největší riziko sesunu půdy a méně výrazné opatření by zde nemuselo být dostačující (Aquainova, 2020). Při variantě J-H-J se střídá vyhloubení jámy s vytvořením hráze, utvořené z neporušené lesní cesty a přihrnuté hlíny z jámy. Tyto hráze udržují zeminu na místě a zabraňují tak jejímu následnému skluzu i půdní erozi. Po hrázi následuje opět zase jáma s následnou hrází, a tak to pokračuje dále.

V mírnější svazích a na místech kde není erozní zahloubení lesní cesty tak patrné není nutné narušovat linku až v takové míře. Do těchto lokalit je často vhodné aplikovat například variantu kypření, která spočívá v pouhém nabrání utužené půdy radlicí stroje, v jejím lehkém nadzvednutí a následném vrácení zpět na místo. Takový proces půdu pouze prokypří a naruší její utužení, čímž vytvoří nové kanálky pro následné vsakování vody bez nutnosti většího zásahu. Do dalších využívaných variant se řadí realizace pomocí pojmů jako vpichy, šachovnice, mokřady, vsakovací průlehy se vsakovacími jámami, nebo také průlehy směřující

vodu do nově vytvořených tůní. Často dochází ke kombinování a spojení více variant dohromady tak, jak to nejlépe vyhovuje originálním podmínkám dané lokality (Vařo, 2015).

Na následujících přiložených fotografiích (obrázek č. 14) je zachycena varianta kypření (vlevo), provedená na Bruntálsku v Krnově, vedle pilotní realizace varianty J-H-J (vpravo), provedené na Velkém Javorníku v CHKO Beskydy. Jedná se o dvě velmi odlišné lokality s rozdílnými přírodními podmínkami, proto byly odlišné i provedené varianty metody.



Obrázek č. 14: Varianta kypření (vlevo) versus varianta jáma-hráz-jáma (vpravo) s realizací na dvou různých místech ve dvou odlišných podmínkách. Zdroj: Archiv autora, 2022 (vlevo); Voda pro les, voda pro lidi, 2020 (vpravo)

Po dokončení zásahu a od odjezdu bagru už je opatření naprosto bezúdržbové. Načechraná a provzdušněná půda si svou vlastní vahou postupně usedá zpět a zarovná se, ale schopnost zadržetí a vsakování dešťové vody zůstává i nadále (Kvapka Rajeckej doliny, 2022). Existující síť lesních cest zůstává neporušena. U nejvíce zásahové varianty jáma-hráz-jáma dochází k téměř kompletnímu zarovnání terénu v řádu zhruba deseti let s pouze lehce viditelnými terénními nerovnostmi, při variantě kypření je linka terénními a pracovními stroji znovu průjezdná téměř okamžitě po zákroku.

Specifika tohoto typu zemních prací:

Jak zmiňuje zakladatelský tým projektu zadržování vody v krajině, „*co bylo s těžkou technikou zničeno, lze zase jen s těžkou technikou napravit*“. Jedná se o odborná specifika nutná ke správnému uskutečnění této metody. K realizaci se využívá pouze 25 tun těžký bagr se speciálně vyškoleným bagristou. Obojí je nutností pro splnění stanovených podmínek a plné využití efektivity tohoto opatření. Opatření je možné provádět v různě strmých svazích, kde je důležité, aby se bagr na těžko přístupná místa dostal a dokázal se ve svahu bezpečně udržet. Je také třeba, aby bagr radlici dokázal svou silou zabořit do dlouhodobě utužené a ztvrdlé půdy, a dokázal všechnu tuto nabranou zeminu nadzvednout a načechrat, aniž by radlicí při nabírání půdy utlačil zeminu ve větší hloubce. Z tohoto důvodu je nutností celou proceduru provést na jeden první pokus, což dokáže pouze bagr se zmiňovanou nosností 25 tun. Pokud by se využil k realizaci menší bagr s nižší vahou, při nabrání většího množství zeminy či pokusu o nadzvednutí pařezu by také mohlo při záběru docházet k naklonění bagru (přitažení bagru k radlici a nikoli naopak) a k případnému ohrožení bagristy (Aquainova, 2020).

Se samotnou realizací se začíná vždy bagrováním v nejvyšším bodě samotné linky, nejčastěji až úplně na samotném hřebenu kopce, a postupuje se po lince směrem dolů. Bagr během celé práce „couvá“. Kdyby se s prací začalo o něco níže než daná linka začíná, hrozilo by, že by při dešti vzniklá voda (tekoucí po spádnicí z nejvyšší části linky) nabrala sílu a rychlost, a nově vytvořené jámy i hráze prorazila. Tato voda by s sebou spolu s erozí vzala také nově načechranou a k sesunu náchylnou lesní půdu, což by provedenou práci zlikvidovalo. Lesní linka by se vrátila do stejného či horšího stavu, než v jakém byla před začátkem realizace (Kvapka Rajeckej doliny, 2022).

Kromě správně zvoleného postupu a pečlivém provedení všech částí práce (od samotného předběžného prozkoumání terénu a určení typu nejvhodnější varianty až po samotnou realizaci opatření) je důležité, aby byl řidič bagru odborně proškolený a zkušený. Práce vždy probíhají v různém přírodním terénu s odlišnými podmínkami, zvolený přístup je třeba utvořit a citlivě přizpůsobit dané lokalitě na míru. Několikrát dochází ke změnám často až „za pochodu“ po nečekaně projevených reakcích samotné přírody.

4. VÝSLEDKOVÁ ČÁST

Následující kapitola bude zaměřena na výzkumnou (podkapitola 4.1.) a edukační činnost (podkapitola 4.2.). Bude prezentován samotný výzkum a získaná data, díky čemuž bude znázorněno, jaký vliv mohou nově vzniklé lesní cesty a přibližovací linky na kalamitních holinách skutečně mít na srážko-odtokové poměry vybraného území. V kapitole edukační činnosti bude představena osvětová činnost, se zaměřením na možnosti a druhy edukace, které byly v oblasti Rájecká Lesná na Slovensku v rámci výzkumné činnosti poskytnuty.

4.1. Výsledky měření Parshallovým žlabem

V podkapitole s číslem 4.1. budou představena jednotlivě získaná data, zaznamenaná v rámci měření v blízkosti obce Rájecká Lesná na Slovensku. Data byla sbírána v oblasti nahodile vytěžené části lesa a čerstvě vytvořené kalamitní holiny, a to ve sledovaném období od října roku 2022 do ledna roku 2023. Pro potřeby diplomové práce byla data následně převedena do grafické podoby a díky tomu představena v jednoduché formě.

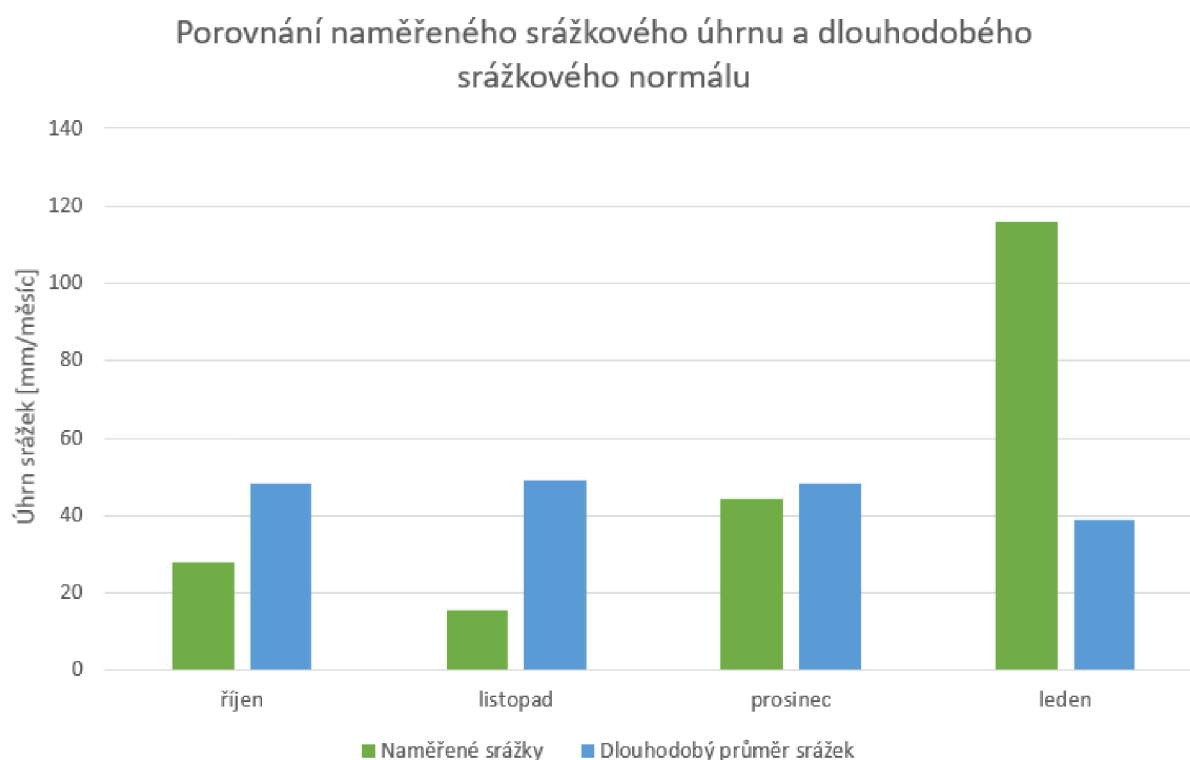
4.1.1. Přehled a porovnání naměřeného a teoretického srážkového úhrnu, naměřeného odtoku a dlouhodobého srážkového normálu v období říjen 2022 až leden 2023

V tabulce číslo 3 je znázorněn souhrnný přehled srážek v mm za měsíc, přehled dlouhodobého normálu srážek v mm za měsíc, dále přehled naměřeného odtoku v m³ za měsíc a teoretický úhrn srážek v m³ za měsíc. Vše pro sledované období říjen 2022 až leden 2023 ze sledované lokality Rájecká Lesná. Stejný naměřený srážkový úhrn a dlouhodobý srážkový normál za jednotlivé měsíce je poté pro lepší přehlednost porovnán a představen pomocí grafu (viz obrázek č. 15). Naměřený odtok Parshallovým žlabem je porovnán s vypočítaným teoretickým úhrnem srážek a následně také názorně graficky představen (viz obrázek č. 16).

Data o srážkovém úhrnu byla poskytnuta Slovenským hydrometeorologickým ústavem (SHMÚ). Teoretický srážkový úhrn byl následně vypočítán pomocí plochy pravděpodobně odvodňované oblasti povodí (22086 m²) a jejího vynásobení s mm naměřených skutečných srážek za každý jednotlivý měsíc.

Tabulka č. 3: Souhrnný přehled srážek, dlouhodobý normál srážek, naměřený odtok a teoretický úhrn srážek za období říjen 2022 až leden 2023 ve sledované lokalitě.

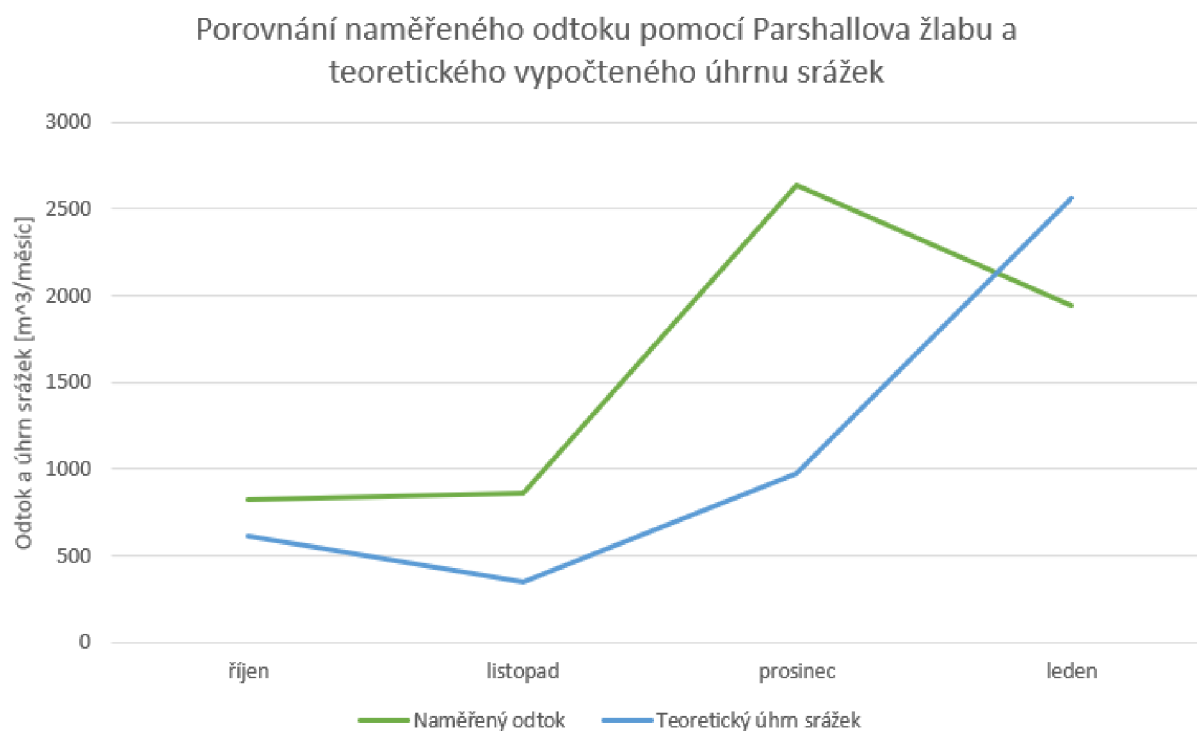
MĚSÍC	SRÁŽKY [mm/měsíc]	SRÁŽKY DLOUHODOBÝ NORMÁL [mm/měsíc]	NAMĚŘENÝ ODTOK [m ³ /měsíc]	TEORETICKÝ ÚHRN SRÁŽEK [m ³ /měsíc]
říjen	28,0	48	827,0	618,4
listopad	15,7	49	862,7	346,8
prosinec	44,3	48	2637,2	978,4
leden	115,8	39	1939,4	2557,6



Obrázek č. 15: Porovnání naměřeného srážkového úhrnu a dlouhodobého srážkového normálu (mm/měsíc) za období říjen 2022 až leden 2023 ve sledované lokalitě.

Po sjednocení naměřených a získaných údajů bylo zjištěno, že skutečný naměřený úhrn srážek za jednotlivé měsíce říjen, listopad a prosinec sledovaného roku 2022 byl překonán dlouhodobým průměrem srážkového normálu. Zcela nejnižší úhrn srážek byl zaznamenán v měsíci listopadu s hodnotou 15,7 mm/měsíc, přičemž dlouhodobý normál se pohybuje okolo 49 mm/měsíc. Druhá nejnižší hodnota byla naměřena v měsíci říjen s množstvím srážek 28 mm/měsíc, přičemž jejich dlouhodobý normál se v tomto měsíci pohybuje okolo 48 mm/měsíc. Naměřené údaje za měsíc prosinec se k dlouhodobému průměru přiblížily nejvíce, a to s úhrnem 44,3 mm/měsíc, což je pouze o 3,7 mm/měsíc méně, než je srážkový normál. Jednalo se tak o druhý nejvyšší měřený srážkový úhrn. Znatelně nejvyšší hodnota byla zaznamenána po přelomu roku 2023 v měsíci lednu, a to s úhrnem 115,8 mm/měsíc, což je o 76,8 mm/měsíc více než je běžné. Jednalo se tak opravdu o nadprůměrný úhrn srážek oproti dlouhodobému srážkovému normálu, který je oproti ostatním zmíněným měsícům průměrně nejnižší (pouze 39 mm srážek za měsíc).

Porovnáním vypočteného teoretického úhrnu srážek se skutečným naměřeným odtokem pomocí Parshallova žlabu byla vytvořena křivka, která ukazuje postupné množství dopadené versus odvedené vody (v m³) za měsíce říjen 2022 až leden 2023 (obrázek č. 16).



Obrázek č. 16: Porovnání naměřeného odtoku a teoretického úhrnu srážek za období říjen 2022 až leden 2023 ve sledované oblasti.

Ze zjištěných údajů vyplývá, že během měsíce října převýšil naměřený odtok s hodnotou 827 m³/měsíc množství srážkového úhrnu. Ten byl „pouze“ 618,4 m³/měsíc, což dělá rozdíl 208,6 m³ vody, která byla do Parshallova žlabu svedena z jiné než měřené části lesa. V listopadu byly naměřeny zcela nejnižší hodnoty srážkového úhrnu 346,8 m³/měsíc, zatímco odtok zůstával stále téměř identický, a dokonce došlo k jeho mírnému navýšení na počet 862,7 m³ odtečené vody za měsíc. To dělá rozdíl 515,9 m³ odvedené vody navíc. Zvýšení srážkového úhrnu nastalo v měsíci prosinec, kdy došlo ke zvětšení množství srážek na 978,4 m³/měsíc. Zvýšil se však také odtok, a to na hodnotu 2637,2 m³/měsíc, což dělá rozdíl 1658,8 m³ odvedené vody pryč. Jedná se tak největší odchylku za všechny sledované měsíce. Po přelomu roku 2023 byl během měsíce ledna naměřen opačný fenomén. Zaznamenáno bylo největší množství srážek za všechny zmíněné měsíce, a to v hodnotě 2557,6 m³/měsíc, zatímco odtok byl snížen na 1939,4 m³/měsíc.

Díky měření tak bylo zjištěno, že v měsících říjen, listopad a prosinec sledovaného roku 2022 překonal naměřený odtok množství teoretického srážkového úhrnu. Jak již bylo nastíněno výše, větší množství odvedené než přijaté srážkové vody poukazuje na to, že naměřená voda navíc byla do Parshallova žlabu pravděpodobně svedena z další části lesa po přibližovací lince, na kterou byl z tohoto důvodu žlab nainstalován. V měsíci leden sledovaného roku 2023 došlo k opačnému fenoménu a výměně naměřených hodnot, kdy množství teoretického srážkového úhrnu převýšilo množství naměřeného odtoku.

Existuje několik faktorů, které mohou ovlivnit množství vody odvedené Parshallovým žlabem za určitou dobu (téma související s podkapitolou 3.2.3.), což by mohlo vysvětlit znatelný zvrat v naměřených údajích mezi měsíci prosinec a leden. Jedním z těchto faktorů může být odlišná intenzita a podoba srážek (viz podkapitola 3.2.1.), která se mohla během zimních měsíců měnit. Pokud také během měsíce spadlo větší množství prudkých a rychlých srážek, mohlo docházet k rychlému a intenzivnímu odtoku vody žlabem. Naopak pokud během měsíce docházelo k menší intenzitě stejného množství srážek, rozloženého do delšího časového horizontu, odtok vody žlabem mohl být pomalejší a méně intenzivní. Dalším faktorem může být kapacita žlabu. Pokud je žlab přetížen vodou z důvodu výrazného deště nebo jeho zanesení odpadem (např. listím, větvemi, půdou a bahnem), může dojít k hromadění vody a následnému pomalejšímu či dokonce bočnímu odtoku. Sklon terénu na přibližovací lince a její stav může hrát také roli – pokud je terén strmější a více zhutněný, voda se v něm sbírá rychleji a je tak následně i rychleji odváděna žlabem.

Abychom však dokázali přesně určit, proč v některé dny oteklo žlabem více vody než v dny jiné, je potřeba všechny tyto jednotlivé faktory dále testovat a provádět další výzkumy.

4.1.2. Přehled naměřeného úhrnu srážek a specifického odtoku za měsíc říjen 2022

Měsíc říjen byl oproti dlouhodobému srážkovému normálu podprůměrně deštivý. Obrázek č. 17 ukazuje, že nejdelší srážková epizoda proběhla začátkem měsíce a trvala pouhé čtyři dny. Během ní bylo dosaženo maximálního denního úhrnu srážek za celý měsíc, a to konkrétně dne 3.10.2022. Na tento srážkový úhrn reagoval naměřený odtok až 10.10.2022, kdy došlo ke zvětšení jeho množství. Z průměrných 0,35 l/s, konzistentně zaznamenávaných od začátku měsíce, proběhlo zvýšení na cca 0,6 l/s. V půlce měsíce došlo k sedmidennímu snížení měřeného odtoku, což byla pravděpodobně reakce na epizodu sucha, počínající dnem 5.10.2022. Poté došlo k opětovnému zvýšení a dne 22.10.2022 byl dosažen nejvyšší měsíční odtok s hodnotou 0,8 l/s.

Nemalé množství průměrného specifického odtoku bylo měřeno už začátkem října, protože již ke konci měsíce září 2022 byly ve výzkumné lokalitě zaznamenávány srážky a žlabem byl zaznamenáván první určitý odtok. Tyto data však nebyla zohledněna ve finálních výpočtech z důvodu nekompletnosti měsíce září.

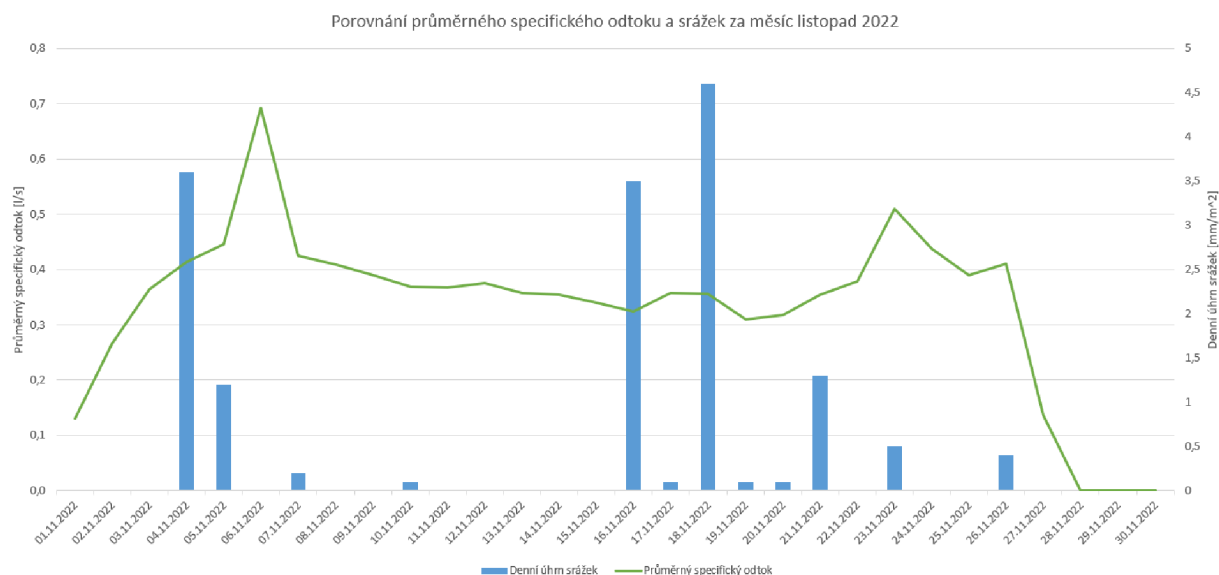


Obrázek č. 17: Porovnání průměrného denního specifického odtoku [l/s] a denního úhrnu srážek [mm/m²] za měsíc říjen 2022.

4.1.3. Přehled naměřeného úhrnu srážek a specifického odtoku za měsíc listopad 2022

Ze všech měsíců ve sledovaném období bylo nejnižší množství srážkového úhrnu naměřeno právě v listopadu, který byl oproti dlouhodobému srážkovému normálu poměrně suchý. Na obrázku č. 18. můžeme vidět, že nejdelší srážková epizoda proběhla v druhé polovině měsíce a trvala šest dní, maximální měřený denní úhrn srážek tohoto měsíce nastal během této epizody dne 18.11.2022.

Nejvyšší odtok byl naměřen na začátku měsíce dne 6.11.2022, a to v hodnotě průtoku 0,7 l/s. Jednalo se pravděpodobně o reakci na vyšší a prudký srážkový úhrn dne 4.11.2022, který přišel po delší epizodě sucha trvajícího 10 dní, během které pravděpodobně došlo ke snížení vsakovací schopnosti půdy (viz podkapitola 3.2.3). Zatímco denní úhrn srážek v listopadu dále kolísal, určitý odtok byl Parshallovým žlabem zaznamenáván kompletně celý měsíc. Průměrný denní odtok se držel na hodnotě 0,4 l/s a takto trval s pouze malými změnami a výkyvy až do dne 26.11.2022, kdy začal v reakci na nedostatečné a snižující se množství srážek definitivně klesat.



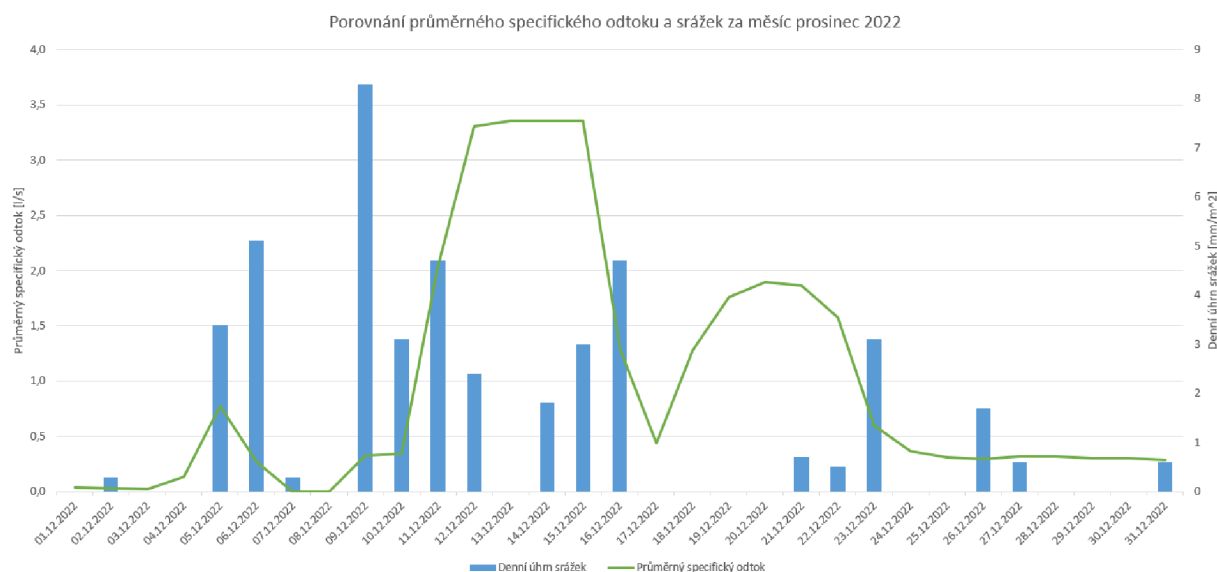
Obrázek č. 18: Porovnání průměrného denního specifického odtoku [l/s] a denního úhrnu srážek [mm/m²] za měsíc listopad 2022.

4.1.4. Přehled naměřeného úhrnu srážek a specifického odtoku za měsíc prosinec 2022

Oproti předešlým měsícům došlo v prosinci k nárůstu denního úhrnu srážek, takže se téměř rovnal dlouhodobému srážkovému normálu. Obrázek č. 19 demonstruje, že nejdelší dešťová epizoda proběhla v první polovině měsíce a trvala s malými přestávkami téměř 12 dní. Maximálního denního srážkového úhrnu bylo dosaženo právě během této srážkové epizody.

Skrze porovnání denního úhrnu srážek a průměrného specifického odtoku lze měsíc prosinec považovat za graficky nejpozoruhodnější měsíc. Po stagnaci pokračující z předešlého měsíce došlo 5.12.2022 s prvními srážkovými úhrny k navýšení měřeného odtoku na 0,7 l/s. Se snížením množství srážek však došlo opět k jeho poklesu a stagnaci, trvající až do 10.12.2022, kdy došlo ke změně. Během 12.12.2022 byl průtok navýšen na abnormální 3,4 l/s. Jednalo se o reakci na nejvyšší denní srážkový úhrn měsíce, kterého bylo dosaženo dne 9.12.2022. Na těchto hodnotách se měřený odtok držel čtyři dny, poté poklesl na hodnotu 0,5 l/s a následně došlo opět k jeho navýšení na průměrných 1,8 l/s. Po poklesu počínajícím dne 22.12.2022 došlo k ustálení měřeného odtoku na průměrných 0,3 l/s, trvajících až do konce měsíce.

Důvody vedoucí ke zmíněným zřetelným výkyvům v polovině měsíce nelze momentálně přesně určit a pro další závěry je tak třeba dalšího výzkumu.



Obrázek č. 19: Porovnání průměrného denního specifického odtoku [l/s] a denního úhrnu srážek [mm/m²] za měsíc prosinec 2022.

4.1.5. Přehled naměřeného úhrnu srážek a specifického odtoku za měsíc leden 2023

V lednu roku 2023 došlo k téměř trojnásobnému zvýšení denního úhrnu srážek oproti dlouhodobému srážkovému normálu. Na obrázku č. 20 můžeme vidět období dlouhé srážkové epizody, nesoucí se přes větší část měsíce a trvajících s minimálními přestávkami téměř 20 dní. Během tohoto období došlo k dosažení maximálního denního srážkového úhrnu v měsíci, a to dne 9.1.2023. V porovnání s tímto značným jednodenním výkyvem byly ostatní srážky během měsíce poměrně nízké.

Po průměrné hodnotě odtoku, ustálené na cca 0,3 l/s a pokračující z konce předešlého měsíce, došlo dne 8.1.2023 k počátku navyšování měřeného průtoku. Dne 10.1.2023 byl zaznamenán průtok žlabem rychlostí 1,5 l/s, což byla pravděpodobně reakce na intenzivní srážkový úhrn předešlého dne. Nejvyšší naměřený průtok byl však naměřen až ke konci této dlouhodobé srážkové epizody, a to dne 21.1.2023, kdy došlo k navýšení průměrného specifického odtoku až na hodnotu 2,1 l/s. O dva dny později byl průtok v návaznosti na postupné snižování a ukončení srážkového úhrnu snížen na průměrných 0,4 l/s, což byl poté stav udržovaný až do konce měsíce. Dne 30.1.2023 začala po sedmidenním období minimálních či žádných srážek další dešťová epizoda, na kterou odtok do konce termínu měření však ještě nestihl zareagovat.



Obrázek č. 20: Porovnání průměrného denního specifického odtoku [l/s] a denního úhrnu srážek [mm/m²] za měsíc leden 2023.

4.2. Edukační činnost

Procentuální poměr kalamitních holin a zhutněných lesních cest i půd na našem území České republiky i Slovenska není zanedbatelný. Důležitou součástí při pokusu o nápravu a vyhledávání řešení u této problematiky tak bude nejen větší počet zaváděných adaptačních opatření, ale také dostatečná osvěta. Inovativní metoda zadržování vody v krajině pomocí nakypření zhutněných půd (zmiňovaná v podkapitole 3.3.3.) je metoda poměrně nová a povědomí o ní není prozatím dostatečně velké k tomu, aby bylo možné obsáhnout a napravit větší množství zhutněných ploch ve státě Česka i Slovenska současně.

Zvýšení znalostí o dané klimaticko-vodní problematice u laické veřejnosti, celková osvěta obyvatelstva a dostatečné proškolení odborníků je tak dalším důležitým adaptačním opatřením, které jde ruku v ruce se samotným vědeckým postupem, a které může další zavádění metody na lesních pozemcích pozitivně ovlivnit.

Dalším tématem výsledkové části této diplomové práce je kromě výzkumné činnosti pomocí Parshallova žlabu také právě výše zmíněná osvětová činnost. V následujících podkapitolách tak bude představeno téma edukačních činností se zaměřením na možné aktivity a druhy edukace, které byly ve stejné oblasti v okolí obce Rajecká Lesná v rámci výzkumné činnosti poskytnuty.

4.2.1. Workshopy¹⁴ a vzdělávací programy

Nedaleko lokality umístění měřícího Parshallova žlabu v oblasti Rajecká dolina, konkrétně v okolí obce Fačkov, proběhl na podzim roku 2022 první slovenský workshop. Jednalo se o jednodenní až dvoudenní vzdělávací seminář s ukázkovou realizací metody na zadržování vody v lesní krajině. Tento workshop byl prvním seminářem tohoto tématu na Slovensku a stal se tak stěžejním prvkem v budoucím vývoji této problematiky. Organizace se ujal česko-

¹⁴ Slovo workshop pochází z anglického základu a Slovník cizích slov (2022) jej definuje jako „zpravidla krátký, ale intenzivní vzdělávací seminář, kurz či program, určený pro relativně malou skupinu lidí, zaměřený zejména na výcvik technik a dovedností využívaných v určité oblasti“.

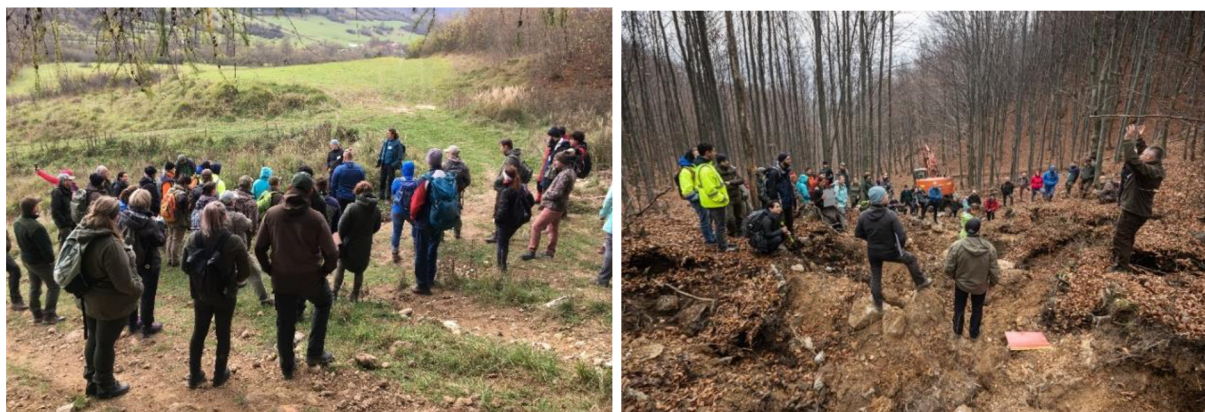
slovenský tým profesionálů, členů a spolupracovníků (včetně autorky diplomové práce) pod záštitou neziskové organizace Kvapka Rajeckej Doliny (viz následující obrázek č. 21).



Obrázek č. 21: Česko-slovenský tým zadržování vody v krajině po úspěšné realizaci Fačkovského workshopu. Zdroj: Kvapka Rajeckej Doliny n.o., 2022

Odborný vícedenní workshop s ukázkovou realizací metody vznikl díky slovenské neziskové organizaci Kvapka Rajeckej doliny. Ta byla založena z iniciativy společnosti Kofola Československo a. s. ve spolupráci s českou neziskovou organizací Voda pro les, voda pro lidi a také českou odbornou platformou AQUAINOVA. Jakožto první slovenský workshop byl tento seminář dlouhodobě plánován. Byl nastaven jak jako informační a vzdělávací podklad pro dobrovolně přihlášenou veřejnost, tak také jako vědecký seminář pro pozvané odborníky a specialisty souvisejících oborů. Jeho součástí byla vycházka lesní hornatou krajinou po problematické přibližovací lince, se současným odborným výkladem od několika různě zaměřených specialistů (z oblasti pedologie, hydrologie, lesnictví, ekologie i environmentalistiky). Bylo poukazováno na přírodní úkazy ve spojení s daným tématem a související s problémy přímo v daném terénu. Vycházelo se od potoka jakožto poslední složky

zmiňovaného problému a pokračovalo se po erozní lince vzhůru až k místu, kde celý problém vzniká – tedy až na samotný vrchol kopce. Na hřebenu proběhlo představení nové vodo-zadržné a protierozní vsakovací adaptační metody včetně předvedení a popisu možného bagrovacího postupu rekultivace přibližovací linky.



Obrázek č. 22: Edukace účastníků workshopu (odborné i laické veřejnosti) přímo v problematickém terénu, prováděná s odborným výkladem a ukázkovou realizací metody. Zdroj: Archiv autora diplomové práce, 2022 (vlevo) a Mgr. Jan Husák; Kvapka Rajeckej doliny n.o., 2022 (vpravo)

Na území ČR se přednáškami, semináři a workshopy s ukázkovou realizací metody zabývá odborná platforma AQUAINOVA – Inovace ve světě vody, jejíž zástupci byli na slovenském workshopu také přítomni. Díky této platformě proběhla na podzim roku 2020 realizace prvního vodo-zadržného opatření na území České republiky, konkrétně v lokalitě CHKO Beskydy. Jejich aktivita v této problematice pokračuje s různými spolupracemi úspěšně i nyní a na následující roky jsou naplánovány další projekty totožného či podobného tématu.

4.2.2. Osnova vzdělávací lekce pro mládež

Jelikož je autorka diplomové práce v rámci svého environmentálního a mezinárodního rozvojového studia zároveň také studentkou pedagogického minima (zaměřeného na environmentální vzdělávání na druhém stupni základních a středních škol), byla v rámci kombinace obou studií do výsledkové edukační části navržena osnova vzdělávací lekce, zaměřené speciálně na projekt zadržování vody v krajině.

Navržená lekce byla vytvořena za pomoci environmentálních metod alternativního vzdělávání a byl při ní využit třífázový model procesu učení (model E-U-R¹⁵). Do lekce tak byla zahrnuta úvodní evokace, vybavení a utřídění si informací, dále následný proces učení, uvědomění si významu nových informací a spojování nových informací s těmi staršími. Na závěr byla využita závěrečná reflexe a formulace nového vlastního pohledu na danou problematiku. Vlastní osnova lekce obsahuje také názornou ukázkou inovativní metody a je tak určena především pro školy nacházející se v blízkosti samotných „bagrovacích prací“ – oblastí, kde je v momentální době prováděna adaptační metoda zadržování vody na zhutněných půdách a lesních cestách. Možností je také účast a využití této osnovy na již probíhajících či budoucích workshopech.

Výchozím bodem navržené lekce je budova školy, případně jiné určené místo, a postupuje se směrem ukázkou inovativní metody. Součástí lekce je procházka lesním kopcovým terénem se současným výkladem, souvisejícím s hlavním tématem celého dne, a následná cesta zpět. Celkové trvání akce je jedno dopoledne až jeden celý den, v závislosti na vzdálenosti školy či místa srazu od workshopu, docházkové vzdálenosti, a také na samotném zaujetí žáků a zainteresovanosti všech účastníků do tématu.

Vzhledem k zaměření autorky diplomové práce a ke zvoleným aktivitám je lekce určena především pro starší žáky druhého stupně základních škol a žáky středních škol. Jedná se však o pouhý návrh a je možné vzdělávací lekci individuálně upravit pro mladší žáky, případně ji upravit pro speciální potřeby daných tříd a druhů škol.

Doporučený ročník:

- 8.-9. třída ZŠ
- SŠ

Cíl výuky a výsledky učení:

- Žák se prakticky seznámí se způsoby zadržování vody v přírodě.

¹⁵ Model E-U-R neboli „třífázový model učení“ je jedna z alternativních metod plánování výuky, která je postavena na konstruktivistickém přístupu k učení. Jedná se o model založený na respektu přirozeného mechanismu učení (=objevování), a představuje univerzální pomůcku a konstrukci pro tvorbu učební lekce (Máchal, 2012).

- Žák identifikuje problémy a navrhne adaptační opatření.
- Žák si uvědomuje přínosy lesů pro řešení klimatické změny a vnímá hodnotu změny využití krajiny.

Stručný popis aktivit a struktura výuky:

- 8:00 sraz účastníků na smluveném místě, začátek lekce.
- EVOKACE:
- *Uvědomění si vlastních znalostí a vybavení si, co už o tématu víme a známe.*
 - Když se řekne LES a VODA (cca 5 minut) – Co se žákům vybaví, když se řekne les. Necháme je v kroužku házet klubíčkem.
 - Zeptáme se, co se bude dít s lesem a vodou při změně klimatu. Pokud se nerozjede diskuse, budeme se jí snažit rozvinou níže uvedenými otázkami (max 10 minut).
 - *Co se stane, když se bude dlouhodobě oteplovat (o 1-3 °C)?*
 - *Jak se stromy dokáží přemísťovat?*
 - *Jak se změní hranice lesa?*
 - *Co se stane, když smrky vysázíme v nížinách nebo na vysočině?*
 - *Co se stane, když budou potoky či menší říčky přes léto vysychat?*
 - Brainstorming¹⁶, úvod do tématu (cca 20 minut) – Vyzveme žáky, aby se zamysleli, jak zadržet vodu v lesích. Své nápady můžou zapisovat na lepící papírky a přilepovat na karton.
- HLAVNÍ ČÁST:
- *Proces učení a uvědomění si významu prožívaných i získávaných informací, jejich zařazení do informací předešlých.*
 - Uděláme volnou přestávku a poté se vydáme směrem k lesu, ve kterém probíhají bagrovací práce. Žáci mají pauzu od přemýšlení a klid na chůzi, při které si mají všimnout okolního prostředí (20-30 minut chůze, případně tolik, kolik je potřeba).

¹⁶ Slovo „brainstorming“ bylo do češtiny přejato z anglického jazyka a doslovně jej lze přeložit jako „bouření mozků“. Slovník cizích slov (2022) pojem brainstorming definuje jako „metoda volné spontánní diskuze na dané téma“. Jedná se o výukovou metodu často využívanou (nejen) v environmentálním vzdělávání.

- Když dorazíme na výchozí bod k úpatí lesa, začne část naší vlastní naučné stezky. Při ní jdeme, postupně se zastavujeme a poukazujeme na různé úkazy a problémy přímo v terénu – zhodnotíme lesní cesty, přibližovací linky, výplachové kužele a erozní rýhy (doporučeno cca 60 minut).
- Pod vrcholem kopce (u bagru a začátku práce) žáky seznámíme s inovativní metodou na zadržování vody, a představíme jim práci bagristy a jeho bagru. Vytvořeného zaujetí žáky bagrem využijeme a seznámíme je také s bezpečností práce a pohybu okolo bagru. Následně proběhne názorná ukázka v terénu s bagristou, který jim poté odpoví na případné dotazy (cca 30 minut).
- Následuje pauza na svačinu a odpočinek (15 minut).
- REFLEXE:
- *Shrnutí toho, co jsme se dozvěděli a co si zapamatovali, a utvoření vlastního názoru či pohledu na věc.*
 - Po pauze se vydáme po lince zpět z kopce, opět se zastavujeme a pomocí výkladu přímo v terénu poukazujeme na možné změny v hospodaření lesů a naznačujeme možná opatření, díky kterým by bylo možno problémům předcházet (cca 35 minut).
 - Na úpatí kopce se zastavíme a bude následovat zpětná vazba studentů – zeptáme se, jestli je napadají nějaké otázky, případně jaké, a zjistíme, jak se jim to líbilo. Necháme je si zrekapitulovat nabyté vědomosti a necháme je si znovu prožít pocítěné emoce a porozumět jim. Poté rozvedeme diskusi, případně k ní žáky navedeme následujícími otázkami (cca 10 minut).
 - *Jaký nejsilnější zážitek nebo okamžik si odnášíte z dnešního dne?*
 - *Co vás překvapilo, co jste naopak očekávali?*
 - *Co můžete udělat pro les a vodu vy sami?*
 - Následuje návrat ke škole a rozchod domů po úspěšném dni.
- DOPORUČENÍ PRO ŠKOLY:
 - Škola může podpořit nově nabyté zaujetí a vědomosti žáků vlastním zahrnutím tématu do další výuky, nebo u velkého zaujetí žáků také pozváním přednášejícího specialisty, případně přímo spoluzakladatele inovativní metody do samotné vyučovací hodiny.

Pomůcky:

- Papíry, psací potřeby, vlastní letáčky a kartonové destičky s informacemi a obrázky, probíhající bagrovací práce v okolí či v dojezdové vzdálenosti.

Další tematicky zaměřené vzdělávací materiály a programy pro veřejnost i školy, věnující se problematice vodo-zadržných opatření, otázce klimatických změn a celkově dalším tématům environmentální výchovy, vzdělání a osvěty (EVVO¹⁷), vznikají v rámci aktivit Mgr. Jana Husáka ve spolupráci s neziskovou organizací Kvapka Rajeckej doliny. Tyto programy a materiály jsou uzpůsobené k tomu, aby o daných environmentálních tématech informovaly jak širší dospěláckou veřejnost, tak především zvýšily povědomí žáků ve školách. Zároveň zapojují do výuky interaktivní a environmentální metody vzdělávání a provádějí vyučování záživnou formou.

¹⁷ Pojem EVVO vychází z anglického termínu „*environmental education*“ a jedná se o nadřazený pojem pro environmentální vzdělávání. EVVO by měla vést k myšlení a jednání, které je v souladu s principem trvale udržitelného rozvoje, k vědomí odpovědnosti za udržení kvality životního prostředí a úctě k životu ve všech jeho formách. Podle Jančaříkové (2019) se v environmentálním vzdělávání jedná o „... *veškeré výchovné a vzdělávací úsilí, jehož cílem je především: zvyšovat spoluzodpovědnost lidí za současný i příští stav přírody a životního prostředí, rozvíjet tvořivost, citlivost a vstřícnost lidí k řešení problémů péče o přírodu, utvářet ekologicky příznivé hodnotové orientace, které kladou důraz na dobrovolnou střídmost, na nekonzumní, duchovní kvality lidského života, hledat příčiny ekologické krize a cesty k jejímu řešení*“.

5. DISKUSE A DOPORUČENÍ

Následující kapitola č. 5 bude zaměřena na rozebrání a zhodnocení nejdůležitějších výsledků výzkumu. Budou diskutovány a představeny další akademické práce, rozšiřující téma této diplomové práce. Následně budou v návaznosti na získaná data doporučeny možné změny a odlišné způsoby lesního hospodaření, případně také příležitosti nastávajících dlouhodobých změn lesních ekosystémů.

5.1. Diskuse

Lokalita, do které byl žlab cíleně umístěn, je součástí pramenné oblasti jednoho z přítoku vodního toku Rybné. Cílem měření bylo zjistit, jaký má nová nezpevněná lesní cesta vliv na srážko-odtokový poměr dané lokality. Cesta byla vytvořená pro účely stahování dřeva vytěženého nahodilou metodou těžby. Zmapováním zájmového území a následným provedeným měřením bylo zjištěno, že ze čtyř výzkumných měsíců byl po tři z nich přítomný odtok a průtok vody žlabem vyšší, než byl vypočítán teoretický úhrn srážek, dopadený na možnou odvodňovanou část povodí. Tento přehled znázorňuje obrázek č. 16. Tato situace mohla nastat právě v případě, kdy byla nezpevněná lesní cesta zařezána do svahu, čímž otevírala vodní kanálky vytvořené vodou pod povrchem a odvodňovala tak spodnější vrstvy půdy. Dalším podstatným fenoménem, pravděpodobně přispívajícím k naměření většího množství vody, je situace, kdy lesní cesta působí jako nepropustné koryto. Voda dopadená či odvedená na zhutněnou linku je stahována gravitační silou po lince dále, přičemž je zastavena až v prohlubni u žlabu (v jiném případě končí až v korytu potoka, nebo je vyplavena pod lesem na ornou půdu).

Určitý průtok vody žlabem byl viditelný téměř ve všech výzkumných měsících i v době, kdy nebyly zaznamenávány žádné nové srážkové úhrny. Nejznatelnější je tento jev na obrázku č. 17 a č. 18, přičemž největší rozdíl mezi průměrným denním odtokem a denním srážkovým úhrnem byl dosažen v měsíci listopad (obrázek č. 18). Obrázek zároveň znázorňuje výraznou reakci odtoku vody na přívalový intenzivní déšť, přicházející po několikadenním suchu. Jedná

se o fenomén, který byl pozorován téměř každý měsíc. Ukazuje podstatný význam časového rozložení srážek a znázorňuje, že je při měření třeba počítat se všemi faktory, ovlivňujícími srážko-odtokový poměr.

Díky provedenému výzkumu je znatelné, že cesta vytvořená za účelem těžby dřeva na tomto území rapidně narušila dráhu významné části pramenné oblasti tohoto přítoku – proto zde protéká voda v malém množství téměř neustále. Vybraná oblast pro umístění Parshallova žlabu se tak ukázala jako ideální pro příklad nežádoucích následků lidských zásahů.

Otázkou však zůstává vliv dalších neměřených faktorů (jako je například zahlcení a zanesení žlabu, rozdílná intenzita srážek a další antropogenní vlivy) na získávané hodnoty. Jelikož se lokalita osvědčila, bude se žlab v průběhu roku 2024 do stejné lokality v okolí obce Rajecké Lesné vracet znovu pro další výzkum. Tentokrát pro něj však bude za pomoci bagru vykopána svodnice (neboli žlábek určený k odvádění povrchové vody ze středu cesty do jejího okraje, v tomto případě přímo do žlabu), která byla pro aktuální výzkum vytvořena pouze dočasně. Při instalaci aktuálního žlabu pro výzkum diplomové práce byla snaha o minimální zásah do okolí a co nejmenší nové antropogenní ovlivnění. Nově umístěný žlab bude oproti pilotní verzi vylepšen také přítomností vlastní srážkoměrky, díky čemuž budou data ještě přesnější, a nebude třeba další spolupráce se SHMÚ.

Kvalifikační prací, úzce související se zaměřením tohoto díla, je magisterská diplomová práce Mgr. Ivy Bitalové s názvem „Hodnocení inovativní metody obnovující vsakovací schopnost utužených lesních půd po působení těžké techniky ve vybraných lokalitách“, která se podrobně zabývá adaptační metodou zadržování vody v lesní krajině. Práce obsahuje její důkladné přiblížení, popis a fotodokumentaci. Zároveň přináší představení akcí a workshopů, zaměřených na využití i ukázkou této metody, a také výzkum pomocí dotazníku veřejnosti a rozhovoru se zakladateli i realizátory metody. Proto zde byla tato metoda včetně souvisejícího tématu adaptačních opatření představena pouze okrajově. Pokud vás téma zaujalo a chcete se o této metodě dovědět více, je možné si zmíněnou práci vyhledat a další informace i fotografie nelézt tam.

Další kvalifikační prací, zaměřenou na adaptační metody v lesích, je diplomová práce s názvem „Zadržování vody v lese narušením odvozních linek – funguje to?“. Jejím autorem je Mgr. Ondřej Vala, který byl jedním ze spolupracovníků při instalaci Parshallova žlabu, využitého pro potřeby této diplomové práce.

5.2. Doporučení

V předešlých kapitolách práce bylo představeno adaptační opatření, které lze do již narušených lesů zavést a zmírnit tak dopady nevhodného odtoku vody, způsobeného zhutněnou půdou a erozí zahloubenými lesními cestami (viz podkapitola 3.3.3.). Představené opatření sice začíná fungovat téměř okamžitě a v lokálním měřítku přináší pouze výhody, ovšem samo o sobě je pouze reakcí na již probíhající změny a vzniklé problémy. Pro minimalizaci a předcházení vzniku zmíněných problémů jej nelze využít.

Usilování o minimalizaci nepříznivých antropogenních vlivů na zemské klima je cílem politik na ochranu klimatu, které úzce souvisí s nastávající změnou rozložení srážek dnes i v budoucnu. Protože se jedná o předmět zájmu důležitý i pro lesní hospodářství, budou v následující podkapitole s číslem 5.2. představena doporučení a možné prostředky dlouhodobějších změn v lesích.

Podkapitola bude zaměřená převážně na opatření snižující nepříznivé antropogenní vlivy i emise skleníkových plynů, přinášejících pozitivní efekt v měřítku jak lokálním, tak také i globálním. Bude uvažováno nad navrženými prostředky mitigačních¹⁸ opatření.

5.2.1. Nové a opětovné zalesňování, minimalizace odlesňování

Lesní ekosystémy přispívají k mitigaci především díky své schopnosti vázat v sobě i lesní půdě při růstu oxid uhličitý (CO₂), odebraný z atmosféry (Vyskot et al., 2001). Snadná dostupnost uhlíku stimuluje růst stromů a stále teplejší klima zase nabízí prostor pro jejich šíření. Jelikož se však stejné množství uhlíku vypustí při rozkladu stromu a zničení lesa zase zpět do ovzduší, lze tuto vlastnost považovat za součást možných řešení pouze v případech,

¹⁸ Slovo mitigace pochází z latinského slova *mitigatio*, neboli zmírnění či zklidnění, ale dalo by se přeložit také jako předcházení určité situace. Svůj význam má převážně ve spojení s klimatem a s možným zpomalováním jeho nastupující změny, čímž nepřímo souvisí také s lesními ekosystémy. Český meteorologický slovník (2017) význam mitigace rovnou spojuje se samotnou cílenou aktivitou člověka omezující zdroje skleníkových plynů a snižující koncentrace jiných látek v ovzduší, přispívajících přímo či nepřímo k samotné změně klimatu.

kdy se jedná o ekosystémy s dlouhověkými a vytrvalými stromy, které mají možnost dožít se svého plného věku (Brienen et al., 2020).

Mezi hlavní mitigační opatření, týkající se lesnictví, tak lze na první místo zařadit především samotné vyhýbání se nadměrnému odlesňování. Jelikož však toto v mnoha případech není možné, další možností je také přeměna dočasně či dlouhodobě nezalesněných ploch zpět na lesní porost, nebo přeměna dlouhodobě nezalesněné půdy na les. Součástí doporučených opatření je kromě samotného snížení ztrát lesů také navýšení ochrany důležitých lesních ekosystémů a rašelinišť bohatých na uhlík, a posílení sekvestrace uhlíku v těchto ekosystémech. Toho lze docílit především zvýšením hustoty zalesňování a opětovným navlhčením dříve odvodněných rašelinných stanovišť (Smith et al., 2014).

5.2.2. Změna způsobu hospodaření v lesích a přechod na jiný druh těžby

V podkapitole 3.1.2. byla představena míra zalesnění a složení ekosystémů na území České i Slovenské republiky, včetně procenta nezalesněných holin. Následně byly v podkapitole 3.1.3. vysvětleny způsoby hospodaření v lesích a v podkapitole 3.1.4. možné způsoby těžby, na jejichž negativní dopady byla tato práce zaměřena.

Výměnou holosečného způsobu hospodaření za hospodářské způsoby s trvalým půdním krytem se nejenže předejde vzniku extrémně zahluobených lesních cest a doprovodných problémů, ale také lze tuto výměnu považovat za jedno ze samotných mitigačních opatření.

Vhodný je k tomu například způsob podrostní a výběrový, při kterých se zužitkovává pouze daný jedinec či skupina stromů namísto celé plochy. A protože u těchto podob těžby v lokalitě zůstává neustále část lesa udržující nad půdou trvalý kryt, obnova porostu bývá přirozeně zachována a výkyvy ve zdrojích zachyceného uhlíku v nadzemní biomase celé oblasti jsou minimalizovány (MŽP, 2020). Možným střetem zájmů je u této výměny otázka, kdy je u těchto HZ o něco vyšší technologická náročnost před způsobem holosečným. V krajních případech však lze využít násečný HZ, který také probíhá na souvislé ploše (jako HZ holosečný, ale širší plochy nepřekročí průměrnou výšku těženého porostu), nebo způsob kombinovaný. Při porovnání na údržbu a výnosy z lesa podrostního, násečného a výběrného všechny tyto typy

vycházejí lépe než HZ holosečný, a to především z důvodu úspory nákladů na obnovu porostu (VÚV, 2018).

Dalším možným mitigačním opatřením v této kategorii je výměna velkoplošné nahodilé těžby za způsob úmyslný, pokud je to možné. Vhodné jsou způsoby těžby jak obnovní, tak výchovné, a to především způsob podrostní a výběrný, u kterých nový lesní porost vzniká pod ochranou mateřského porostu. Půda tak zůstává kryta před vnějšími klimatickými vlivy a stejně tak zůstává zachována část úložiště uhlíků. Vhodný je také soustředěný způsob těžby, kde není přesáhnuta stanovená těžební rozloha stanovená zákonem a nový porost tak vzniká nejčastěji vedle obnovovaného porostu.

Podstatná je také eliminace poškození lesní plochy a půdy těžbou. V případech, kdy už poškození vznikne, je důležitým opatřením okamžitý přístup a snaha o nápravu tak, aby byl co možná nejmenší vliv na narušení přirozených procesů v půdě (VÚV, 2018).

5.2.3. Úprava dřevinné skladby

V podkapitole 3.1.2. byly představeny hlavní lesní ekosystémy a aktuální skladba lesů v České i Slovenské republice. Na obou územích bylo v minulosti složení lesa pozměněno ku prospěchu druhů vhodných k hospodářskému využití a často bylo přikročeno k monokulturnímu typu lesa. Mezi nejčastěji monokulturně využívanými druhy dominuje smrk ztepilý (*Picea abies*) a borovice lesní (*Pinus sylvestris*), což jsou dřeviny nejsilněji reagující na projevy měnícího se klimatu, především na zvyšující se teplotu a dlouhodobé sucho (Kellomaki et al., 2000).

Mezi další vhodné navržené mitigační opatření tak spadá samotná úprava skladby lesa, postupná změna jeho strukturovanosti, rozšíření zastoupených druhů dřevin a celková tvorba jeho polyfunkčnosti. Přejít na druhy odolnější, včetně posunutí hranic nadmořských výšek určených k sázení konkrétních dřevin, způsobí vyšší rezistenci lesa vůči nastupující změně klimatu. Hlavním opatřením bude omezení v ČR i SR oblíbeného smrku (*Picea*) ve 3. a 4. lesním vegetačním stupni a jeho nahrazení jinou vhodnou hospodářskou dřevinou, nebo jeho pěstování pouze jednotlivě či v malých skupinách. Díky tomu ubude množství prováděné nahodilé a kalamitní těžby, která často vzniká právě v důsledku zničení části lesa působením

škodlivých činitelů (tedy často v důsledku působení projevů klimatické změny). Množství nově vzniklých kalamitních holin tak poklesne a současně dojde k podpoření rozmanitosti druhů i zvýšení lokální biodiverzity.

5.2.4. Právně a finančně podložená podpora

Všechna výše představená opatření by nebylo možné uskutečnit bez vhodné státní podpory, jelikož stát jakožto regulátor hraje roli v podnětu ke změně skrze negativní i pozitivní finanční motivace (tedy skrze daňové nástroje a poplatky, nebo naopak skrze možnost čerpání finančních příspěvků a dotací) a nařízení. Aby tedy byla všechna výše zmíněná opatření dobrovolně zaváděna, je nutné upravit pravidla pro vlastníky lesů a odborné lesní hospodáře tak, aby byli ke změně hospodaření motivováni a nebyli za ni naopak finančně trestáni.

Zastaralá legislativa z první poloviny devadesátých let není schopná postihnout dynamicky se měnící podmínky v lesních ekosystémech, což vlastníkům lesů ztěžuje provádět efektivní adaptační a mitigační opatření na změnu klimatu. Přílišná legislativní kontrola udává, kdy, co a v jakém poměru se má v lese sázet, a téměř neumožňuje využívat přirozenou obnovu či reagovat na změnu stanovištních podmínek. Mezi vhodné právní úpravy, podporující tuto změnu hospodaření v lesích, by tak mohlo patřit například právě možné „uvolnění“ legislativy.

Příkladem vhodné úpravy je podpora hospodaření v lesích tak, aby bylo možné zajišťovat přirozenou obnovu lesa, nebo podpora typu hospodaření s trvalým půdním krytem s dlouhou nebo nepřetržitou obnovní dobou. To znamená podporu lesů s podrostním a výběrným způsobem hospodaření, ve kterých jejich obnova probíhá ještě před samotnou těžbou pod ochranou stále stojících stromů. Další vhodnou úpravou by mohlo být stanovení rizikových oblastí s nutností prioritní realizace adaptačních i mitigačních opatření v ČR a na Slovensku, a promítnutí výsledných dat do oblastních plánů rozvoje lesů se zpracováním nejvhodnějších postupů přizpůsobených daným oblastem (MŽP, 2020).

V době odevzdání diplomové práce došlo k renovaci a byl vydán nový strategický plán Společné zemědělské politiky na období 2023-2027, který byl pozitivně aktualizován a nastaven, aby kromě dalšího také podpořil udržitelnost a zavedení opatření v oblasti změn klimatu. Hlavní změnou bylo zavedení nové podpory zalesňování zemědělské půdy, konkrétně

zemědělských pozemků definovaných jako vhodné k zalesnění, a poskytnutí dotací na založení porostu na zemědělské půdě či na ukončení zemědělské činnosti právě zalesněním (MZE, 2024).

Ostatní novinky jsou však pouze sporadické. Nová je například investice do umělé obnovy kalamitních ploch a do ochrany melioračních a zpevňujících dřevin¹⁹, jejichž možné zvýšení podílu by bylo při zakládání lesních porostů na kalamitních holinách přínosem. Vhodná by byla také dotace na tvorbu odolnějších ekotypů a podpoření využívání genetických zdrojů lesních dřevin. Momentální dotační podpora je však poskytována pouze na stavbu oplocenek na ochranu mladých sazenic před okusem zvěří. Stejně tak nová podpora vodohospodářských opatření v lesích je vztažena pouze na zastaralé metody, mezi které patří hrazení bystřin a strží či stabilizace koryt řek. Vhodná by byla naopak podpora adaptačních opatření zaměřených na zadržování dopadené srážkové vody v krajině, zmiňovaných dříve (v podkapitole 3.3.3.).

Pozitivními změnami jsou nově poskytované dotace na posílení neproduktivní investice v lesích (převážně rekreační funkce) a zachování vybraných porostních typů hospodářských souborů (jedlový, bukový, dubový a ostatní listnatý výmladkový les).

Možností čerpání finančních příspěvků a dotací na adaptační i mitigační opatření se zabývá kromě systému národních a evropských dotací například také Program rozvoje venkova (PRV), jenž je spolufinancován Evropským zemědělským fondem pro rozvoj venkova. Jeho hlavním cílem je kromě obnovy, zachování a zlepšování ekosystémů také udržitelné řízení přírodních zdrojů či opatření v oblasti klimatu (MZE, 2023). Dalším dotacemi zabývajícím se projektem je program Podpory obnovy přirozených funkcí krajiny (POPFK), což je národní dotační program Ministerstva životního prostředí, který podporuje realizace adaptačních a mitigačních opatření zmírňujících dopady změn klimatu, převážně na vodní a lesní ekosystémy (MZE, 2023).

¹⁹ Jedná se o dřeviny lépe odolávající působícím škodlivým činitelům (např. dopadům klimatických změn, větru a dešti, ale i sesuvům a erozi půdy), které svou přítomností zvyšují celkovou odolnost lesa. Nejčastěji se jedná o listnaté stromy, nejtypičtěji dub zimní (*Quercus petraea*) a dub letní (*Quercus robur*), buk lesní (*Fagus sylvatica*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*) a lípu velkolistou (*Tilia platyphyllos*), často jsou však využívány také druhy jako jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*), modřín opadavý (*Larix decidua*) a další.

6. ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývala problematikou vlivu nově vzniklých přibližovacích linek na kalamitních holinách na srážko-odtokové poměry vybraného území, a to v okolí obce Rajecká Lesná na Slovensku.

Cílem rešeršní části diplomové práce bylo zjištění aktuálního stavu lesů v České a Slovenské republice. Dalším cílem bylo představení problematiky lesního hospodaření v kontextu klimatických změn, se zaměřením na dopad pozměněného srážko-odtokového procesu. Posledním vytyčeným cílem rešeršní části práce bylo uvedení vodo-zadržných adaptačních opatření pro lesnickou činnost dříve aktivně využívané cesty, které lze na některých již nevyužívaných přibližovacích a páteřních linkách aplikovat. Výzkumným cílem práce byla identifikace vlivu využívané cestní sítě kalamitních holin na odtokové poměry vybraného studijního území, a následným edukačním cílem práce bylo navržení možných edukačních aktivit, zaměřených na osvětu laické veřejnosti v oblasti této problematiky.

Od října roku 2022 do ledna roku 2023 bylo ve vybrané lokalitě v blízkosti obce Rajecká Lesná měřeno množství vody, odtékající z vymezeného povodí povrchovým odtokem po přibližovací lince pryč. Využitá linka byla vytvořena lesníky pro snadnější stahování dříví z lesa po nahodilé těžbě. Výsledný odtok byl posouzen v závislosti na srážkových úhrnech dané lokality během stejného čtyřměsíčního období, čímž byl popsán a analyzován srážko-odtokový proces.

Z celkových výsledků této diplomové práce vyplývá, že vliv těžebně dopravních procesů na srážko-odtokový proces dané lokality není zanedbatelný. Nevhodně zvolený typ hospodaření v lesích, především velké množství nezpevněných lesních cest v kombinaci s absencí lesního pokryvu narušuje, zvyšuje a zrychluje odtok. Nejvýrazněji je tento fenomén znatelný při krátkodobých přívalových srážkách, přicházejících po delším období sucha.

Obecně výsledky ukazují na důležitost se problematikou pozměněného srážko-odtokového procesu a vlivu následné péče o krajinu dále zabývat.

Diplomová práce byla obohacena o vlastní zkušenosti, fotografie a provedené edukační činnosti, a v jejím závěru byla navržena možná doporučení do budoucna. Domnívám se, že diplomová práce splnila všechny své vytyčené cíle.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

ALCAMO, J., VUUREN, D. v., RINGLER, C., ALDER, J., BENNETT, E. M., LODGE, D. M., MASUI, T., MORITA, T., ROSEGRANT, M., SALA, O. E., SCHULZE, K., ZUREK, M., EICKHOUT, B., MAERKER, M., KOK, K. 2006. Methodology for Developing the MA Scenarios. Chapter 6 In S. R. Carpenter, P. L. Pingali, E. M. Bennett, & M. B. Zurek (Eds.), *Ecosystems and Human Well-being: Scenarios*. Island Press, Washington, D.C.

AOPK ČR. 2023. Lužní lesy. <https://litovelskepomoravi.nature.cz/luzni-lesy>.

AQUAINOVA. 2020. *Inovace ve světě vody*. <https://www.aqua-inova.com/>

BÍLEK, K. 2013. Učební texty z předmětu Těžba a doprava dříví. Písek: Vyšší odborná škola lesnická a Střední lesnická škola Bedřicha Schwarzenberga. <https://www.clatrutnov.cz/skola/dokumenty/category/22-ucebni-texty?download=116:tezba-a-doprava-drivi-ucebni-texty>

BRIENEN, R.J.W., L. CALDWELL, L. DUCHESNE et. al. 2020. Forest carbon sink neutralized by pervasive growth-lifespan trade-offs. *Nature Communications*. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17966-z>

CSVTS (Český svaz vědeckotechnických společností). 2020. *Porovnání lesní dopravní sítě ve státním a nestátním sektoru: Aktualizovaná a doplněná verze*. https://www.csvts.cz/files/2020/Porovnn_lesn_dopravn_st_ve_sttnm_a_nesttnm_sektoru_aktualizovan_a_doplnn_verze.pdf

CUDLÍN, P., ČERMÁK, P., JANKOVSKÝ, L. 2004. Analýza rizik destabilizace smrkových porostů vlivem klimatické změny. Brno: ČBkS http://www.cbks.cz/SbornikVinicky04/bpd.2004/content/05Sekcia_lesnickej_bioklimatologie/Cudlin.pdf

ČABOUN, V., MORAVČÍK, M., TUTKA, J. 2009. Výskum, klasifikácia a uplatňovanie funkcií lesa v krajine. *Správa pre priebežnú oponenturu úlohy výskumu a vývoja*.

ČHMÚ (Český hydrometeorologický ústav). 2021. *Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2020*. Online. Praha: ISBN 978-80-7653-024-9. <https://info.chmi.cz/rocenka/ko2020/ko2020.pdf>

ČMeS (Elektronický meteorologický slovník). 2017. Praha: Česká hydrometeorologická společnost. <http://slovník.cmes.cz/>

EAGRI: MZE (Ministerstvo zemědělství). 2023. <http://eagri.cz>

EU/EP (Evropský parlament). 2021.: *Zpravodajství*. <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/priorities/climate-change>

FAO (Food and Agriculture Organization). 2020. <https://www.fao.org/3/I8661EN/i8661en.pdf>

FAO. *Food and Agriculture Organisation of the United Nations*. 2023. <https://www.fao.org/forestry/en>.

FRÉLICOVÁ, J., VAČKÁŘ, D., PÁRTL, A., LOUČKOVÁ, B., HARMÁČKOVÁ, Z. V., LORENCOVÁ, E. 2014. Integrated assessment of ecosystem services in the Czech republic. Ecosystem services-

HOLUSA, O., ZOUHAR, V. 2012. Lesnická typologie – základní pojmy, účel a díla. Lesnická práce. 2012. ISSN 0322-9254.

CHYTRÝ, M.; KUČERA, T.; KOČÍ, M. et al. 2010. Katalog biotopů České republiky. 2.upr. a rozš. vyd. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. ISBN 978-80-87457-03-0.

IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change). 2023. Ženeva: IPCC, WMO, UNEP. <https://www.ipcc.ch/>

JANČAŘÍKOVÁ, K. 2010. Environmentální činnosti v předškolním vzdělávání. Praha: Josef Raabe. ISBN 978-80-86307-95-4.

KELLOMAKI, S., KARJALAINEN, T., MOHREN, F., LAPVETELAINEN, T. 2000. Expert Assessments of the Likely Impacts of Climate Change on Forests and Forestry in Europe. *European Forest Institute: Connecting Knowledge to Action*. Finland: EFI, 2021. https://efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2018/proc34_net.pdf

KEMEL, M. 1996. Klimatologie, meteorologie, hydrologie. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT. ISBN 80-01-01456-8.

KŘÍŽ, H. 1983. *Hydrologie podzemních vod: vysokoškolská učebnice pro studenty přírodovědeckých fakult vysokých škol*. Praha: Academia.

Kvapka Rajeckej doliny n.o. 2022. Kofola ČeskoSlovensko a.s. <http://www.kvapkarajeckej.sk/>

LESY ČR. 2023. <https://lesy.cz/>

LESY SR. 2023. <https://www.lesy.sk/>

MA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005. Ecosystems and Human Wellbeing: Scenarios. Island Press, Washington, DC. <https://millenniumassessment.org/en/index.html>

MÁCHAL, A., NOVÁČKOVÁ, H., SOBOTOVÁ, L. 2012. Úvod do environmentální výchovy a globálního rozvojového vzdělávání: soubor učebních textů. Brno: Lipka – školské zařízení pro environmentální vzdělávání. ISBN 978-80-87604-01-4.

MAS Rajecká dolina. 2023. <https://www.masrajeckadolina.sk/o-nas/>

MPRV SR (Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky). 2023. *Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2022. Zelená správa*. Bratislava. ISBN: 978-80-8093-353-1. <https://www.mpsr.sk/zelena-sprava-2023/123---19005/>

MZE (Ministerstvo zemědělství). 2023. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2022: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic*. Ministerstvo zemědělství v nakladatelství

Lesnická práce. ISBN 978-80-7434-703-0. <https://eagri.cz/public/portal/-a30268---rWtfkOZD/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho-hospodarstvi-ceske-republiky-v-roce-2022-strucna-verze>

MZE (Ministerstvo zemědělství). 2024. *Strategický plán společné zemědělské politiky 2023-2027. Environmentální opatření rozvoje venkova od roku 2023.* <https://eagri.cz/public/portal/-q305163---F6QBENDO/informacni-brozura-environmentalni?linka=a566514>

MŽP (Ministerstvo životního prostředí). 2020. *Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR.* [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie/\\$FILE/OEOK-Adaptacni_strategie-20151029.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie/$FILE/OEOK-Adaptacni_strategie-20151029.pdf)

MŽP (Ministerstvo životního prostředí). 2021. *Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR: 1. aktualizace pro období 2021–2030.* [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie/\\$FILE/OEOK_Narodni_adaptacni_strategie-aktualizace_20212610.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie/$FILE/OEOK_Narodni_adaptacni_strategie-aktualizace_20212610.pdf)

NERUDA, J., SIMANOV, V. 2006. *Technika a technologie v lesnictví.* V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-715-7988-2

OLIVA, J., SIXTA J. (2001). *Lesnická politika (Texty přednášek pro lesnickou fakultu ČZU v Praze).* Hradec Králové.

PORTER, J.R., XIE, L., CHALLINOR, A.J., COCHRANE, K., HOWDEN, M.S., IQBAL, M.M., LOBELL, D.B., TRAVASSO, M.I. 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Rajec. 2022. <https://rajec.com/rajECKa-dolina/>

RIGBY, M. et al. 2008. Renewed growth of atmospheric methane. *Geophys. Res. Lett.*, 35, L22805.

RUDA, A. 2014. *Klimatologie a hydrogeografie pro učitele.* https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pdf/ps14/fyz_geogr/web/skripta/klimatologie_hydrogeografie.pdf.

SEQUENS, J. 2007. *Hospodářská úprava lesů: Souhrn.* Praha. https://katedry.czu.cz/storage/3844_Souhrn_HUL.pdf.

SCHNEIDER, J., HOLUŠOVÁ, K. 2016. *Ekosystémové služby a funkce lesů.* Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7509-469-8.

Slovník cizích slov. 2022. Ostrava: ABZ knihy. <https://slovník-cizich-slov.abz.cz/>

SMITH P., M. BUSTAMANE, H. AHAMMAD, H. CLARK, H. DONG, E.A. ELSIDDIG, H. HABERL, R. HARPER, J. HOUSE, M. JAFARI, O. MASERA, C. MBOW, N.H. RAVINDRANATH, C.W. RICE, C. ROBLEDO ABAD, A. ROMANOVSKAVA, F. SPERLING, and F. TUBIELLO. 2014. *Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working*

Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter11.pdf

SOBÍŠEK, B. et al. 1993. *Meteorologický slovník výkladový a terminologický*. Academia, Ministerstvo životního prostředí České republiky, Praha, 1993. ISBN 80-85368-45-5.

SVOBODA, J. DOHNANSKÝ, T., KOTEK, K. LIDICKÝ, V. MORÁVEK, F., et al. 2015. *Program trvale udržitelného hospodaření v lesích*. Hradec Králové: Lesy České republiky, s.p. ISBN 978-80-86945-27-9.

ŠOP SR. 2023. <https://www.biomonitoring.sk/CMS/Publication/Detail/40>

TARBOTON, D. G. RAINFALL-RUNOFF PROCESSES. 2003. <https://hydrology.usu.edu/rrp/pdfs/RainfallRunoffProcesses.pdf>.

TRIZNA, M. 2004. *Klimageografia a hydrogeografia*, 1. vydání. Bratislava: Geografika.

TRNKA, M., ŽALUD, Z., HLAVINKA, P., BARTOŠOVÁ, L. a kol. 2015. *Doposud pozorované změny v atmosféře a biosféře*. Klimatická změna. Brno: Czech Globe

UNMZ (Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví). ČSN 73 6108. 2016. *ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA: Lesní cestní síť*. https://www.cmadz.cz/aktuality/files/1458303301_CSN_73_6108_-_konecny_navrh_4_s_prijatymi_upravami.pdf

VAĽO, Š. 2015. *povodne.sk / Klimatické zmeny, príčiny a opatrenia – dokumentárny film*. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=hzakXQXb9G4>

VAĽO, Š. 2018. *Povodne.sk: Povodne a suchá, dva problémy s jedným riešením* [online]. Košice: Štefan Vaľo, 2021. <https://povodne.sk/sk/>

VRTÍŠKOVÁ, L. 2006. *Stav životního prostředí v jednotlivých krajích České republiky*. MŽP. ISBN 80-7212-495-5.

VÚV (Výzkumný ústav vodohospodářský). 2016. *Odtokové poměry povodí: Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice*. Praha. https://www.vodavkrajine.cz/sites/default/files/vystup/odtokove_pomery_povodi.pdf

VÚV. 2018. *KATALOG PŘÍRODĚ BLÍZKÝCH OPATŘENÍ PRO ZADRŽENÍ VODY V KRAJINĚ*. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka. https://suchovkrajine.cz/sites/default/files/vystup/p1_katalog_opatreni_0.pdf

Vyhláška č. 433/2001 Sb., *kterou se stanoví technické požadavky pro stavby pro plnění funkce lesa*

Vyhláška č. 83/1996 Sb. *o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů*

Vyhláška č. 84/1996 Sb., *o lesním hospodářském plánování*

VYSKOT, I., KUPEC, P., SCHNEIDER, J., ŠPAČEK, F. 2001. Evaluation and classification of floodplain forest functions as a base of management. International conference „Management of Floodplain Forests in S. Moravia, Proceedings“ ISBN 80-7157-491-0

VYSOUDIL, M. 2013. *Základy fyzické geografie 1: Meteorologie a klimatologie*. Olomouc. ISBN 978-80-244-3892-4.

Zákon č. 289/1995 Sb. o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon)

ZLATUŠKA, K. 2020. *Technická doporučení pro projektování lesní dopravní sítě*. Praha: Ministerstvo zemědělství. ISBN 978-80-7434-556-2.

ZORD (Združenie obcí Rajecká dolina). 2023. <http://www.zord.sk/>