

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA PLÁNOVÁNÍ KRAJINY A SÍDEL



Význam vodní eroze při blokování sukcese na výsypkách

-

Impact of water erosion on succession on mine dumps

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Jana KALIBOVÁ, Ph. D.

Diplomat: Bc. Jan ZÁBOJNÍK

2023

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jan Zábojník

Regionální environmentální správa

Název práce

**Význam vodní eroze při blokování sukcese na výsypkách**

Název anglicky

**Impact of water erosion on succession on mine dumps**

---

### Cíle práce

Cílem práce je rešeršní formou shrnout faktory, které mohou blokovat sukcesí na výsypkách, a na konkrétní lokalitě hnědouhelného lomu ČSA zhodnotit vývoj vegetačního krytu a rýhové eroze v horizontu několika let.

### Metodika

Literární rešerše pokryje problematiku povrchové vodní eroze a sukcese na rekultivovaných plochách.

Z dostupných zdrojů poskytnutých především těžební společností bude zpracován popis zájmového území, včetně vazby na proces rekultivace dotčené výsypky. Nad leteckými snímky z minulých let bude v prostředí ArcGIS provedena vektorizace erozních rýh a vegetace a srovnáno jejich zastoupení v jednotlivých letech. Následně budou diskutovány příčiny změn ve vývoji zkoumaných jevů.

**Doporučený rozsah práce**

dle Nařízení děkana č. 2/2020 – Metodické pokyny pro zpracování diplomové práce na FŽP

**Klíčová slova**

půda, eroze, erozní ohroženost, sukcese, lom ČSA

---

**Doporučené zdroje informací**

- Prach K., 1999: Výzkum sukcesních pochodů v opuštěných těžebních hornin, zejména vápenců a čedičů, ve zvlášť chráněných územích a na opuštěných zemědělsky využívaných plochách, Botanický ústav AV ČR, Praha, 26 s.
- Štýs S. a kol., 1981: Rekultivace území postižených těžbou nerostů. Nakladatelství technické literatury, Budapešť, 678 s.
- Toy T. J., Foster G. J., Rerand K. G., 2002: Soil erosion: processes, prediction, measurement and control. John Wiley and Sons, New York, 341 s.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2022/23 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Jana Kalibová, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra plánování krajiny a sídel

---

Elektronicky schváleno dne 27. 1. 2023

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 2. 2. 2023

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 25. 03. 2023

### **Čestné prohlášení**

*Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Význam vodní eroze při blokování sukcese na výsypkách“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jany Kalibové, Ph.D. a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.*

*Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.*

*Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.*

*Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.*

*V Sokolově dne 18. 3. 2023*

.....

## **Poděkování**

*Rád bych především poděkoval vedoucímu své diplomové práce paní Ing. Janě Kalibové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky při zpracování práce. Dále děkuji panu Ing. Petru Stanislavovi a paní Ing. Ingrid Jarošové za odborné konzultace a poskytnutí studijních materiálů ke zpracování této práce.*

*Na závěr děkuji své rodině za trpělivost a podporu, kterou mi věnovali po dobu mého studia.*

*V Sokolově dne 18. 3. 2023*

.....

## **ABSTRAKT**

Těžba nerostných surovin představuje zásadní zásah do krajiny, který je po skončení těžby kompenzován rekultivacemi. Jedním z typů rekultivací je ponechat plochy samovolné sukcesi. Již bylo prokázáno, že sukcesní formou může docházet ke vzniku biologicky cenných lokalit. Eroze však významně ovlivňuje vývoj rekultivovaných ploch. Zda se jedná o vliv pozitivní či negativní, dosud nebylo jednoznačně prokázáno.

Předkládaná práce se věnuje vlivu erozního procesu na sukcesní vývoj post-těžební krajiny. V rešeršní části jsou na základě odborné literatury vymezeny erozní procesy a sukcese a představena zájmová lokalita na lomu ČSA.

Praktická část porovnává projevy erozního působení povrchového odtoku na třech rekultivovaných svazích lomu ČSA, které se nachází v Mostecké uhelné pánvi v České republice (dále ČR). Vyhodnocení probíhalo v prostředí ArcGIS. Na základě leteckých snímků lokalit byla vyhodnocena změna výskytu erozních rýh a ploch krytých vegetací mezi roky 2019 a 2022.

Výsledky diplomové práce prokazují významný dopad erozního procesu na vývoj vegetačního pokryvu studijních ploch již zrekultivovaných území. Intenzita erozního procesu roste s rostoucím sklonem svahu, což se promítlo i do vývoje vegetace. Plochy s nejvyšší sklonitostí vykazují největší dynamiku sukcesního vývoje.

### **Klíčová slova**

Půda, eroze, erozní ohroženost, sukcese, lom ČSA.

## **ABSTRACT**

Mining of mineral resources represents a fundamental interference in the landscape, which is compensated by reclamations after the mining is finished. One of the types of reclamation is to leave the areas to spontaneous succession. It has already been proven that the succession form can lead to the creation of biologically valuable sites. Erosion, however, significantly affects the development of reclaimed areas. Whether this influence is positive or negative has not yet been unequivocally proven.

The submitted work deals with the influence of the erosion process on the succession development of the post-mining landscape. In the research part, erosion processes and successions are defined on the basis of professional literature, and an interest site at the ČSA quarry is presented.

The practical part compares the effects of the erosion effect of surface runoff on three reclaimed slopes of the ČSA quarry on Mosteck in the Czech Republic. The evaluation took place in the ArcGIS environment. Based on aerial photos of the sites, the change in the occurrence of erosion grooves and areas covered with vegetation between 2019 and 2022 was evaluated.

The results of the thesis demonstrate a significant impact of the erosion process on the development of the vegetation cover of the study areas already reclaimed. The intensity of the erosion process increases with increasing slope, which was also reflected in the development of vegetation. Areas with the highest slope show the greatest dynamics of succession development.

### **Key words:**

Soil, erosion, erosion vulnerability, succession, CSA quarry.

## OBSAH

1	Úvod .....	1
2	Cíl práce .....	3
3	Literární rešerše .....	4
3.1	Eroze .....	4
3.1.1	Pojem eroze .....	4
3.1.2	Druhy eroze .....	5
3.1.3	Příčiny a důsledky druhů erozí .....	7
3.1.4	Metody měření intenzity eroze .....	14
3.2	Těžba a obnova krajiny, rekultivace .....	16
3.2.1	Těžba v krajině .....	16
3.2.2	Rekultivace .....	16
3.2.3	Ekologie obnovy .....	18
3.3	Sukcese .....	19
3.3.1	Pojem sukcese, typy sukcese .....	20
3.3.2	Klimax .....	21
3.3.3	Přirozená a řízená sukcese .....	21
3.3.4	Životní strategie rostlin a živočichů .....	22
3.3.5	Legislativní pozadí využití sukcese .....	24
4	Metodika .....	26
4.1	Popis zájmového území – Lom ČSA .....	26
4.1.1	Geomorfologie, geologie, a pedologie .....	28
4.1.2	Klima .....	29
4.1.3	Hydrologie lomu .....	29
4.1.3	Popis posuzovaných ploch .....	29
5	Výsledky .....	32
5.1	Studium posuzovaných území .....	32
5.2	Zpracování dat a statistické vyhodnocení .....	35
5.3	Grafické výstupy jednotlivých území .....	37
5.3.1	Posuzované území 1 .....	37
5.3.2	Posuzované území 2 .....	38
5.3.3	Posuzované území 3 .....	39
6	Diskuse .....	40
7	Závěr .....	42
8	Přehled literatury a použitých zdrojů .....	43
8.1	Literatura .....	43



8.2	Internetové zdroje.....	48
8.3	Ostatní zdroje - rozhovory.....	50
9	Seznam použitých obrázků, rovnic a příloh .....	51
9.1	Seznam obrázků a grafů .....	51
9.2	Seznam rovnic.....	51
9.3	Seznam příloh .....	51

## **Použité zkratky:**

ArcGIS – program pro prostorovou analýzu dat a jejich správu

ČSA – lom Československé armády

DGN - datový formát pro uložení technické dokumentace

DPZ - Dálkový průzkum země

GIS – Geografický informační systém

MODIS - družicové systémy k pořizování družicových snímků

MUSLE - Modified Universal Soil Loss Equation, tj. upravená univerzální rovnice ztráty půdy

N – prvek dusík

P - prvek fosfor

PUPFL - pozemky určené k plnění funkcí lesa

RUSLE - Revised Universal Soil Loss Equation, tj. revidovaná univerzální rovnice ztráty půdy

TTP- trvalý travní porost

USLE - Universal Soil Loss Equation, tj. univerzální rovnice ztráty půdy

# 1 Úvod

Geologická rozmanitost planety Země umožňovala lidstvu již od pravěku intenzivní využívání nerostného bohatství. Získávání tohoto bohatství, nejčastěji formou těžby a jejich následné zpracování, patřily k prvním významným aktivitám člověka. Člověk soustředil svoji pozornost v průběhu dějin na různé komodity, jako příklad podloží železné rudy, vápence, písky, drahé kovy, kaolín, uhlí. Mnohem později, především v 19. století, těžba dokonce ovlivnila průmyslovou revoluci budováním hutí, sléváren, strojírenských závodů a velkolomů.

Posledně jmenovaný fenomén způsobu získávání nerostného bohatství je nenávratně spojen se zásahem do krajiny a jejím přetvářením, které vede k vytváření nových antropogenních útvarů (hald, odvalů, výsypek, lomů). Tyto jmenované útvary jsou velkým zásahem do krajiny a působí vážnou destrukci základních složek přírodního systému. Na druhou stranu nám po ukončení těžby vznikají nové prostory, které jsou velmi významné pro osidlování novými organismy. Tyto postindustriální lokality se stávají stanovišti mnoha chráněným druhům rostlin a živočichů, čímž se tyto lokality stávají významnými přírodními celky a chráněným územím (Zábojník, 2018).

Nejvíce rozšířeným druhem půdní degradace v České republice je vodní eroze. Z dlouhodobého hlediska lze zkoumat a hodnotit jednotlivé erozní události. K hodnocení těchto procesů využíváme geografických informačních systémů (GIS) a výstupů dálkového průzkumu Země. K získávání těchto dat pro systém GIS jsou dnes hojně využívány bezpilotní prostředky, které poskytují relativně levné a snadné získávání dat, např. ortofoto snímky a digitální modely terénu.

Na hnědouhelných výsypkách a v lomech začíná regenerace krajiny tzv. primární sukcesí, kterou Prach a Walker (2019) vysvětlují jako vývoj společenstva na nově vzniklém území, například na rumištích, smetištích, výsypkách a odvalech z těžby nerostů. Sukcesní řady jsou dále popsány v kapitole Sukcese. Na hnědouhelných výsypkách a v lomech začíná primární sukcese, neboť nadložní zemina (substrát) vykazuje minimální diaspory a je velmi chudá na živiny.

Tato zcela holá zemina poskytuje azyl mnoha vzácným rostlinám a živočichům v ranně sukcesních stádiích. Pro průběh dalšího osidlování a utváření konečné formy společenstva je důležitá skupina r-strategických jednoletých a dvouletých druhů (jedná se o druhy specifické rychlosti růstu, které se rychle rozmnožují a obsazují narušená stanoviště, ale mají krátký životní cyklus), které jsou následně nahrazovány

K- strategy (jedná se o druhy, kdy jejich populační hustota se pohybuje kolem nosné kapacity prostředí, vytlačují r-strategy). Více v kapitole Životní strategie živočichů a rostlin.

Obnova území narušené těžbou nerostných surovin je jednou z mnoha činností, kde se využívá přirozených procesů spontánní sukcese, která může být mnohdy usměrňována či blokována nebo i vracena do ranějších stádií (Jongepierová a kol., 2012).

Některé výsypky byly v minulosti ponechány bez jakéhokoliv zásahu, ale převážná část výsypek je dnes technicky rekultivováno. Výhodou rekultivací, např. lesnických, zemědělských či hydrických, je relativně rychlé využití rekultivovaných ploch. Tyto rekultivace se převážně využívají v místech ohrožených erozí nebo k sportovnímu či rekreačnímu využití. Z hlediska obnovy krajiny lze konstatovat, že technické rekultivace jsou mnohdy negativní a velmi drahou záležitostí, neboť většina výsypek má potenciál pro přírodě blízkou obnovu (Prach a kol., 2008). Především v rekultivační praxi by měla být zastoupena přírodě blízká obnova propojená s vhodnou kombinací jednotlivých způsobů revitalizace post-těžebních ploch, kterými můžeme vytvářet naprosto odlišné typy prostředí, ve kterých bude zvyšována biodiverzita v těsné blízkosti lidských sídel.

Nejlevnějším a nejjednodušším způsobem obnovy je z mnoha důvodů spontánní sukcese. Začíná v podstatě okamžitě po nasypání zeminy a vytváří kompaktní vegetační kryt, na kterém mohou vznikat velmi cenné biotopy. Tyto lokality následně poskytují vynikající útočiště vzácným druhům. Tuto sukcesi můžeme v odůvodněných případech různým způsobem usměrňovat, blokovat či vracet zpět. Sukcesi lze usměrňovat například občasným výřezem křovin či likvidací invazních rostlin, optimální by ve většině případů byla i extenzivní pastva. Za ideální bychom mohli považovat stav, kdy se předem se spontánní sukcesí počítá a v průběhu plánování a těžby jsou již cíleně vytvářeny k tomu potřebné podmínky (Prach a kol., 2008).

Motivací ke zpracování diplomové práce na téma Význam vodní eroze při blokování sukcese na výsypkách je potřeba zodpovědět mnohé otázky. Je zapotřebí zdokumentovat a vyhodnotit, proč právě vodní eroze je častým faktorem ovlivňujícím průběh spontánní sukcese a případně navrhnout opatření vedoucí k jejímu usměrnění. Zejména nejsou prozkoumány všechny její projevy v různých přírodních podmínkách (jako jsou výsypky, kamenolomy, pískovny, odkaliště, těžebny jílu a těžebny rašeliny).

## 2 Cíl práce

Diplomová práce z části navazuje na autorovu bakalářskou práci “Výskyt eroze na výsypkách a přehled opatření na ochranu před erozí“ z roku 2018 a dále rozšiřuje poznatky o významnosti vlivu vodní eroze v prostředí aktivního povrchového hnědouhelného lomu ČSA, respektive na rekultivovaných plochách, kde byla těžba již ukončena.

Pomocí analýzy leteckých snímků v prostředí ArcGIS budou porovnány projevy erozního procesu a vývoj vegetačního pokryvu na svazích post-těžebních ploch. Cílem práce je zhodnocení vlivu eroze na vývoj vegetačního pokryvu a diskuse určující faktory blokace sukcese.

Přínosem práce je vznik podkladů k tématu vlivu vodní eroze na vývoj ploch ponechaných spontánní sukcesí. Na základě této práce může dojít ke dvojímu závěru - vliv vodní eroze je žádoucím či nežádoucím faktorem pro vývoj post-těžební krajiny, a to s možným kladným, ale i záporným přínosem pro ekologickou obnovu.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Eroze

#### 3.1.1 Pojem eroze

Slovo „eroze“ je původně odvozeno od slova „erodere“, neboli rozhlodávat. Erozi se podle Janečka a kol. (2008) rozumí rozrušování litosféry, respektive pedosféry, a jedná se o komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných půdních částic působením vody, větru, ledu apod. Proces eroze je přirozený jev, který je způsoben činností přírodních vlivů, při kterém dochází k narušování celistvosti povrchu půdy.

Erozi půdy je zasažená především zemědělská půda, kdy se mění fyzikálně-chemické vlastnosti půd, zvyšuje se šterkovitost, způsobují ztrátu živin, humusu, osiva, sadby a v neposlední řadě je ztížená manipulace strojů.

Řada typů půd je proti přirozené erozi chráněna vegetací a zpevněna kořenovými systémy. Především neodbornou činností člověka se mohou různé typy erozí urychlit např. rozoráváním svažitéch ploch, odlesňováním, pěstováním nevhodných plodin, nadměrnou pastvou, těžbou nerostných surovin (Braniš, 2004, podle Zábojník, 2018).

Nejvýznamnějším projevem eroze je snižování přirozené úrodnosti půdy, která může vést až k úplné devastaci především zemědělské půdy. Hrozbou zvýšené eroze jsou i přívalové deště, které se vyznačují značnou erozní silou a unášející schopností, která má negativní vliv na vodohospodářské poměry v povodí. Vlivem přívalových dešťů dochází k velmi značným materiálovým škodám na komunikacích, lidských obydlích a vodních tocích (Slavík, 2000, podle Zábojník, 2018).

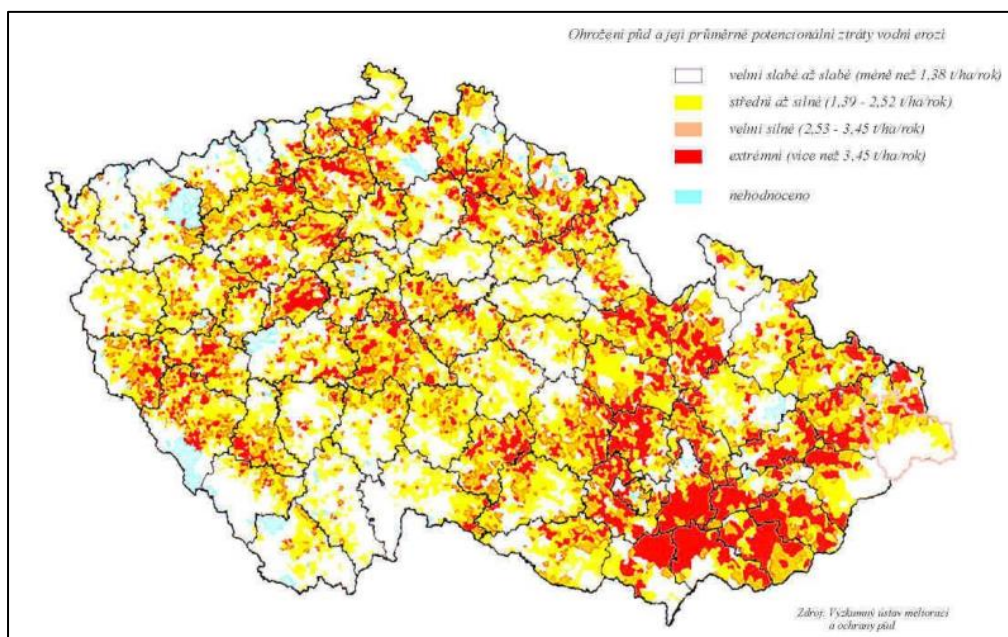
S působením eroze se potýkáme i v lomech, kde v důsledku působení především vodní eroze dochází ke svahovým pohybům. Jsou zapříčiněné konvexními či konkávními tvary skrývkové zeminy či hlušiny a nestabilitou podloží. Výsypky mohou být vnější nebo vnitřní, jež jsou plněny s postupující těžbou. V lomech se můžeme setkat i s negativními vlivy větrné eroze, která je zapříčiněna nadměrným prosycháním půdního substrátu, jenž není nikterak chráněn. Konkávními tvary se vyznačují hluboké jámové lomy, kde na prudkých svazích dochází působením vodní eroze k svahovým pochodům. Ty mohou být občasné či trvalé. Zmiňované pochody jsou zapříčiněné vodními toky, které jsou svedené do vnitřního prostoru tělesa, při nichž dochází k rozbrázdění stěn (Kovář, 2009).

### 3.1.2 Druhy eroze

#### Vodní eroze

Vodní eroze se vyskytuje na území ČR, ale i v mnoha dalších státech světa. Je nejvýznamnějším erozním procesem. Rozsah a výskyt půd ohrožených v ČR vodní erozí shrnuje Obr. 1. Vodní erozí je ohroženo téměř 60 % cenné zemědělské půdy, což je polovina území ČR, kdy nejohroženější oblastí je jihovýchodní Morava. Je to zapříčiněno velkým množstvím svažitých polí, z nichž jsou při příválových deštích a tání sněhu odnášeny nejcennější organické hmoty. Větrnou erozí je ohroženo kolem 14 % zemědělské půdy, přičemž nejvíce je ohrožena jihovýchodní část Moravy, Litoměřicko a Lounsko. Příčinou vzniku větrné eroze jsou nadměrné velikosti pozemků, chybějící větrolamy, uměle vysazované aleje a absence remízků.

Vodní eroze se definuje jako komplexní přírodní proces, který je vyvolán kinetickou energií dopadajících kapek a unášecí silou povrchově stékajících vod. Dešťové kapky dopadající na povrch půdy vlivem kinetické energie rozrušují půdní agregáty na malé částice a tyto uvolněné půdní částice jsou pak unášecí silou povrchově stékající vody (dále jen povrchový odtok) odnášeny až do doby, kdy dojde ke snížení kinetické energie proudu a sedimentaci půdních částic. Pokles unášecí síly je nejčastěji způsoben poklesem objemu povrchového odtoku nebo snížením sklonu svahu. Pro vodní erozi je směrodatná kinetická energie proudu, ale i velikost unášených částic (Dufková, 2007, podle Zábajník, 2018).



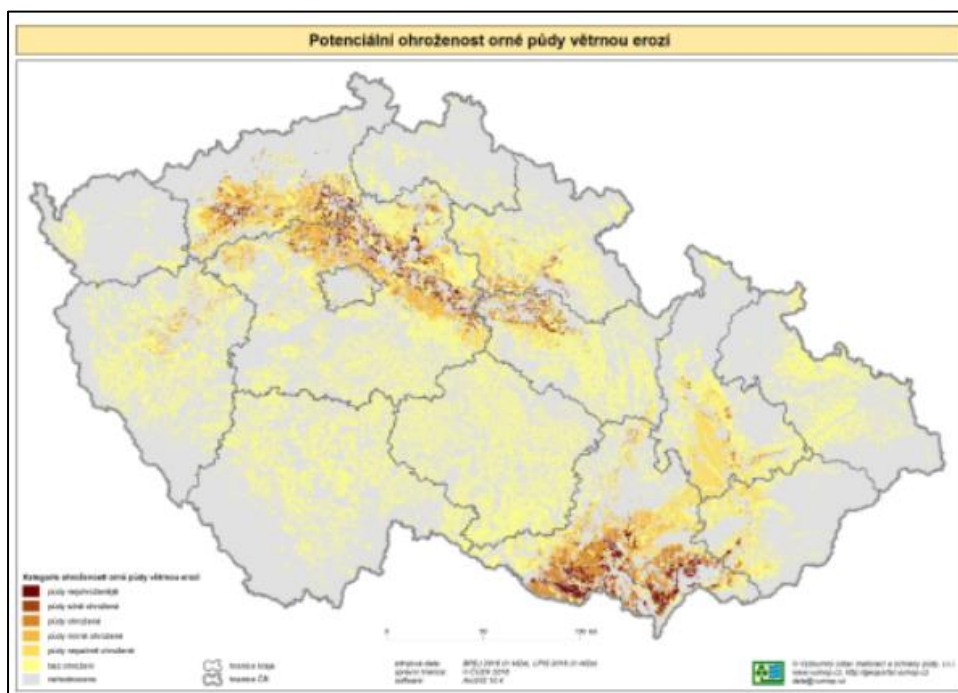
Obr. 1: Ohrožení půd a její průměrné potenciální ztráty vodní erozí

Zdroj: Ministerstvo zemědělství ©2009-2023

## Větrná eroze

Větrná eroze je přírodní jev, při kterém dochází působením větru na reliéf povrchu půdy a svou mechanickou silou rozrušuje povrch terénu a uvolňuje půdní částice. Uvolněné částice se transportují na různou vzdálenost, kde jsou posléze ukládány zpět na zemský povrch. Škodlivost větrné eroze je především v rozrušování, odnosu a nánosu uvolněných částic na jiné místo. Pohyb, průběh a intenzita větrného působení je závislá především na síle větru, frekvenci směrů větrů, charakteru a fyzikálních vlastnostech podloží a vegetací, které toto území pokrývá (Buzek, 1983; Novotný, 2014 podle Zábojník, 2018).

Během procesu dochází ke kombinaci těchto faktorů, které mají za následek změnu půdního povrchu (Shao, 2008). Rozsah a výskyt půd ohrožených v ČR větrnou erozí shrnuje Obr. 2. Z tohoto obrázku je zřejmé, že nejzávažněji jsou poškozené lokality s nejúrodnější půdou (Polabí, jižní Morava). Poškození spočívá ve ztrátě ornice, zhoršování fyzikálních i chemických vlastností půdy a zvýšená prašnost.



Obr. 2: Potenciální ohrožení zemědělské půdy větrnou erozí

Zdroj: Ministerstvo zemědělství ©2009-2023



### **Ledovcová eroze**

Ledovcová eroze je způsobena gravitačními silami, při kterých se ledovec pod svou tíhou pohybuje do údolí. Pohybující se masa ledu před sebou, na bocích, ale i naspodu hrne, drtí, obrušuje a vyhlazuje skalní podloží. Zvětralé horniny jsou unášeny do nižších poloh, kde se ukládají a tvoří tzv. morény. Tyto morény tvoří významnou součást splavenin horských potůčků.

Ledovcová eroze se v současnosti v našich klimatických podmínkách nevyskytuje (Holý, 1994, podle Zábojník, 2018).

### **Sněhová eroze**

Sněhová eroze vzniká při sesuvu sněhových lavin. Je způsobena gravitačními silami při pohybu sněhu. Při velkých tlacích a rychlostech sněhu se uvolňuje zvětralý horninový a zemský materiál, který se uloží na úpatí pohybující se hmoty sněhu. Výskyt a projev sněhové eroze v podhorských oblastech je vyvolán pomalým pohybem vrstvy sněhu po neumrzlém půdním povrchu při jarním tání (Dvořák, 1994, podle Zábojník, 2018).

### **3.1.3 Příčiny a důsledky druhů erozí**

Erozní procesy vznikají působením přírodních a antropogenních činitelů. Činitelů, jenž ovlivňují jak průběh, tak i intenzitu eroze, je mnoho, avšak nejdůležitější a nejpodstatnější jsou:

- *“relief území (spád, délka, tvar svahu) - při rostoucí délce svahu a dlouhodobém trvání deště se intenzita eroze zvyšuje, výrazným faktorem je i tvar a sklon svahu, jižní a západní svahy jsou ovlivňovány rychlejším táním sněhu, vymrzáním vegetace a intenzivnějším rozrušováním půdního profilu;*
- *geologický podklad půd (kámen, hlína, písek) - jsou zásadní a určující odolnost půdy proti destrukčním účinkům dešťových kapek, povrchového odtoku a transformaci půdních částic. Nejvíce náchylné jsou půdy s vysokým obsahem písčitéch částic;*
- *odolnost půdy proti erozi (fyzikální a chemické vlastnosti) - je dána texturou, strukturou, obsahem organické hmoty a vlhkostí. Tyto vlastnosti jsou zásadní pro velikost a časový průběh infiltrace vody do půdy a ovlivňující povrchový odtok;*

- *klimatické podmínky (podnebí) - jsou dány dlouhodobým bezesrážkovým obdobím, rychlostí a směrem větru, teplotou a vlhkostí vzduchu;*
- *obdělávání půdy (terénní poměry) - vhodné hospodářsko-technické poměry jsou charakterizované užíváním a obhospodařováním zemědělské půdy, rozhodující jsou vhodně zvolené osevnické postupy, příčná orba a příčné řádkování plodin;*
- *vegetační kryt (pole, louka, les) - je zásadní pro rozrušování a splachování půdních částic. Vegetační kryt zmírňuje a zamezuje přímý dopad dešťových kapek na půdu a podporuje vsakování vody do půdy” (Kluibr, 2010, podle Zábojník, 2018).*

Nelze však jednotlivé činitele nějak vyzdvihovat. Erozi vždy způsobuje více faktorů, přičemž může být jeden převládající a rozhodující v průběhu účinnosti eroze (Janeček a kol., 2012, podle Zábojník, 2018).

V minulosti byly podmínky pro výskyt půdní eroze na přijatelné úrovni, a to díky zachování hydrografických a krajinných prvků. Intenzifikace zemědělské výroby a urbanizace v minulosti zapříčinilo hojnější výskyt půdní eroze i záplav (Schmidt, 2000; Zábojník, 2018).

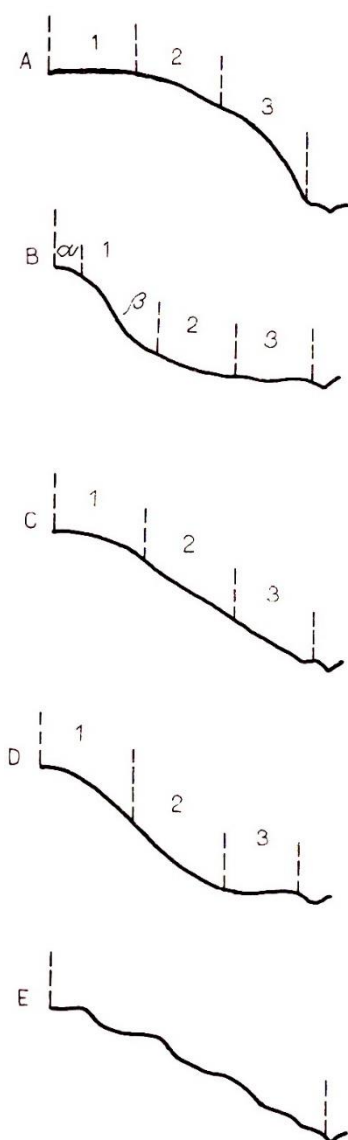
Na vznik vodní eroze na konkrétním pozemku mají vliv environmentální podmínky. Tyto podmínky se skládají z morfologických, hydrologických, klimatických, geologických faktorů. Kombinace těchto faktorů má za následek vznik, průběh a intenzitu eroze (Toy a kol., 2002; Zábojník, 2018).

Morfologickými činiteli jsou sklony území, délky a tvary svahů. Kombinací velkého sklonu a délky svahu se intenzita erozního procesu zvětšuje. Dochází k nebezpečnému rozrušování povrchu půdy v místě, kde se plošný povrchový odtok mění v soustředěný odtok, při kterém vzniká výmolová eroze. Vliv na průběh eroze má i tvar a expozice svahů. Tvary svahů se dělí na vypuklé, vyduté, přímé, vypuklo-vyduté a kombinované (viz. Obr. 3). Průběh a intenzita erozních procesů je na vypuklých největší a na vydutých nejmenší, přičemž je důležitá expozice svahu. Na jižních a západních svazích dochází k rychlejšímu tání sněhu a tím je zvýšený povrchový odtok, který způsobuje intenzivnější rozrušování půdního povrchu, rychlejšímu vysychání a rozkladu organických látek, což má za následek menší soudržnost půdy a větší náchylnost k erozi (Holý, 1994, podle Zábojník, 2018).

Lomy a výsypky jsou v průběhu těžby ovlivňovány morfologickými, přírodními a antropogenními činiteli. V prostředí lomů a výsypek se převážně jedná o tvary lomových těles a tvary výsypek. Důležitou úlohu hrají i nestabilně sypané skrývkové zeminy a nestabilní podloží. Důsledkem působení těchto činitelů substrátu dochází k sesuvům či pohybům těžebních a výsypkových těles (Kovář, 2009).

Těžařské společnosti v průběhu dobývání nerostných surovin, ve své podstatě nikterak zásadně neřeší ovlivňování či působení vodní eroze na tvary výsypkových těles a unášení skrývkové zeminy, neboť části výsypek po ukončení těžby prochází rekultivacemi, kde je prvotně posuzováno, o jakou rekultivaci a za jakým účelem bude následné území využito. Hlavním a zásadním hlídaným aspektem pro dobývání je odvodnění tělesa lomu, tak i výsypek, aby bylo eliminováno riziko sesuvu půdy v hlavním dobývacím prostoru či nechtěné pohyby výsypkových těles. V případě, že dobývací či výsypkové těleso je ohroženo například sesuvem svahů nebo pohybu skrývkových zemin, je toto řešeno dlouhodobým monitoringem pohybu či sanací výsypky (Jan Ráž, VII. 2017, in verb., podle Zábojník J., 2018).

Obr. 3: Tvary svahů podle Holého (1994):



U vypuklého svahu (viz Obr. 3A) je v horní části malá pravděpodobnost rozvinutí erozních procesů, ale na střední části vzrůstá sklon i délka svahu. Sklon a délka svahu má nejvyšší hodnotu v dolní části, kde jsou erozní procesy v maximální intenzitě.

U vydutého svahu (viz Obr. 3B) rozhoduje o intenzitě erozního procesu poměr mezi poklesem sklonu a růstem délky svahu. I při maximální délce svahu je materiál ukládán 3.

U přímého svahu (viz Obr. 3C) lze nejvyšší intenzitu erozních procesů očekávat v místě, kde tlak povrchově stékající vody stoupne k nejvyšší hodnotě.

Vypuklo-vydutý svah (viz Obr. 3D) má poměrně malý sklon v horní části, který se posléze zvětšuje ve střední části 2, kde lze očekávat nejvyšší hodnotu erozních procesů.

U stupňovitého svahu (viz Obr. 3E) se intenzita erozních procesů neustále mění. Důsledkem je střídání růstu, poklesu sklonu svahu a délkou svahu.

Hydrologické a klimatické poměry jsou pro každou zeměpisnou polohu zcela odlišné a závislé na teplotě ovzduší, poměru výparu, povrchovém odtoku, ročními a denními změnami, nadmořskou výškou, intenzitou převládajících větrů a intenzitou srážek.

V oblastech s nízkým výskytem srážek dochází ke ztrátám půdy především větrnou erozí. U pozemků s nadměrnou velikostí (u výsypek), které jsou holé bez diaspor, s nízkou dostupností živin, dochází ke značnému přehřívání a jsou tedy více náchylné k větrné erozi. Větrm jsou vyzvednuty a přeneseny na velké vzdálenosti nejmenší částičky půdy. Na povrchu erodované půdy zůstávají velké částičky půdy, které vítr neunesl.

Vliv větrné eroze na sukcesi můžeme pozorovat v podobě poškození půdy tzv. vyvátím, kdy dochází k obnažení kořínků vegetace, která následně hyne. O vlivu větrné eroze na sukcesi se zmiňují pouze okrajově, neboť není předmětem této diplomové práce (Janeček M. a kol., 2012).

V oblastech s vysokým množstvím srážek dochází k největším ztrátám půdy, jedná se o oblasti ve vyšších polohách, které díky růstu populačního tlaku jsou i tato území obdělávána (Goudie, Boardman, 2010, podle Zábojník, 2018). Z klimatických podmínek jsou rozhodující ovzdušné srážky (déšť, sníh), kdy povrchový odtok je závislý především na intenzitě, trvání a době výskytu. Katastrofální účinky mají krátkodobé přivalové srážky, neboť kinetická energie dešťových kapek má velkou intenzitu, při níž dochází k destrukci půdního povrchu a vlivem vyššího objemu srážek, než je infiltrační kapacita půdy, dochází k zvýšenému povrchovému odtoku (Jůva, Cablík, 1954, podle Zábojník, 2018).

Povrchový odtok se dělí na dva základní druhy podle podmínek, při kterých vzniká:

- a. **po překročení infiltrační kapacity půdy** – stav, kdy půda není zcela nasycena, ale rozhodující je, že intenzita srážek nebo tání sněhu překračují rychlost vsakování vody. V tomto případě může být půda i velmi vysušená.
- b. **při dosažení plného nasycení půdy** – stav, kdy se zcela vyplní volný prostor ve svrchním půdním profilu a voda se již nemá kam vsakovat a odtéká po povrchu. Tento stav může nastat i na půdách s velmi vysokou vsakovací schopností (Chábera, 1999).

Půdní a geologické poměry určují protierozní odolnost půdy. Půdní odolnost je charakterizována povahou půdotvorného substrátu, fyzikálním a chemickým složením, strukturou a texturou, druhem a typem půdy. Geologické poměry jsou dány druhem geologického podkladu, a to odolností obnaženého geologického podkladu při působení tekoucí vody a ovzduší, a nepřímo mají vliv na půdu. Půdní poměry mají vliv na množství infiltrace vody do půdy a její časový průběh a vliv na odolnost vůči působení dešťových kapek, účinnosti větrů. Infiltraci srážkové vody je závislá na textuře a struktuře půdy, její zvrstvení, vlhkost, obsah humusu a nasycenost. Posuzujeme-li vliv eroze na půdu, lze říci, že hrubě zrnité, písčité a hlinitopísčité půdy jsou více odolné, jelikož mají vyšší propustnost a hrubost, a tím jsou méně náchylné na splach vodou a větrem (Holý, 1994 a Jůva, Cablík, 1954, podle Zábojník, 2018).

Vegetační kryt a jeho složení má vysokou účinnost proti erozi. Kořenový systém půdy zpevňuje a nadzemní rostlinné kultury chrání půdu před přímým dopadem dešťových kapek, tlumí jejich energii. Chrání půdu proti promrzání, přímému působení větru, vysoušení, zmenšuje výpar vody z půdy a uchovává její vlhkost. Způsob využití půdy je především závislé na rozmístění kultur, osevním postupu, poloze a tvaru pozemku. Největší riziko eroze vzniká přeměnou lesních pozemků na zemědělské pozemky (Holý, 1994, podle Zábojník, 2018).

Důsledky vodní eroze se dělí do tří hlavních skupin:

- ztráta půdy;
- transport a sedimentace půdních částic;
- transport chemických látek.

Ztrátou půdy je nejvíce postiženo zemědělství, kde uvolňování a odnos částic probíhá ve velkém měřítku. Transport a sedimentace půdních částic uvolněné povrchově stékající vodou jsou ukládány na úpatí svahů, ale mohou být také transportovány vodou do hydrografické sítě, v níž tvoří splaveniny.

Transportem chemických látek převážně v období povodní jsou do toku přinášeny i toxické látky, aplikované při hnojení a ochraně rostlin (P, N), které jsou zdrojem eutrofizace, a tím je negativně ovlivňována kvalita vody (Pasák, 1984, podle Zábojník, 2018).

### **Příčiny větrné eroze**

Větrnou erozí je nejčastěji ohrožená půda s nízkou půdní vlhkostí, s nízkým obsahem jílnatých částic, a především půda bez vegetace (Pasák, 1970, podle Zábojník, 2018).

Erodovatelnost půdy větrem ovlivňována faktory, které se podle Slavíka (2000) dělí na:

- *“meteorologické faktory;*
- *půdní a geologické faktory;*
- *vegetační faktory;*
- *topografické faktory;*
- *lidské faktory.”*

U meteorologických faktorů je zejména rozhodující výskyt, směr a intenzita větrů. Taktéž erozi ovlivňuje teplota a vlhkost vzduchu, oslunění, srážky (vlhkost území). Se snížením vlhkosti půdy se eroze značně zvyšuje.

Dalšími faktory jsou půdní a geologické faktory, především se jedná o půdní strukturu a drsnost povrchu půdy. Velikost, tvar a mineralogické složení hraje důležitou roli v erodovatelnosti povrchu. Při větší drsnosti dochází ke ztrátě nejúrodnější části půdního profilu.

U vegetačních faktorů je nejdůležitější struktura vegetačního krytu. Půda bez vegetačního krytu není chráněná před přímým nárazem a rychlostí větru (Slavík, 2000, podle Zábojník, 2018). Taktéž významnou roli má délka nechráněného pozemku. Zvláště na jaře, kdy jsou nízké teploty, minimální srážky, ale i na podzim, kdy jsou lány polí bez vegetace, dochází ke zvýšenému výskytu větrné eroze (Janeček a kol., 2008, podle Zábojník, 2018).

Mezi topografické faktory řadíme především reliéf terénu a orientaci ke směrům převládajících větrů. Čím je větší délka plochy pozemku ve směru větru, tím je větší hrozba rozrušení půdy.

U lidských faktorů je rozhodující způsob hospodaření, využití půdního fondu, tvar a velikost pozemků, ale i jejich zavlažování (Slavík, 2000, podle Zábojník, 2018). Podle Janečka a kol. (2008) je velmi důležité správné hospodaření, tj. bezorebné setí, střídání výškově rozdílných plodin, kultivace a obdělávání půdy.

### **Důsledky větrné eroze**

Důsledky větrné eroze jsou velmi podobné jako u vodní eroze. Jedná se o poškození fyzikálních a chemických vlastností půd, zejména ztrátou ornice a s tím související snížení úrodnosti. Dochází k zanášení komunikací, příkopů a zvyšuje se prašnost ovzduší. Především prašnost ovzduší je velmi diskutovaným tématem v oblasti lidského zdraví, a tím spojené imisní limity (Zábojník, 2018).

### 3.1.4 Metody měření intenzity eroze

Mezi velmi časté metody kvantifikace erozních procesů patří modelování erozního smyvu. K predikci ohroženosti půdní erozí a její intenzity, můžeme jednotlivé metody hodnocení rozdělit podle několika faktorů. Metody ztráty půdy erozí se dělí na empirické a fyzikálně založené modely erozních procesů.

*„Empirické metody jsou založeny na statistickém vyhodnocení experimentálních dat z četných pokusů na experimentálních plochách v terénu nebo laboratorních“* (Batista et al., 2019). Výhodou je poměrně snadné získání vstupních dat a následný výpočet bez nutnosti použití výpočetní empirické metody. Empirické metody se častěji využívají k posuzování erozní ohroženosti na větších územních celcích a v delším časovém měřítku.

Nejpoužívanější empirické metody:

- a. USLE (Universal Soil Loos Equation) – univerzální rovnice, která se používá jako základní metoda k určování erozní ohroženosti neboli k výpočtu průměrné roční ztráty půdy na jednotlivých pozemcích (Rovnice 1).

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (\text{Rov.1})$$

Příčemž je průměrná dlouhodobá ztráta půdy ( $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ ) G, povrchový odtok (R faktor), erodovatelnosti půdy (K faktor), délka svahu (L faktor), sklonu svahu (S faktor), ochranného účinku vegetace (C faktor) a případných protierozních opatření (P faktor).

- b. RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) – vlivem vývoje erozních poznatků došlo v 90. letech k následnému upravení rovnice USLE, a to především k využití i na nezemědělské pozemky (staveniště). Jedná se o časové a prostorové zpřesnění hodnot v průběhu roku, kdy lze zahrnout předchozí využití pozemku či rýhovou erozi. Výhodou je jednoduchá implementace a kompatibilita s GIS a poměrně snadná dostupnost vstupních dat.
- c. MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) – jedná se o modifikovanou rovnici, která jako jediná počítá z množstvím splavenin z přívalového deště (Vysloužilová B., Kliment Z., 2012, podle Zábojník J., 2018).



Fyzikálně založené modely jsou fyzikálně orientované modely založeny na fyzikálním popisu erozních procesů, které nám vzhledem k rozvoji matematických simulačních metod a rozvoji počítačových technologií pomáhají se složitými výpočty. Hlavní výhodou těchto modelů je vysoká efektivita, která nám umožňuje v dlouhodobém měřítku levně a rychle zkoumat jevy na velkém počtu pozemků rozdílného hospodaření a půdní ochrany (Nearing a kol., 2011).

### **Kontaktní metody**

Ke kontaktním metodám jsou řazeny profilometry a erozní kolíky (Antonelli, Thomaz, 2016). Hodnoty míry eroze zjištěné kontaktními metodami jsou časově náročné a nadhodnocené (Žížala, Krása, 2016). Dumbrovský (2009) uvádí kontaktní metodu půdního erozního mostu, který lze využít k měření profilu povrchu půdy a následné kvantifikaci objemu erozních rýh vzniklých po silných srážkových událostech. Metoda umožňuje hodnocení délky, šířky i hloubky erozní rýhy a také kvantifikaci objemu. Nevýhodou kontaktních metod je především porušení povrchu půdy, avšak oproti metodám bezkontaktním jsou méně finančně náročné.

### **Bezkontaktní metody**

Jedním z vhodných způsobů sledování dlouhodobého působení eroze, ale také k hodnocení jednotlivých erozních událostí, je využití metod dálkového průzkumu Země (DPZ) (Halounová L., 2018), (Báčová, 2018, podle Kadlecová, 2018). K detekci škod na velkoplošných pozemcích je možné využití metody DPZ, k tomuto účelu slouží družicové a letecké snímky (Landsat, MODIS, QuickBird, ...), u menších území se pro monitoring škod používají spíše UAV a fotogrammetrie. Tyto metody jsou využívány k in-situ měření, slouží k monitoringu eroze (Báčová, 2018). Janeček a kol. (2008) uvádí, že prostřednictvím pozemních, leteckých a družicových snímků lze erodované plochy pozorovat a porovnávat za využití posunu v čase možností opakovaného snímkování. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena zařízení a náročné zpracování snímků (Žížala, Krása, 2016).

V současnosti se stále více upřednostňuje laserové skenování a fotogrammetrie (letecká geodetická metoda). Výhodou laserového skenování je větší přesnost vykoupená vysokou cenou a náročným sběrem dat (Dabek a kol., 2018). Pozemní fotogrammetrie je z důvodu přesnosti vhodným nástrojem pro monitoring erozního poškození (Žížala, Krása, 2016). UAV fotogrammetrie (využití dronů) je vhodnou metodou pro monitoring rozsáhlejších erozních útvarů a pozemků. Zásadní

proměnou z hlediska snímkování erozního poškození a pořizování dat je ve výšce náletu studovaného území (Báčová, 2018).

## 3.2 Těžba a obnova krajiny, rekultivace

### 3.2.1 Těžba v krajině

Těžba je typickou antropogenní činností dobývání nerostných surovin jako jsou např. uhlí, kámen, ruda, kaolin a jiné suroviny. Při této činnosti, kdy jsou čerpány zdroje pocházející z prostředí neživé pozemské přírody, dochází k významné změně vzhledu a charakteru krajiny. Tyto oblasti jsou označovány jako doly, lomy. Nejčastěji se přírodní zdroj získává z povrchových či podpovrchových těžebních lokalit. Těžební útvary jsou často vnímány jako krajiny poškozené či narušené těžbou a lidé mají tendenci srovnávat je s měsíční krajinou.

Ve své podstatě si můžeme těžbu představit jako destrukční činnost, při které dochází k odlesňování, destrukci biotopů a nepochybně ke ztrátě biodiverzity.

Na druhou stranu bylo mnoha výzkumy dokázáno, že nově vzniklé těžební útvary bychom neměli vnímat jen jako negativní zásah, ale i pozitivně. Vždy záleží na tom, o co jsme těžbou přišli a co nového nám těžba přinesla (Chuman, 2012).

Plochy devastované v souvislosti s povrchovou těžbou jsou již po svém vzniku osidlovány živými organismy, které jsou velmi jednoduchými společenstvy organismů. Lze tady říci, že jde o vývoj nové populace v čase, kdy konečnou fází je vznik ustáleného ekosystému (Odum, 1997). Dle Pracha (2020) se jedná o postupné nahrazování druhů a společenstev či vývoj ekosystému až po stav rovnováhy, označován jako klimax. (Prach, Walker, 2020).

### 3.2.2 Rekultivace

Pojem rekultivace můžeme vysvětlit jako efektivní způsob obnovy krajinného rázu, který byl zcela přeměněn následkem povrchové těžby, staveb, uzavírání skládek odpadů apod. Odborná literatura nám nabízí hned několik vysvětlení pojmu rekultivace. Čermák a kol. (1999, podle Zábojník J., 2018) uvádějí, že rekultivace je soubor opatření použitých na úpravu území, které bylo poškozeno přírodními nebo antropogenními vlivy.

Mezi dominantní faktory, které ovlivňují řešení a volbu rekultivace, patří podle Štýse (1990, podle Zábojník J., 2018):

**"A. ekologické faktory**

- a) nadmořská výška;
- b) klimatické poměry;
- c) hydrologické poměry;
- d) inklinace (převýšení, svahy);
- e) požadavek na ekologicky vyváženou krajinu.

**B. sociálně-ekonomické faktory**

- a) forma devastace;
- b) potřeba tvorby život. prostředí;
- c) vodohospodářské potřeby;
- d) potřeba rekreačního prostoru;
- e) skládky odpadů;
- f) maskovací funkce."

Přípravu ploch výsypek k rekultivaci zajišťují projektovou dokumentací v souladu se zákonnými předpisy těžební organizace. Projektové dokumentace jsou zajišťovány u projektových společností v souladu s generelem rekultivací. Rekultivační práce jsou ve většině případů prováděny dodavatelským způsobem. Povinnost zrekultivovat území zdevastované těžbou nerostných surovin, ale i po ukončení některých antropogenních činností, stanoví důlní společnosti zejména zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu a zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství tzv. Horní zákon (Ministerstvo zemědělství ©2009 – 2023).

**Technologie rekultivací**

Důlní organizace vypracovávají plány otvírky, přípravy a dobývání ložisek. Plány zajištění a likvidace důlních děl a lomů stanovuje Český báňský úřad obecně závazným právním předpisem stanoveném v § 34 Zákona č. 44/1988 Sb. Zákon o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon) a dalších antropogenních činností (Ministerstvo zemědělství ©2009 – 2023).

Technologie rekultivací představuje určité cíle a možnosti o následném využití daného území. Hlavním cílem je v co nejkratším časovém horizontu vrátit narušené plochy k zemědělskému, lesnickému či vodohospodářskému využití.

*“Etapy spojené s těžbou:*

- *přípravná: probíhá v období otvírky a přípravy těžby, zajištění projekční činnosti a koncepce, průzkum hornin a zemin;*
- *důlně-technická: období těžby, odvoz půdy a zakládání výsypek;*
- *biotechnická: následuje po ukončení těžby a dělí se na 2 fáze (technickou, biotechnickou), více v následujícím textu;*
- *post-rekultivační: resocializace, běžné ošetřování a obhospodařování.”*

(Štýs a kol., 1981; Zábojník J., 2018).

### **Technická a biotechnická fáze**

Technická fáze zahrnuje terénní úpravy, návoz ornice a organických kompostů, výstavby provozních komunikací, hydromeliorační a hydrotechnické úpravy.

Biotechnická fáze je navazující fází po ukončení fáze technické. Využití této fáze vede ke stabilizaci plochy po těžbě, rychlému ozelenění ploch, vzniku vodních ploch nebo odpočinkových zón.

Členění rekultivací podle využití ploch:

- *“rekultivace zemědělská: orná půda, louky, pastviny, zahrady, vinice, sady jako součást zemědělského půdního fondu;*
- *rekultivace lesnická: území nevhodné pro zemědělství, dřevní porosty (rozmanitá druhová skladba);*
- *rekultivace hydrická: vznik nových vodních toků a ploch;*
- *ostatní rekultivace: sportoviště, hipodromy, komunikace, podnikání, rekreace apod.”* (Vráblíková a kol., 2008, podle Zábojník J., 2018).

### **3.2.3 Ekologie obnovy**

Ekologie obnovy se zabývá obnovou ekosystému nebo jejich částí, které byly vlivem antropogenních činností narušeny či zcela zničeny. Můžeme zvážit obnovu populací, společenstev i celých ekosystémů. Ekologie obnovy se opírá o teoretické poznatky ekologie (vědní disciplíny), která skýtá vědecké podklady pro praktickou ekologickou obnovu.

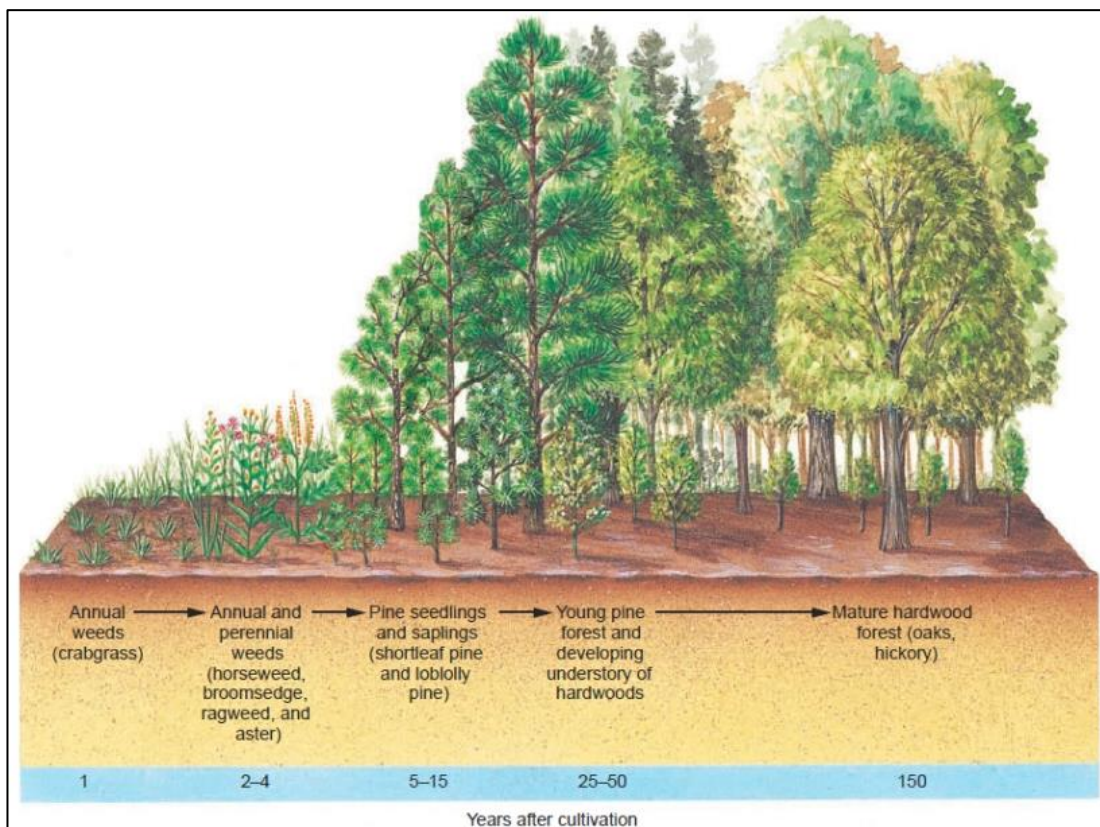
V praktických plánech obnovy se počítá s tím, že území bude ponecháno pouze přirozené (spontánní) sukcesi, nebo budeme přirozenou sukcesi usměrňovat (pravidelné kosení, eliminace nežádoucích druhů, umělé výsevy), nebo můžeme

uplatnit pouze umělé postupy, v podobě technických rekultivací. Zásadním a rozhodujícím aspektem každého návrhu obnovy je definování cílového ekosystému, společenstva a kvalita společenstva. Musíme však zvážit, jaká společenstva (biotopy) mají v postižené oblasti šanci se obnovit spontánní sukcesí a které ne (Prach, 2015).

### 3.3 Sukcese

Sukcese je definována hned několika způsoby. Jedna z definic říká, že jde o přírodní proces kolonizace a zániku populací, který je nesezónní, směřovaný a kontinuální (Begon et al., 1997).

Podle Pracha (2017) je sukcese definována jako zákonitý proces nahrazování druhů nebo celých společenstev jinými, a to až po ustálený ekosystém neboli klimax.



Obr. 4: Příklad sekundární sukcese na opuštěném poli (Strahler, 2011).

Sukcesi můžeme chápat jako uspořádaný vývoj bioty na daném místě (viz Obr. 4), kdy makroklimatické podmínky ovlivňují konečnou podobu klimaxu. Ne vždy můžeme dospět ke klimaxu, neboť v některých společenstvech dochází k opakující se disturbanci, která vrací společenstva k ranním či počátečním stádiím sukcese (Míchal 1994, Lichner at al., 2020).

### 3.3.1 Pojem sukcese, typy sukcese

Podle Míchala (1994) a Pracha (2010) se rozlišují základní dva typy sukcesí:

- Primární sukcese – dlouhodobý proces, při kterém dochází k postupné změně prostředí, na kterých není zatím vyvinuta půda s absencí přítomnosti diaspor např. nově vzniklé výsypky, lomy po těžbě, nerekulturní skládky.
- Sekundární sukcese – jedná se poměrně o krátký proces probíhající na lokalitách, kde je již vytvořená půda, která obsahuje zásobu semen.

Podle řídicích parametrů rozeznáváme několik typů sukcesních změn:

- Degradční (heterotrofní) – probíhá v krátkém časovém úseku, kde zúčastnění jsou heterotrofní organismy, kteří zcela rozloží a postupně vyčerpají zdroj až do svého zániku např. mršiny.
- Alogenní (autotrofní) – probíhá za měnících se geofyzikálně-chemických sil např. zvyšování salinity, splaveniny rybníků.
- Autogenní (autotrofní) – je vyvolána biologickými procesy v samotném prostředí, při nichž dochází ke zvýšení biomasy společenstev např. akumulace opadu v lese (Walker & Del Moral, 2003).

Podle formy ekologické obnovy může sukcese probíhat třemi základními způsoby:

- Spontánní sukcese, neboli přirozená sukcese, je postup ekologické obnovy, při kterém je krajina nechána bez jakéhokoliv zásahu člověkem a vykazuje formy přírodě blízké obnovy (Řehounek a kol., 2015). Jedná se o časově náročnou, ale nejlevnější a nejjednodušší způsob obnovy narušeného území převážně těžbou (Frouz a kol., 2007, Vráblíková a kol., 2008).
- Řízená sukcese, neboli usměrňovaná sukcese, je postup ekologické obnovy např. výsypek, lomů či pískoven, při kterém je vývoj rostlinných společenstev významně ovlivňován zásahy člověka (Reitschmiedová & Frouz, 2016).

Zejména se jedná o odstraňování invazivních a nežádoucích druhů a posilování o žádoucí či původní druhy (Chuman, 2012).

- Rekultivace, vytváří umělé heterogenní prostředí, při které vzniká poměrně jednotvárná krajina, která vytváří nové zemědělské pozemky, lesní kultury a vodní plochy.

Podle zvolení druhu rekultivace např. lesnické, zemědělské, hydrické a ostatní vzniká nová krajina odpovídající zájmům společnosti (Štrupl, 1966, Štýs, 1970).

### 3.3.2 Klimax

Vrchol sukcese můžeme teoreticky definovat jako klimax. Jedná se o stabilní ekosystém, který se vyznačuje symbiotickými vztahy organismů a celkovým ustáleným ekosystémem. Vrcholné stádium, které je v celkové rovnováze s klimatem, nazýváme klimatický klimax. Této formy klimaxu mohou teoreticky dosáhnout všechny typy sukcesí. V případě jakýchkoliv lokálních změn, může být sukcese určitou formou ovlivněna např. extrémními půdními podmínkami (rašeliniště, podmáčený les), které znemožňují výsledný klimatický klimax. Definujeme jej jako edafický klimax (Odum, 1977).

Vzhledem k neustále probíhajícím změnám mozaikovitosti a klimatu v podobě přírodních katastrof, požárů, globálního oteplování atd. je tady velmi obtížné jakýkoliv stav prohlásit jako stabilní klimatický klimax.

Sukcesní vývoj je značně ovlivňován jednotlivými druhy eroze a jejími faktory.

### 3.3.3 Přirozená a řízená sukcese

Pro obnovu krajiny po těžbě můžeme zvolit hned několik způsobů její obnovy. Tato kapitola popíše rozdíl mezi typy sukcese a uvede výhody a nevýhody jednotlivých přístupů k obnově krajiny. Jedním ze způsobů je využití technické rekultivace, která je velmi časově a finančně náročná. Druhým a v dnešní době velmi diskutabilním způsobem obnovy krajiny je přirozená obnova neboli sukcese.

Přirozená (spontánní) sukcese v post-těžebních krajinách je velmi chtěným a nezastupitelným způsobem obnovy krajiny bez lidských zásahů. Mnohé provedené výzkumy jednoznačně poukazují, že spontánní sukcese je rovnocenná forma obnovy post-těžební krajiny. Jedná se o časově náročný, ale nejlevnější a nejjednodušší způsob obnovy narušeného území převážně těžbou (Frouz a kol., 2007, Vráblíková a kol., 2008).

U řízené (usměrňované) sukcese, se jedná o postup ekologické obnovy např. výsypek, lomů či pískoven, při kterém je vývoj rostlinných společenstev významně ovlivňován jednorázovými nebo opakovanými zásahy člověka vedoucí k žádoucímu směru sukcese (Reitschmiedová & Frouz, 2016). Zejména se jedná o odstraňování invazivních (nežádoucích) nepůvodních druhů a podporu (posilování) o žádoucí či původní druhy (Chuman, 2012).

Výhodou přirozené sukcese je její finanční nenáročnost. Další významná výhoda spočívá v potenciálu navrácení přirozené přírody, ve které vznikají velmi cenné lokality nabízející útočiště ohroženým a vzácným druhům rostlin a živočichů. Nevýhoda této sukcese spočívá v časové náročnosti obnovy a z pohledu plánovaných projektů není často možné ponechat celé území spontánní sukcesi.

Výhoda a zároveň i nevýhoda řízené sukcese spočívá v zásahu člověka, která vede k obnově devastovaného území. Lidský zásah je usměrňován projektem obnovy. Vznikají tak nová území pro rekreaci, která jsou přírodě blízké a kladou důraz na ekologickou stabilitu a růst biodiverzity (Řehounek a kol., 2015).

### 3.3.4 Životní strategie rostlin a živočichů

Strategii populace rostlin a živočichů popisují autoři Slavíková (1986), Kopp (2005) a Lipský (1999).

#### **Životní strategie rostlin**

##### **R-stratég (ruderal) se vyznačuje:**

- velkou reprodukční kapacitou a rychlou klíčivostí semen a plodů;
- rychlou tvorbou biomasy;
- poměrně velkou rychlostí růstu a vysokou produkcí;
- krátkým životním cyklem s poměrně krátkou vegetativní fází;
- rychlým růstem populace, jenž se odehrává v exponenciální části růstové křivky - populace ukončí svůj růst (např. u jednoletých rostlin), aniž je dosaženo nosné kapacity prostředí;
- přežitím ve formě semen a plodů;
- relativně malým množstvím odumřelé biomasy.



### **C-stratég (konkurenční) se vyznačuje:**

- poměrně velkou výškou rostlin;
- velkou plochou asimilačního aparátu a jeho hustým zápojem;
- poměrně velkými listy, které poměrně krátce zůstávají;
- schopností intenzívně využívat příjmu výživy pouze v době svého růstu;
- velkou růstovou rychlostí a velkou biomasou, dosahující nosné kapacity prostředí;
- dlouhověkostí;
- malým podílem roční produkce semen;
- rychlým přemísťováním asimilátů a minerální výživy do vegetativních částí a rezervních orgánů rostlin;
- rychlou reakcí na stres;
- tvořením velkého množství odumřelé biomasy.

### **S- strategové (stres) se vyznačují:**

- pomalou rychlostí růstu;
- nízkou produkcí;
- vytrvalostí rostlin - stromy, keře, vytrvalé byliny;
- omezením tvorby květů a semen;
- růstem malých listů, často jehlic, nebo listů neopadavých, vždyzelených;
- nízkým poměrem roční produkce uložené v semenech;
- nízkou fenotypickou plasticitou;
- vegetativním šířením.

## **Životní strategie živočichů**

Jednotlivé druhy organismů jsou rozdílně vybaveni k osidlování a následnému přežití na nově vzniklých stanovištích.

### **Podle rychlosti růstu a schopnosti přežití dělíme na:**

**R – stratégy** (dle specifické rychlosti růstu  $r$ ) – upřednostňují kvantitu nad kvalitou, jejich věk je krátkodobý, vyznačuje se velkou úmrtností, jejich populace velmi rychle roste, jsou přizpůsobiví a velmi rychle se šíří v extrémních a neobsazených stanovištích – možnost rychlého růstu populace bez konkurenčních vlivů;

**K – strategy** (dle nosné kapacity prostředí K) – zásadní je kvalita potomstva (nikoli kvantita), populace je ovlivněna kapacitou prostředí, dosahují vyššího věku, jsou konkurenceschopnější, citliví na narušení ekosystému, vytlačují r-strategy.

### 3.3.5 Legislativní pozadí využití sukcese

Těžební společnosti mají legislativní povinnost rekultivovat krajinu devastovanou dobýváním z tzv. Horního zákona č. 44/1998 Sb. v platném znění. Dle Horního zákona je každá těžební společnost povinna od začátku těžby až po její ukončení zřizovat finanční rezervu. Tato finanční rezerva slouží k financování sanací a rekultivací postiženého území a její výši schvaluje Obvodní báňský úřad. Těžební organizace zpracovávají dle vyhlášky č. 242/1993 Sb., Souhrnný plán sanací a rekultivací na období pěti let. Obsahem souhrnného plánu je plán otírky, přípravy a dobýváním. Ministerstvo životního prostředí, kterému je tento plán předkládán, vydává stanovisko. Na základě stanoviska schvaluje Obvodní báňský úřad plán sanací a rekultivací. V souvislosti s další činností a využitím rekultivovaných ploch je nutnost uvést Stavební zákon č. 50/1976 Sb. o územním plánování a stavebním řádu, Zákon o lesích č. 295/1995 Sb., Zákon o vodách č. 138/1973 Sb., Zákon o ochraně zemědělského půdního fondu č. 334/1992 Sb., Zákon o odpadech č. 125/1997 Sb.

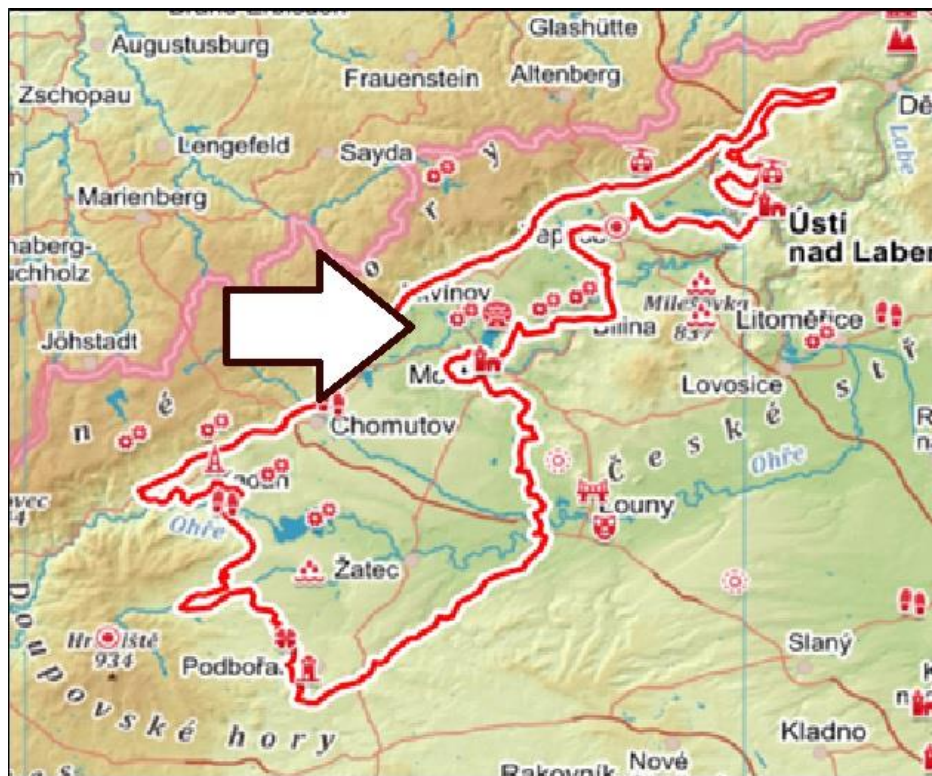
Kamila Svobodová (2022) z univerzity v Göttingenu říká: *„Řada evropských zemí by mohla jít Česku příkladem. Ve vyspělých zemích jako jsou Německo, Finsko, Dánsko či Švédsko se spontánní a řízená sukcese stala běžnou součástí péče o krajinu. Například v Německu je uzákoněn povinný 15% podíl rekultivovaného území určený k sukcesí. I díky tomu mohly vzniknout jedinečné lokality v Dolní Lužici. V Dánsku se rekultivace po těžbě štěrkopísků provádí z velké části řízenou či neřízenou sukcesí, aniž by byl podíl sukcesních území uzákoněn. V globálním měřítku ale bohužel stále existuje řada zemí, kde závazek těžebních společností rekultivovat po ukončené těžbě není řádně zakotven v legislativě nebo je jinak problematický. V praxi tak k rekultivacím vůbec nedochází nebo jen zřídka“ (Naše voda, ©2011-2023).*

Se sdělením paní Svobodové ve výše uvedeném článku souhlasím. Především sdílím stejný názor k ekologické obnově území narušeného těžbou v podobě zanechání části lomu po ukončené těžbě spontánní sukcesi, neboť sukcese má na těchto stanovištích již velmi velký náskok, co se týče osídlení rostlinami a živočichy oproti rekultivacím. Před zahájením rekultivací by bylo vhodné zjistit stav ekologické obnovy.

## 4 Metodika

### 4.1 Popis zájmového území – Lom ČSA

Chebská pánev, Sokolovská pánev a Mostecká pánev patří do podkrušnohorských pánví, též známých pod názvem severočeské pánve. Největší z nich s rozlohou 1 420 km<sup>2</sup> a z toho 850 km<sup>2</sup> uhlonosných je pánev Mostecká. Mostecká hnědouhelná pánev (Obr. 5) se nachází v podkrušnohorské kotlině, která je ze severu ohraničena Krušnými horami, na jihozápadě Doupovskými horami, na jihovýchodě Českým středohořím (Valášek a kol., 2009).

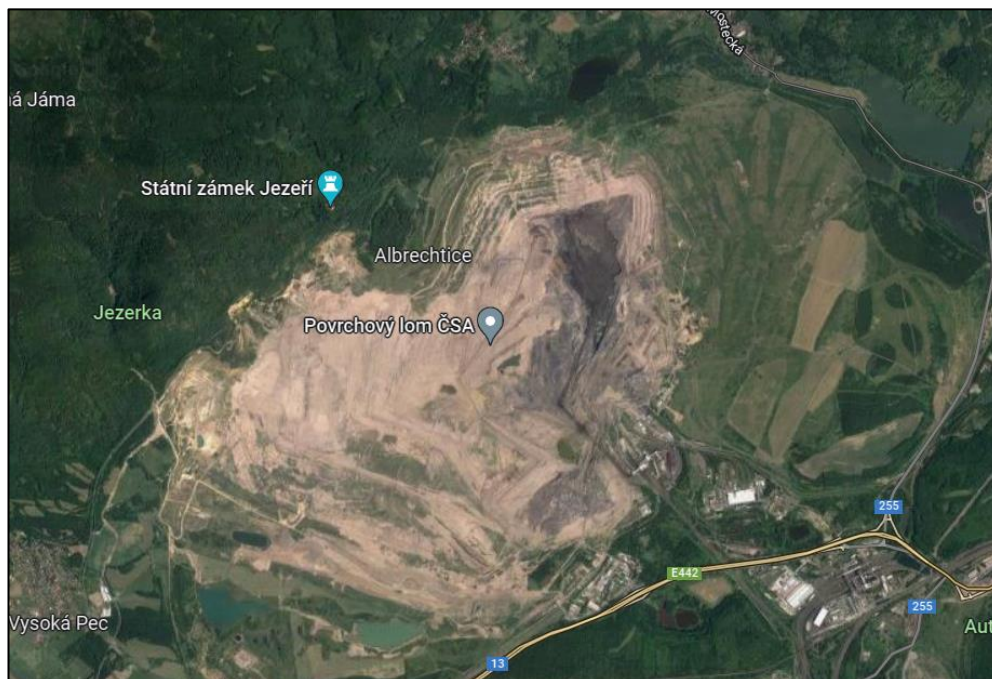


Obr. 5: Mostecká hnědouhelná pánev

Zdroj: Mapy.cz

Pro svoji diplomovou práci jsem si vybral lom ČSA, který má více než stoletou tradici. Vznik lomu se váže k roku 1901, kdy byl pouze pobočkou dolu Julius V, poté byl znám pod názvem Hedvika a v roce 1958 byl přejmenován na důl Československé armády.

Lom ČSA je situován na severozápadním okraji Mostecké pánve. Detail lomu ukazuje Obr. 6, jeho poloha v rámci Mostecké hnědouhelné pánve je znázorněna na Obr. 5 bílou šipkou.



Obr. 6: Těžební dobývací prostor - lom ČSA

Zdroj: Google Maps

Dle Plánu sanací a rekultivací severozápadních svahů lomu ČSA, 1.část (Obr. 7), bylo realizováno sanační odvodnění včetně drenů a zpřístupnění ploch obslužnými komunikacemi. Vlastní sanace spočívala v dotvarování stabilních svahů a přemístění stabilně nevhodných materiálů na plošinu vnitřní výsypky. Realizace sanační části stavby proběhla v letech 2011 až 2015. Sanační práce byly realizovány na základě metodické změny, která upřesnila časový průběh a způsob sanačních prací ve vazbě na aktuální stav území.

Biologická rekultivace byla zahájena závěrem roku 2012. Plochy byly z velké části následně zatravněny. Část travnatých ploch, především na vnitřní výsypce, je zemědělsky využitelná – 31,80 ha. Část ploch, zejména v severovýchodní části (Obr. 7), jsou po zatravnění ponechány přirozené sukcesi, která byla částečně usměrňována menšími zásahy např. odstraňováním nežádoucích invazivních dřevin. Jedná se o zajímavé biotopy, zejména na štěrko-písčitéch svahových partiích při úpatí Krušných hor. Malá část plochy 2,08 ha severní části sloužila jako PUPFL a byla po sanaci opětovně zalesněna. Kromě toho byly respektovány samovolně vzniklé porosty dřevin (především březové háje), které s ukončením rekultivace dospěly do stádia lesního porostu, celkem 4,54 ha.

Cílem sanace a rekultivace byla obnova ekologických a hydrologických funkcí krajiny. Při biologické rekultivaci tohoto území při úpatí Krušných hor byly vhodně využívány i přírodě blízké procesy.

#### 4.1.1 Geomorfologie, geologie, a pedologie

Lom ČSA leží převážně v mostecké části severočeské hnědouhelné pánve s typickým vývojem jednotné uhelné sloje. Na jihozápadě území v prostoru bočních svahů lomu je okrajově zastižena i chomutovská část pánve s charakteristickým rozštěpením uhelné sloje. V severozápadní části území, ve svazích Krušných hor, vystupují za výchozem pánevních sedimentů pod různě mocným kvartérním pokryvem ortoruly a částečně i pararuly krušnohorského krystalinika. Ty vytvářejí vlastní podloží pánve spolu s lokálně zachovalými relikty svrchnokřídového pokryvu a nepravidelnými tělesy terciérních vulkanitů, vyskytujících se zejména v jihovýchodní části území.

Vlastí výplň pánve tvoří písčito-jílovité sedimenty podložního souvrství, uhelnou slojí a jílovci nadložního souvrství. V pásmu podél severozápadního okraje je charakter miocenní výplně ovlivněn nepravidelnou příbřežní sedimentací, kde je velmi obtížné rozlišení sedimentů podložního a nadložního souvrství (in verb. Ing Stanislav Petr 6.12.2022 8:19hod).

V oblasti jsou zastoupeny tyto jednotky: Krystalinikum, Křída, Bazální vrstvy, Vulkanický komplex, Podložní souvrství, Uhelná sloj, Nadložní souvrství, Kvartér.

Nastrmením reliéfu v důsledku těžby ve svahové části dochází k splachům humusové vrstvy a obnažování horninového substrátu. Přítomnost řady sesuvů na bázi kvartéru a známky plíživých svahových pohybů indikují, že krušnohorský svah byl a je z geologického hlediska nestabilní a těžba podél morfologicky výrazného svahu urychluje vznik jednotlivých sesuvů. Vzhledem k výše uvedeným nepříznivým podmínkám, ohrožující dobývání, byl vybudován rozsáhlý monitorovací systém krušnohorského svahu (in verb. Ing Stanislav Petr 6.12.2022 8:19hod).

### 4.1.2 Klima

Oblast Mostecka můžeme rozdělit na dvě oblasti, a to na pánevní oblast Českého středohoří a na část Krušnohorskou. Oblasti jsou klimaticky velmi odlišné. Krušnohorská část se vyznačuje mírně chladným a vlhkým klimatem. Naopak je tomu u Podkrušnohorské oblasti, která se vyznačuje sušším a teplejším klimatem. Oblast se nachází v dešťovém stínu Krušných hor a Doupovských vrchů. Pro oblast Mostecka je charakteristické proměnlivé klima, které je dáno rozdílnou nadmořskou výškou. Ve vyšších polohách klesají teploty a zvyšuje se sluneční záření. Výrazným činitelem ovlivňující klima v oblasti Mostecka je člověk.

Mostecko můžeme zařadit mezi nejsušší oblasti v ČR, a to především z důvodu polohy ve srážkovém stínu Krušných hor. Dle charakteristiky klimatických rajonů vycházející z díla Quitta E. (1971) se Mostecká pánev nachází v klimatické oblasti T2, pro kterou je charakteristické poměrně krátké jaro, které je teplé až mírně teplé, dlouhé, suché a teplé léto, podzim je poměrně krátký, teplý až mírně teplý, zima je krátká, suchá až velmi suchá. Významný podíl na změně mikroklimatu je celková rozloha devastovaného území.

### 4.1.3 Hydrologie lomu

V současné době přestávají být podzemní vody problémem ve smyslu odvodnění vlastního lomu, zůstávají však důležitým faktorem při řešení stability svahů lomu v místech strmých a kvartérním kolektorem přikrytých výchozů pánevních sedimentů a krušnohorského krystalinika. Vliv povrchových vod na stabilitu lomu byl technickými prostředky eliminován. Přítoky kvartérních vod jsou zachycovány před hranou lomu (in verb. Ing Stanislav Petr 6.12.2022 8:19 hod.).

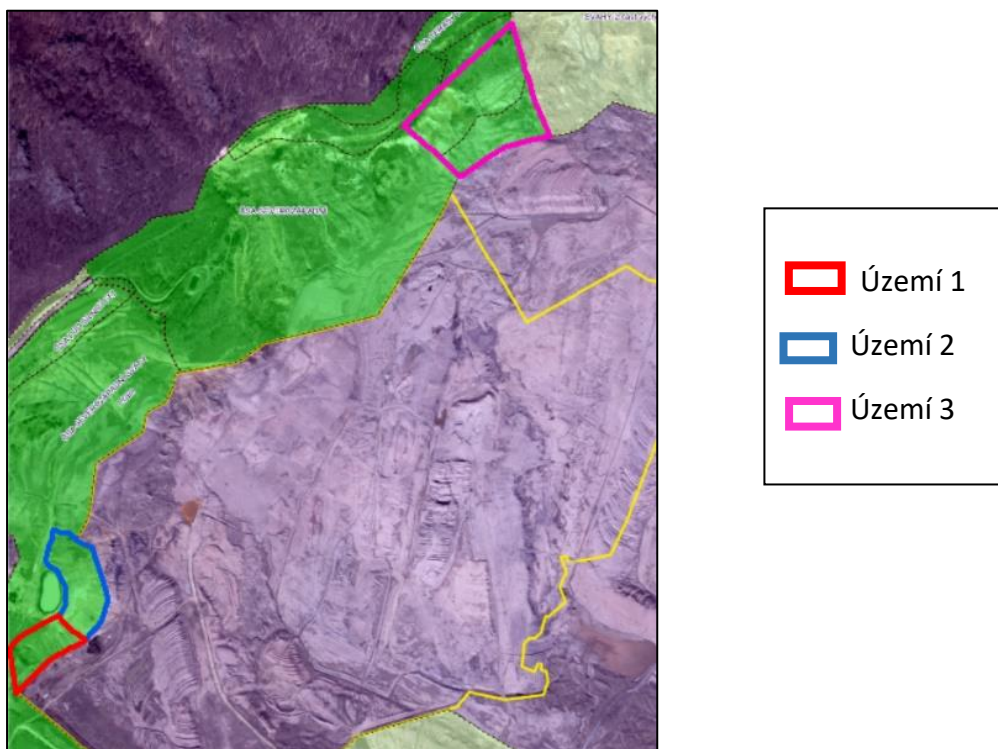
### 4.1.3 Popis posuzovaných ploch

Ke své diplomové práci jsem si zvolil území Lomu ČSA. Toto území již bylo částečně zrekultivováno, tudíž se již nejedná o aktivní lom, účinky vodní eroze jsou lépe pozorovatelné.

Výběru pomohlo i osobní setkání s vedoucím měřičství a geoinformatiky panem Ing. Peterem Stanislavem a vedoucí oddělení rekultivací ČSA paní Ing. Ingrid Jarošovou ze společnosti Sev.En Inntech a. s., a to na schůzce konané dne 13. 1. 2023 v 9:00 hodin. Byla mi doporučena území, která jsou již zrekultivovaná - ukončená (Pod silnicí I/13, Severozápadní svahy 1 a 2 část) a rekultivace - rozpracované (Severozápadní svahy 2 část – východ), viz Obr. 7.







Obr. 8: Posuzovaná území + legenda

Zdroj: Sev, En Inntech a. s.

Jak je uvedeno v kapitole Rekultivace, rozlohy rekultivovaných ploch severozápadních svahů lomu ČSA jsou podle druhu následující:

- Zemědělská rekultivace – 31,80 ha;
- Lesnická rekultivace – 6,62 ha;
- Ostatní plochy – 34,00 ha.

Celkem výměra rekultivací činí – 72,42 ha (in verb. Ing Jarošová I. 14.2.2023 10:30hod).

### **Svažitost a terén posuzovaných území**

Na průběhu sukcese se může podílet mnoho faktorů (tvar a svažitost, klimatické podmínky, nevhodné zeminy, aj.). Vzhledem k jedinečnosti prostředí, jakým je lom ČSA, jsou tyto aspekty zásadní, neboť zde vznikají specifické tvary svahů s vysokými sklony. Sklon a délka těchto svahů může mít vliv na míru eroze, která následně zapřičiňuje rozvoj sukcese.

Na základě získaných informací v rozhovoru s Ing. Stanislavem, byly procentuálně vyčísleny jednotlivé sklony posuzovaných území (viz Obr. 8).

Území č. 1 (na mapě ohraničeno červeně) je ve sklonu 29 – 35 %.

Území č. 2 (na mapě ohraničeno modře) je ve sklonu 18 – 25 %.

Území č. 3 (na mapě ohraničeno růžově) je pod sklonem 27 – 36 %.

## 5 Výsledky

### 5.1 Studium posuzovaných území

Po osobní konzultaci mi byla zpřístupněna data a zakres těžebního prostoru lomu ČSA. Následně mi byla data zaslána ve formátu DGN, se kterými jsem následně zpracoval v programu ArcGIS, patřící mezi geografické informační systémy. Od těžební společnosti mi byl poskytnut souhrnný plán sanace a rekultivace s leteckými snímky z období jara 2019, 2020, 2021 a 2022.

Následně proběhla konzultace s vedoucí práce, při které byly snímky a plány detailně prostudovány a dohledány území nejvíce zasažené vodní erozí, která způsobuje blokování sukcese. Z dostupných ortofotomap byly v dobývacím prostoru vybrána tři zájmová území, která byla posuzována v roce 2019 a 2022, neboť je zde nejvíce patrný vliv vodní eroze, resp. meziroční rozdíl vývoje vegetačních ploch v souvislosti s výskytem eroze.

Na následujících obrázcích (Obr. 9 - 11) jsou zobrazeny studované plochy z let 2019 a 2022, ze kterých jsou patrné určité změny. Tyto rozdíly jsou následně popsány u jednotlivých území.

#### Ortofotomapy posuzovaných území – Obr. č 9 – 11.

Detailnější zobrazení (Příloha 1, 2, 3)

Území 1



Obr. 9A: rok 2019 území 1



Obr. 9B: rok 2022 území 1

Zdroj: vlastní podle programu ArcGIS

Na posuzovaném území (Obr. 9A a 9B) došlo mezi roky 2019 a 2022 k viditelným změnám. V pravé horní a v levé dolní části došlo k nárůstu erozních rýh a plošek (výrazně světle zelené plochy). Uprostřed je patrný nárůst dřevin (tmavě zelené plochy). Došlo i k úbytku trvale travnatých ploch (dále jen TTP) a bylinného patra (světle zelené plochy).

#### Území 2



Obr. 10A: rok 2019 území 2



Obr. 10B: rok 2022 území 2

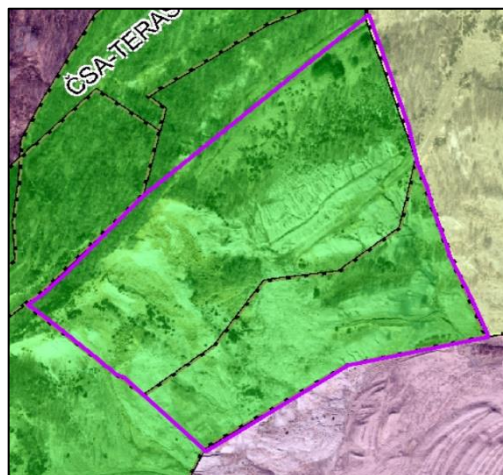
Zdroj: vlastní podle programu ArcGIS

Na posuzovaném území (Obr. 10A a 10B) mezi roky 2019 a 2022 nedošlo k pouhým zrakem výrazným viditelným změnám. Vzhledem k horší kvalitě pořízeného snímku z roku 2019 (Obr. 10A), nelze jednoznačně a přesně určit pouhým pohledem, k jakému úbytku dřevin, TTP a bylinného patra došlo. Taktéž nemůžeme zcela určit, zda došlo k nárůstu velikosti erozních ploch a rýh. Avšak při bližším zkoumání se určité změny projeví.

### Území 3



Obr. 11A: rok 2019 území 3



Obr. 11B: rok 2022 území 3

Zdroj: vlastní podle programu ArcGIS

Mezi roky 2019 a 2022 došlo na třetím území (Obr. 11A a 11B) k zásadní změně. Při detailnějším prozkoumání map je patrné, že v levé spodní části obrázku došlo k sesunutí části svahu, které mohlo mít pravděpodobně vliv na TTP, vegetaci bylin a úbytek dřevin. Je také viditelné rozšíření erozních ploch a rýh.

V této kapitole byla zhodnocena jednotlivá posuzovaná území na základě získaných map, a to pouze pohledem. K získání bližších a přesnějších dat bylo nutné tyto snímky vložit do programu ArcGIS, kde následně pomocí určitých nástrojů došlo k hlubšímu odkrytí okem nepatrných změn.

Výstupy sledovaných jevů (projevy eroze, vývoj vegetačního pokryvu aj.) byly na základě programu ArcGIS numericky vyjádřeny a graficky znázorněny (viz kapitola Grafické výstupy jednotlivých území).

## 5.2 Zpracování dat a statistické vyhodnocení

Zájmová plocha byla reprezentována třemi vybranými svahy v oblasti s ukončenou rekultivací. U vybraných území byla zjištěna rozloha, typ rekultivace a dále diskutován vliv vodní eroze na sukcesi. V programu ArcGIS spočítány délky erozních rýh, rozloha ploch dřevin, rozloha ploch trvalého travního porostu a rozloha ploch zasažených erozí, pro každé území zvlášť, a to pro rok 2019 a 2022. Ke každému výsledku byl vytvořen mapový výstup v programu ArcGIS, který obsahuje vyznačené posuzované území na ortofotomapě (Obr. 12).

Po celkové charakteristice a zhodnocení jednotlivých posuzovaných území byly na základě jednotlivých atributových tabulek programu ArcGIS spočítány jednotlivé hodnoty posuzovaného území, a to v roce 2019 a následně v roce 2022. Primárně bylo záměrem zjistit, zda je přítomnost vodní eroze zásadní pro další rozvoj sukcese na již rekultivovaném území. Dále byl kladen důraz na rozsah narušení území vodní erozí a zda je tento činitel jediný a zásadní pro blokaci sukcese pro další rozvoj ekosystému, při čemž byl brán v potaz i zvolený typ rekultivace.

Samotným výsledkem bylo zhodnocení, který faktor je nejvíce ovlivňující při blokování sukcese vybraných území. Ze zjištěných dat byly vytvořeny srovnávací grafy jednotlivých posuzovaných území.

### **Postup při posuzování území a zakreslování studovaných jevů**

Nad ortofoto snímky byla provedena vektorizace erozních rýh (délka) – liniová vrstva. Dále pak ploch zasažených erozí a ploch s vyvinutou vegetací (plocha). Vegetace byla dále členěna na dřevinná a bylinná společenstva (Příloha 4, 5, 6).

Pomocí nástrojů ArcGIS byly změřeny délky erozních rýh a rozlohy výše zmíněných ploch, a to pro dva roky 2019 a 2022. Získaná data byla následně v prostředí Excel zpracována formou tabulek a grafů. Byly uvedeny absolutní hodnoty a meziroční změna byla vyjádřena procentuálně (o kolik procent vůči původnímu stavu se výskyt daného jevu zvýšil/snížil).

**Obr. 12: Postup při posuzování území:**

12A Vymezení studovaného území, zjištění jeho rozlohy;

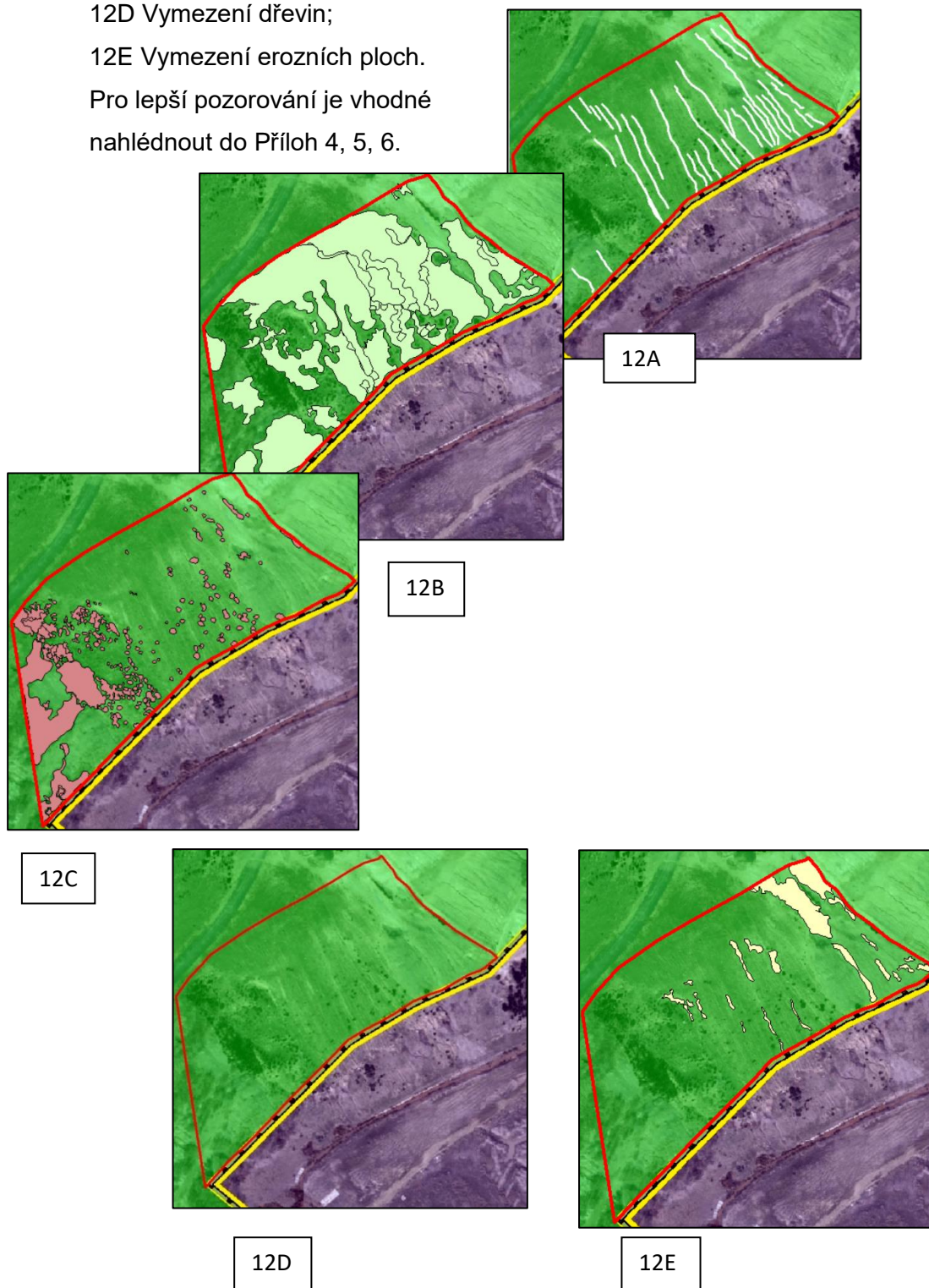
12B Vymezení erozních rýh;

12C Vymezení TTP a bylinného patra;

12D Vymezení dřevin;

12E Vymezení erozních ploch.

Pro lepší pozorování je vhodné nahlédnout do Příloh 4, 5, 6.



Zdroj: vlastní podle programu ArcGIS

## 5.3 Grafické výstupy jednotlivých území

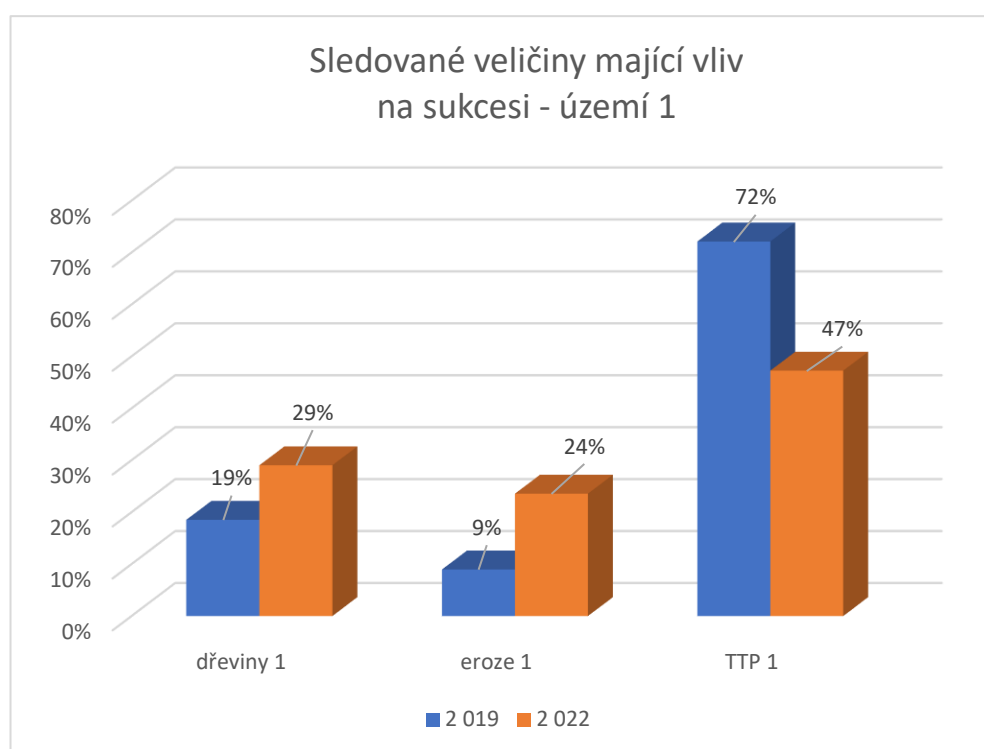
### 5.3.1 Posuzované území 1 (Příloha 1)



Obr. 9A: rok 2019 území 1



Obr. 9B: rok 2022 území 2

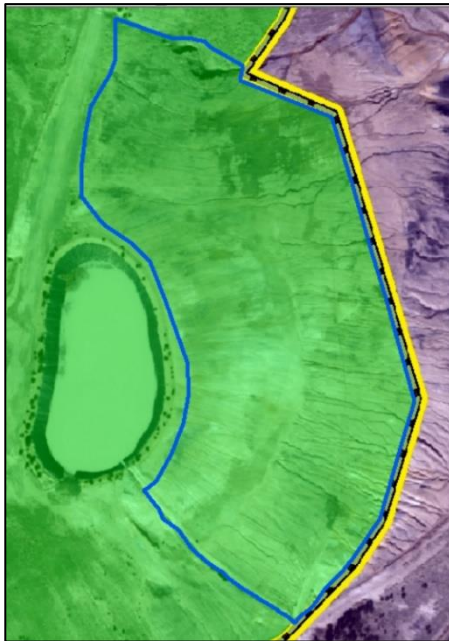


Obr. 13: Graf posuzovaného území 1

Zdroj: vlastní

Sledovanými veličinami u snímků všech tří vybraných území byly: pokrytí dřevinami, projevy eroze a pokrytí TTP a bylinného patra. U prvního posuzovaného území jsme zaznamenaly rozšíření dřevin mezi lety 2019 a 2022, pokrytí dřevinami se navýšilo z 19 % na 29 %. Vodní eroze má na uvedeném území 15% navýšení. Pouze u pokrytí TTP a bylinného patra došlo k výraznému poklesu pokryvu z 72 % na 47 %.

### 5.3.2 Posuzované území 2 (Příloha 2)

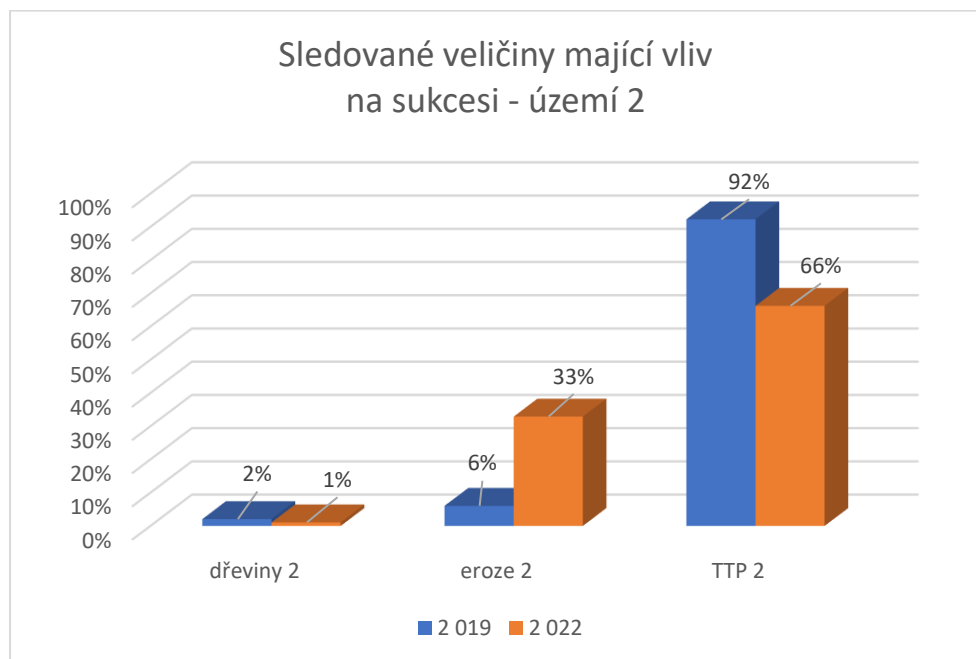


Obr. 10A: rok 2019 území 2



Obr. 10B: rok 2022 území 2

Zdroj: vlastní podle programu ArcGIS



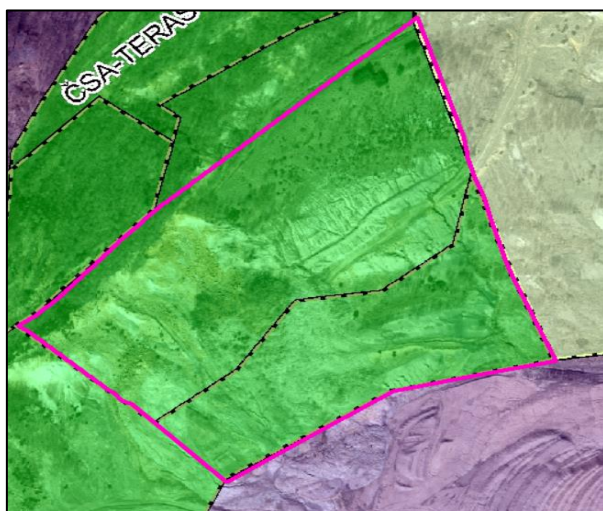
Obr. 14: Graf posuzovaného území 2

Zdroj: vlastní

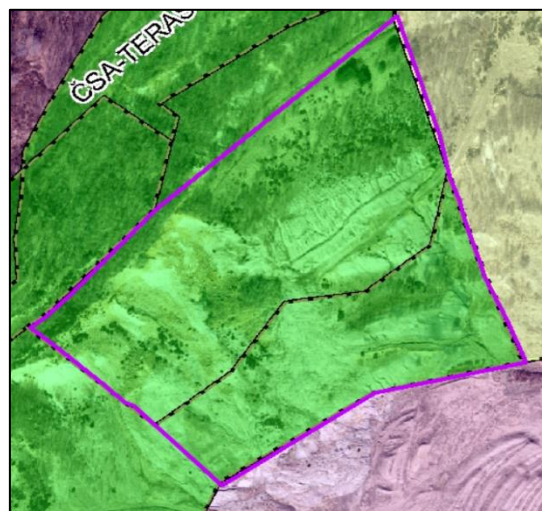
Z grafu (Obr. 14) je patrný masivní nárůst vodní eroze, která ovlivnila TTP, ale i dřeviny. V daném posuzovaném území je na rozdíl od území 1 vliv vodní eroze zásadní. Zde se také musím přiklonit k velmi vysoké svažitosti, která se pohybuje v rozmezí 29 až 35 procenty. Vodní eroze v tomto území má značný až zásadní vliv na blokování sukcese.



### 5.3.3 Posuzované území 3 (Příloha 3)

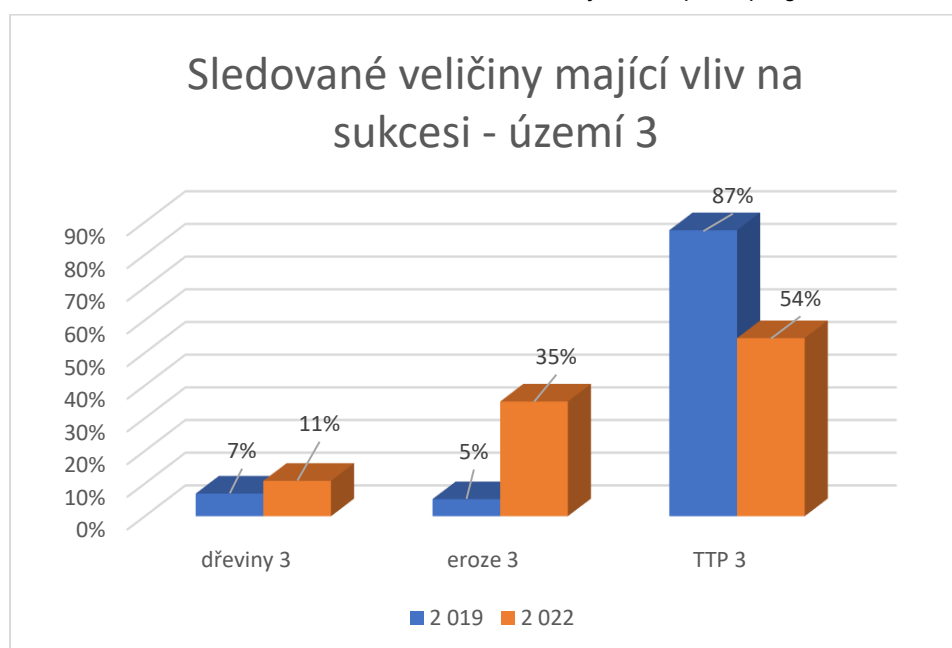


Obr. 11A: rok 2019 území 3



Obr. 11B: rok 2022 území 3

Zdroj: vlastní podle programu ArcGIS



Obr. 15: Graf posuzovaného území 3

Zdroj: vlastní

Z fotografických snímků je patrné, že v levé části došlo k velmi vysokému úbytku dřevin způsobené sesutím svahu. Vodní eroze výrazně stoupla o 30 %. Graf (Obr. 15) nám vypovídá, že i přes rozsáhlý sesuv došlo k nepatrnému nárůstu dřevin. Nárůst dřevin a značný vliv vodní eroze významně ovlivnil vývoj TTP, a to o 33 %.

## 6 Diskuse

V této práci byly porovnávány technicky rekultivované plochy z hlediska významu vodní eroze při blokování sukcese. Řehounek a kol. (2015) uvádí, že je zcela na místě uvažovat o obnově těžbou narušených stanovišť či úplně zničených ekosystémů. Dle Hoobse a Nortona (1996) lze cíle či důvody obnovy území shrnout do čtyř bodů, ve kterých se můžeme snažit:

- zlepšit produkční schopnosti degradovaných, ekonomicky významných území;
- obnovit silně degradovaná, až zcela zničená stanoviště např. po těžbě nerostných surovin;
- zvýšit přírodní hodnotu chráněných území;
- zvýšit přírodní hodnotu produkčních území využívaných zemědělsky nebo lesnický.

Prach (2003) zastává názor, že je zcela nezbytné udělat před samotným návrhem obnovy narušeného ekosystému detailní průzkum, při kterém jasně stanovit cíle k dalšímu možnému využití území. S tímto názorem souhlasím, neboť posuzovanou oblast je nutné hodnotit jako celek a následně určit jaké části devastované plochy obnovit rekultivací a naopak, které části ponechat sukcesi. Ve vznikajících projektech obnovy se můžeme soustředit na oblasti, které ponecháme přirozené (spontánní) sukcesi nebo zda přirozenou sukcesí různým způsobem usměrňovat např. eliminací invazivních druhů, výsevem žádoucích druhů, urychlit nebo naopak zpomalit sukcesi. Můžeme si také položit otázku, jaké biotopy v současné krajině preferujeme a jaké mají předpoklad se obnovit procesem spontánní sukcese nebo řízené sukcese, a které naopak ne.

Mnoho uznávaných odborníků zabývajících se obnovou devastované krajiny po povrchové těžbě se shoduje a potvrzuje, že přirozená sukcese bez jakéhokoliv zásahu je nejlevnější metodou obnovy této krajiny. Sukcese je považována za velmi levnou cestu bez využití nákladné techniky a následné péče o krajinu, oproti nákladné rekultivaci, která se mnohdy pohybuje v řádech miliónů korun za hektar.

Chuman (2012) uvádí, že téměř všechna místa mají potenciál se obnovit sama, a to procesy přirozené sukcese. Významnou roli zde hraje i rozsah narušené krajiny. Takto obnovená území jsou z hlediska přírodních a ochranných velmi cenné a hodnotné.

Jak jsem již předeštel, mohu jen souhlasit s odborníky zabývajícími se obnovou narušených území. Mohu se opřít i o výsledky své diplomové práce, jelikož jsem studoval působení vodní eroze na blokování sukcesních pochodů jednotlivých rekultivovaných území. Nejvíce ovlivňující faktor blokování sukcese je v našem případě vodní eroze. Významnou roli zde také hraje sklon svahu a způsob zvolené rekultivace. Nejvíce ohrožené jsou plochy velmi svažité, s nepropustnou půdou. Předpokládám, že právě to se projevilo ze studie u Obr. 9, kde výstupní hodnoty mohly být ovlivněny právě vysokou svažitostí území, která je v daném v rozmezí 16 % až 26 %. Také hodnoty grafu (Obr. 14) byly pravděpodobně ovlivněny tvarem a svažitostí území, která se pohybuje v rozmezí 29 % - 35 %. Tato svažitost se projevila tak, že blokaci sukcese na studovaných plochách, které byly v roce 2019 zelené, eroze následně zbavila vegetace a v roce 2022 tam místo vegetace byla holá půda a rýhy.

Souhlasím s názorem pana Štýse (1981), který říká, že na tak rozsáhlém území jako je lom ČSA, je použití technických rekultivací nevyhnutelný, ale také připouští, že podíl sukcesních ploch je velmi malý. Myslím si, že je zcela na místě nejprve zhodnotit celé území z hlediska jeho funkčního využití, a to z hlediska ekologických funkcí krajiny, tak i z hlediska ekonomického. Důležité je nalezení kompromisu, které je výhodné pro přírodu i pro člověka.

V České republice oproti vyspělým státům jsou stále upřednostňovány technické rekultivace, a to především v Podkrušnohorské pánvi. Největším problémem je samotná legislativa, která neumožňuje, aby přírodě blízká obnova těžbou narušených území se stala rovnocennou alternativou, k dosud převládajícím technickým rekultivacím.

## 7 Závěr

Záměrem diplomové práce bylo zhodnotit význam vodní eroze při blokování sukcese v lokalitě s ukončenou těžbou, konkrétně plochy hnědouhelného lomu ČSA, část jihozápadní svahy. Dle terénního průzkumu a poskytnutých ortofotomaps byla určena území nejvíce zasažené vodní erozí. Za pomoci programu ArcGIS byly na jednotlivých územích v roce 2019 a 2022 spočítány rozlohy jednotlivých studovaných jevů (rozloha, délka erozních rýh, zastoupení dřevin, TTP, erozních plošek). Jednotlivé rozlohy byly následně pro přehlednější srovnání procentuálně vyjádřeny v grafech (stav v roce 2022 byl vyjádřen jako procentuální podíl stavu v roce 2019). Pro celkové objektivní zhodnocení byly poskytnuty vedoucím měřičství a geoinformatiky Ing. Stanislavem i sklony svahů v zájmovém území. Jejich hodnoty byly v rozmezí 18 – 36 %.

Výsledky diplomové práce prokazují významný dopad erozního procesu na vývoj vegetačního pokryvu ploch určených ke spontánní obnově po těžbě. Intenzita erozního procesu roste s rostoucím sklonem svahu, což se promítlo i do vývoje vegetace. Plochy s nejvyšší sklonitostí vykazují největší dynamiku sukcesního vývoje.

V případě tří sledovaných území došlo mezi lety 2019 a 2022 k nárůstu rozlohy ploch zasažených erozí o 72 % a poklesu rozlohy vegetačně krytých ploch o 71 %. Eroze tedy zpomalila sukcesní vývoj vegetačních společenstev.

Sledování výskytu a míry vodní eroze na plochách určených k obnově po těžbě poskytne rámcovou představu o riziku blokování sukcesních pochodů. Je proto velmi důležité pro plánování metody rekultivace a dalšího využití těchto studovaných ploch.

## 8 Přehled literatury a použitých zdrojů

### 8.1 Literatura

Antonelli V., Thomaz, E. L., 2016: *Soil loss in rural roads in Tobacco growing are in the Arroyo Boa Vista Paraná basin*. Revista Brasileira de Geomorfologia, 17, č. 2, s. 227–240.

Báčová, M., 2018: *Monitoring projevů vodní eroze na zemědělských půdách*. Dizertační práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Praha, 117 s.

Batista, P.V.G., Davies, J., Silva, M.L.N., Quinton, J.N., 2019: *On the evaluation of soil erosion models: Are we doing enough?* Earth-Science Rev. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102898>.

Begon, M., Harper, J.L. & Townsend, C.R., 1997: *Ekologie – jedinci, populace a společenstva*. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc, 628pp.

Braniš M., 2004: *Základy ekologie a ochrany životního prostředí*. Nakladatelství Informatorium, Praha, 203 s.

Buzek L., 1983: *Eroze půdy*. Pedagogická fakulta v Ostravě, Ostrava, 257 s.

Čermák P., Kohel J., Dederá F., 1999: *Rekultivace území devastovaných báňskou činností v oblasti severočeského hnědouhelného revíru*. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 93 s.

Dabek P. B., Žmuda R., Szczepański J., Ćmielewski B., 2018: *Evaluation of water soil erosion processes in forest areas in the Western Sudetes using terrestrial laser scanning and GIS tools*. 10th Conference on Interdisciplinary Problems in Environmental Protection and Engineering EKO-DOK 2018.

Dufková J., 2007: *Krajinné inženýrství*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 204 s.

Dumbrovský M., 2009: *Geografické informační systémy*. Brno, 141 s.

Dvořák J., Novák L., Antal J., 1994: *Soil conservation and silviculture*. Elsevier. Amsterdam, 399 s.

Frouz J., Popperl J., Příklad I. & Štrudl J. 2007: *Tvorba nové krajiny na Sokolovsku*. Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s., Sokolov, 26 s.

Goudie S., Boardman J., 2010: Soil erosion. In: *Alcántara-Ayala I., Goudie S. (eds): Geomorphological hazards and disaster prevention*. Cambridge University Press, Cambridge, s. 177 – 188.

Halounová L., 2018: *Dálkový průzkum Země a GIS pro sledování časových změn na Zemi = Remote sensing and GIS for change detection on the Earth*. České vysoké učení technické v Praze, Praha, 41 s.

Hobbs R. J., Norton D. A., 1996: *Towards a conceptual Framework for restoration ecology*. Restoration ecology vol. 4: 93–110.

Holý M., 1994: *Eroze a životní prostředí*. České vysoké učení technické, Praha, 383 s.

Chábera S., Kössl R., 1999: *Základy fyzické geografie*. Jihočeská univerzita, České Budějovice, 159s.

Chuman T., 2012: *Revitalizace lomů spontánní sukcesí*. Životné prostredie: revue pre teóriu a starostlivosť o životné prostredie, 2012, roč. 46, č. 3, s. 134—138.

Janeček M. a kol., 2008: *Základy erodologie*. Česká zemědělská univerzita, Praha, 165 s.

Janeček M. a kol., 2012: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Česká zemědělská univerzita, Praha, 114 s.

Jongepierová I. a kol., 2012: *Ekologická obnova v České republice*. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha, 147 s.

Jůva K., Cablík J., 1954: *Protierosní ochrana půdy*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 254 s.

Kadlecová T., 2018: *Vyhodnocení rýhové eroze s využitím blízké fotogrammetrie*. Diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Praha, 85 s.

Kluibr J., 2010: *Meliorace II*. Střední rybářská škola a Vyšší odborná škola vodního hospodářství a ekologie. Vodňany, 90 s.

Kopp J., 2005: *Nauka o krajině a životní prostředí*. ZČU, Plzeň, 86 s.

Kovář P., 2009: Ekologie obnovy narušených míst. [Část] III, cizorodé substráty v krajině. *Živa*, roč. 57, č. 3, s. 116—119.

Lichner Ľ., Šurda P. a Nagy V., 2020: *Vplyv vegetácie a jej sukcesie na hydrologické procesy v pôde*. 1. vyd. Bratislava: Veda, vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 93 s.

Lipský Z., 1999: *Krajinná ekologie pro studenty geografických oborů*. PŘF UK, Praha, 129 s.

Míchal, I., 1994: *Ekologická stabilita*. 2. rozš. vyd. Brno: Veronica, 276 s.

Nearing M. A., Wei H., Stone J. J., Pierson F. B., Speth K. E., Weltz M. A., Flanagan D. C., Hernandez M., 2011: *A Rangeland Hydrology and Erosion Model*. Transaction of the Asabe, , s. 901–908.

Novotný I., 2014: *Příručka ochrany proti vodní erozi*. Ministerstvo zemědělství, Praha, 73 s.

Odum E. P. 1977: *Základy ekologie*. Academia, Praha, 733 s.

Pasák V., 1970: *Větrná eroze půdy*. Výzkumný ústav meliorací, Praha, 186 s.

Pasák V., 1984: *Ochrana půdy před erozí*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 160 s.

Prach K., Bastl M., Konvalinková P., Kovář P., Novák J., Pyšek P., Řehouňková K., Sádlo J., 2008: *Sukcese vegetace na antropogenních stanovištích v České republice – přehled dominantních druhů a stadií.* – Příroda 26: s. 5–26.

Prach K. 2010: Výsypky. In: Řehounek J., Řehouňková K., Prach K. (ed.): *Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi.* Calla, České Budějovice. pp. 15–35.

Prach, K., 2012: *Ekologická obnova v České republice.* AOPK ČR, Praha. 148 s.

Prach, K., 2017: *Ekologická obnova aneb přirozená a řízená sukcese jako užiteční pomocníci. Zahrada – park – krajina.* Odborný časopis oboru sadovnictví a krajinářství. Roč. 27, č. 2 (2017), s. 40-45.

Prach K., Walker W. R., 2019: *Differences between primary and secondary plant succession among biomes of the world.* Journal of ecology, 399 s.

Prach K., Walker W. R., 2020: *Comparative Plant Succession among Terrestrial Biomes of the World.* Cambridge University Press, s. 510-516.

Quitte, E., 1971: *Klimatické oblasti Československa.* Academia. Praha. 73 s.

Reitschmiedová E. & Frouz J., 2016: *Sokolovské výsypky: Od měsíční krajiny po les.* Uchycování pionýrských druhů dřevin a jejich význam. Fórum ochrany přírody 1: s. 29-33.

Řehounek J., ed. et al., 2015: *Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi.* Calla, České Budějovice, 212 s.

Shao Y., 2008: *Physics and Modelling of Wind Erosion.* Springer Science & Business Media, Berlín, 456 s.

Schmidt J., 2000: *Soil erosion, Application of physically based models.* Springer – Verlag, Berlín, 321 s.



Slavík L., 2000: *Biotechnické úpravy v krajině*. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem, 225 s.

Slavíková, J. 1986: *Ekologie rostlin*. SPN, Praha, 366 s.

Strahler, A. H., 2011: *Introducing Physical Geography*. 5. vyd. Wiley, 656 s.

Štrupl M., 1966: *Rekultivace uhelných výsypek*. Tvorba a ochrana krajiny. Praha: ČSAZV, 83 s.

Štýs S., 1970: *Rekultivace a tvarování výsypek*. Most: Dům techniky SHD, 77 s.

Štýs S. a kol., 1981: *Rekultivace území postižených těžbou nerostů*. Nakladatelství technické literatury, Budapešť, 678 s.

Štýs S., 1990: *Rekultivace území devastované těžbou nerostů*. Nakladatelství technické literatury, Praha, 186 s.

Toy T. J., Foster G. J., Rerand K. G., 2002: *Soil erosion: processes, prediction, measurement and control*. John Wiley and Sons, New York, 341 s.

Vráblíková J., Vráblík P., 2008: *Aplikovaná pedologie*. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Ústí nad Labem, 147 s.

Vráblíková J., a kol., 2008: *Revitalizace antropogenně postižené krajiny v Podkrušnohoří*.

I. část, Přírodní a sociálně ekonomické charakteristiky disparit průmyslové krajiny v Podkrušnohoří. 1. vyd. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 182 s.

Vráblíková J., a kol., 2008: *Revitalizace antropogenně postižené krajiny v Podkrušnohoří*.

II. část, Teoretická východiska pro možnost revitalizace území modelové oblasti: metodika: studijní část. 1. vyd. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 148 s.

Vysloužilová, B., Kliment, Z., 2012: *Modelování erozních a sedimentačních procesů v malém povodí*. Geografie, 117, č. 2, s. 170 - 190.

Walker L. R. & DEL Moral, R., 2003: Primary succession and ecosystem rehabilitation. Cambridge University Press, Cambridge.

Zábojník J., 2018: *Výskyt eroze na výsypkách a přehled opatření na ochranu před erozí*. Bakalářská práce, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, 81 s.

Žížala D., Krása, J., Báčová, M., Zelenková, K., Laburda, T., Novotný, I., 2016: *Monitoring erozního poškození půd v ČR nástroji dálkového průzkumu Země*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 154 s.

## 8.2 Internetové zdroje

Prach, K., 2015. Ekologie obnovy ukazuje možnosti obnovy cenných biotopů. Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi [online]. Calla ©2015, [cit. 2022.10.26.]. Dostupné z: [http://www.calla.cz/data/hl\\_stranka/ostatni/sbornik\\_2\\_vydani\\_2015\\_web.pdf](http://www.calla.cz/data/hl_stranka/ostatni/sbornik_2_vydani_2015_web.pdf).

Most. Google [online]. Mapová data © 2023, [cit. 2022.10.26.]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/@50.5455163,13.5073034,8054m/data=!3m1!1e3!5m1!1e4>.

Mostecká nížina. Mapy [online]. Seznam © 2023, [cit. 2022.10.26.]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zemepisna?l=0&source=area&id=26386&x=13.5126525&y=50.5704027&z=9>

V ČR je potřeba obnovit po těžbě území o rozloze 58 tisíc fotbalových hřišť. Naše voda [online]. Praha: Naše voda © 2011-2023, 7.7.2022 [cit. 2022.10.22.]. Dostupné z: [https://www.nase-voda.cz/v-cr-je-potreba-obnovit-po-tezbe-uzemi-o-rozloze-58-tisic-fotbalovych-hristi/?doing\\_wp\\_cron=1677354178.1060600280761718750000](https://www.nase-voda.cz/v-cr-je-potreba-obnovit-po-tezbe-uzemi-o-rozloze-58-tisic-fotbalovych-hristi/?doing_wp_cron=1677354178.1060600280761718750000).

Větrná eroze půdy. *Eagri*. [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství © 2009-2023, [cit. 2022.10.26.]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/vetrna-eroze-pudy/>.

Vodní eroze půdy. *Eagri*. [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství © 2009-2023, [cit. 2022.10.26.]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/vodni-eroze-pudy/>.

Zákon České národní rady č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu. *Eagri*. [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství © 2009-2023, [cit. 2022.10.26.]. Dostupné z: [https://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe\\_uplna-zneni\\_zakon-1992-334-ochranaZPF.html](https://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_zakon-1992-334-ochranaZPF.html).

Zákon Federálního shromáždění č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon). *Eagri*. [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství © 2009 - 2023, [cit. 2022.10.26.]. Dostupné z: [https://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/ostatni/Legislativa-ostatni\\_uplna-zneni\\_zakon-1988-44-horni.html](https://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/ostatni/Legislativa-ostatni_uplna-zneni_zakon-1988-44-horni.html).

## 8.3 Ostatní zdroje - rozhovory

Téma: Vstupní informace k VPV, rekultivace, koncepce a řešení rekultivačních prací, poskytnutí fotografií.

- rozhovor s Janem Rážem, vedoucím technologem sekce Báňský rozvoj SU a. s., ve Vintířově dne 15. 7. 2017 v 9:00.

Téma: Informace o rekultivacích

- rozhovor s Ing. Ingrid Jarošovou, vedoucí oddělení rekultivací ČSA, spol. Sev. En Inntech a. s., v Mostě dne 14. 2. 2023 v 10:30.

Téma: Výběr posuzovaných ploch, fotodokumentace

- rozhovor s Ing. Ingrid Jarošovou, vedoucí oddělení rekultivací ČSA, spol. Sev. En Inntech a. s., a s panem Ing. Petrem Stanislavem, vedoucím měřičství a geoinformatiky, v Mostě dne 13. 1. 2023 v 9:00.

Téma: Geomorfologie, klima a hydrologie lomu ČSA

- rozhovor s Ing. Petrem Stanislavem, vedoucím měřičství a geoinformatiky, v Mostě dne 6.12.2022 8:19.

## 9 Seznam použitých obrázků, rovnic a příloh

### 9.1 Seznam obrázků a grafů

Obr. 1: Ohrožení půd a její průměrné potencionální ztráty vodní erozí

Obr. 2: Potenciální ohrožení zemědělské půdy větrnou erozí

Obr. 3: Tvary svahů podle Holého

Obr. 4: Příklad sekundární sukcese na opuštěném poli

Obr. 5: Mostecká hnědouhelná pánev

Obr. 6: Těžební dobývací prostor - Lom ČSA

Obr. 7: Posuzované území

Obr. 9A: rok 2019 území 1

Obr. 9B: rok 2022 území 1

Obr. 10A: rok 2019 území 2

Obr. 10B: rok 2022 území 2

Obr. 11A: rok 2019 území 3

Obr. 11B: rok 2022 území 3

Obr. 12: Postup při posuzování území

Obr. 13: Graf posuzovaného území 1

Obr. 14: Graf posuzovaného území 2

Obr. 15: Graf posuzovaného území 3

### 9.2 Seznam rovnic

Rovnice 1: univerzální rovnice, která se používá jako základní metoda k určování erozní ohroženosti,  $G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$

### 9.3 Seznam příloh

Příloha 1: Rok 2019 a rok 2022 území 1

Příloha 2: Rok 2019 a rok 2022 území 2

Příloha 3: Rok 2019 a rok 2022 území 3

Příloha 4: Postup při posuzování území I.

Příloha 5: Postup při posuzování území II.

Příloha 6: Postup při posuzování území III.

**Příloha 1:** Rok 2019 a rok 2022 území 1

Zdroj: vlastní v programu ArcGIS



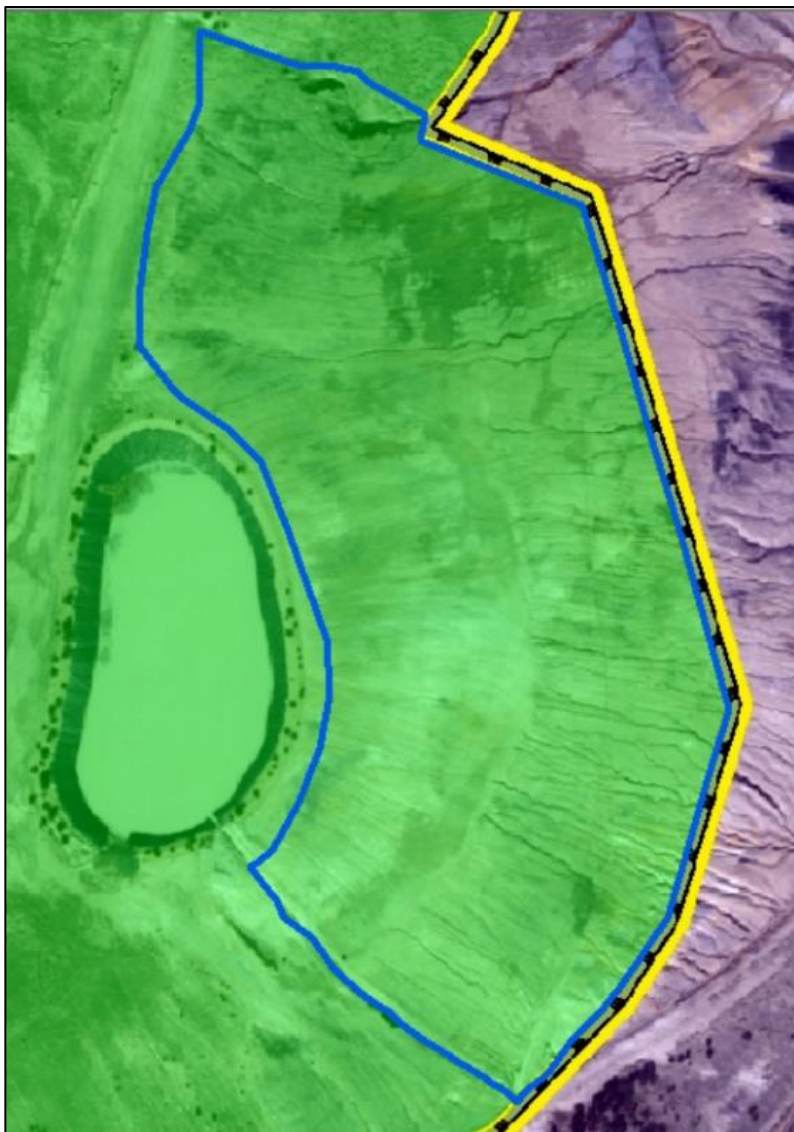
2019



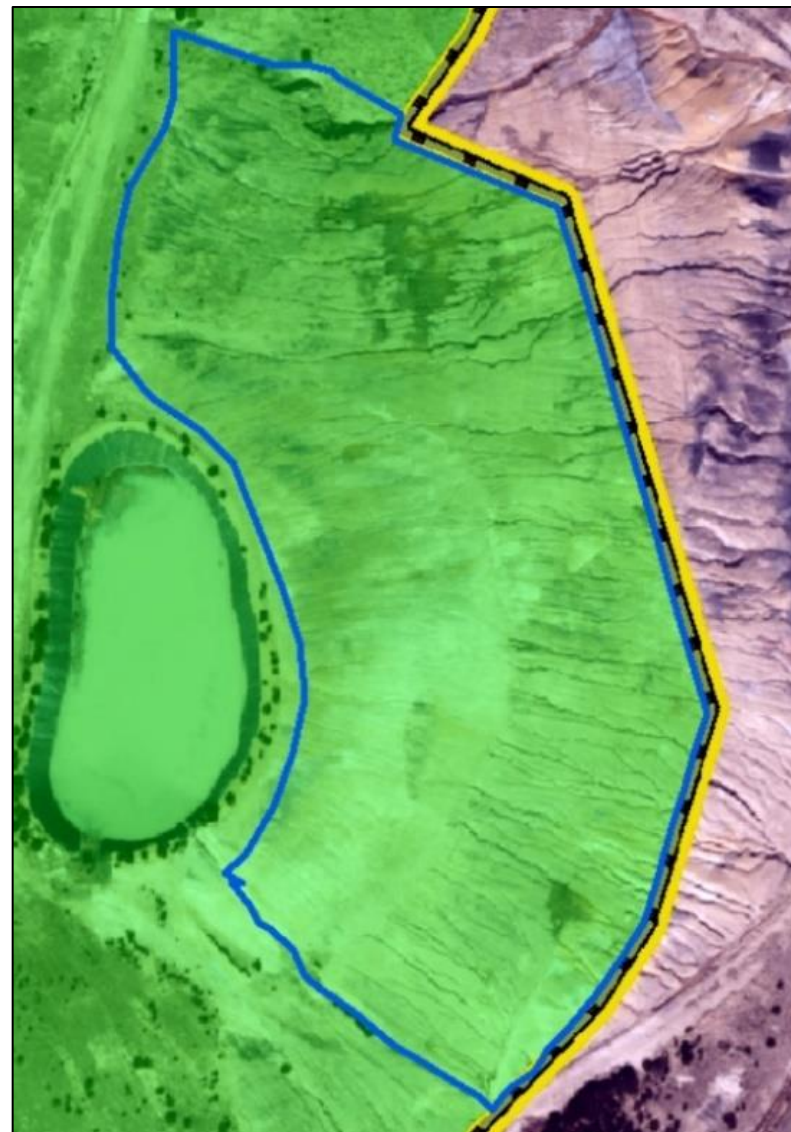
2022

**Příloha 2:**  
Rok 2019 a  
rok 2022  
území 2

Zdroj: vlastní  
v programu  
ArcGIS



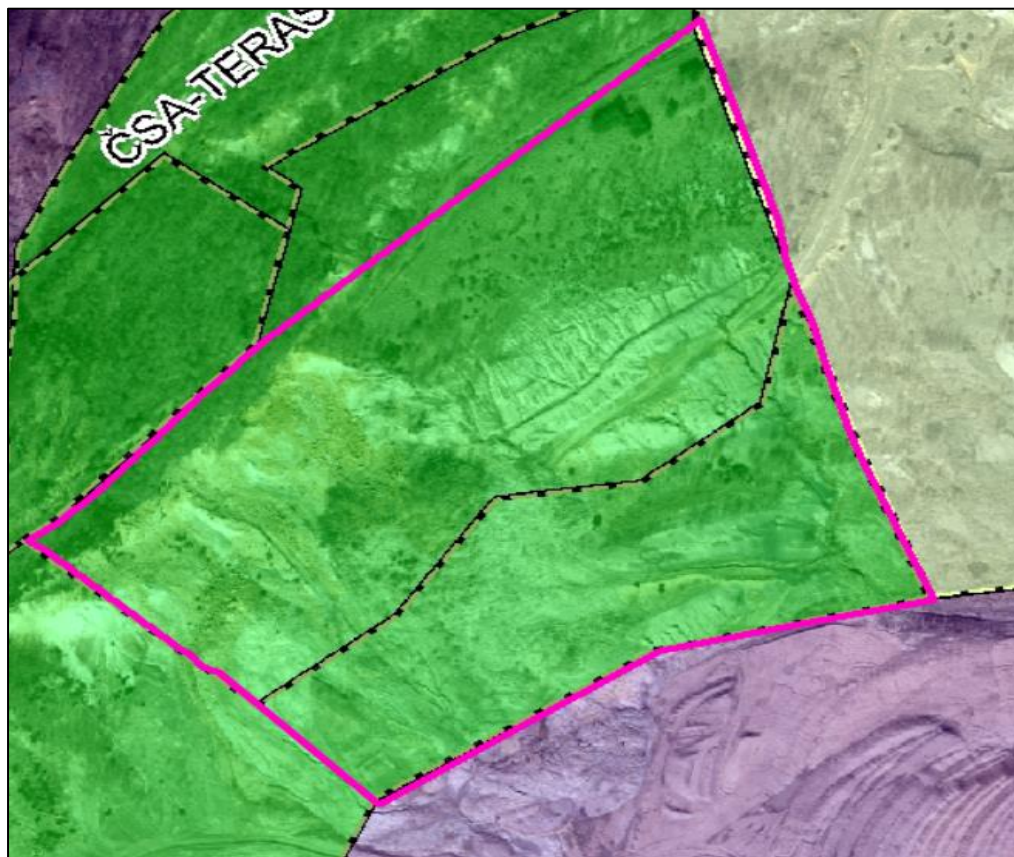
2019



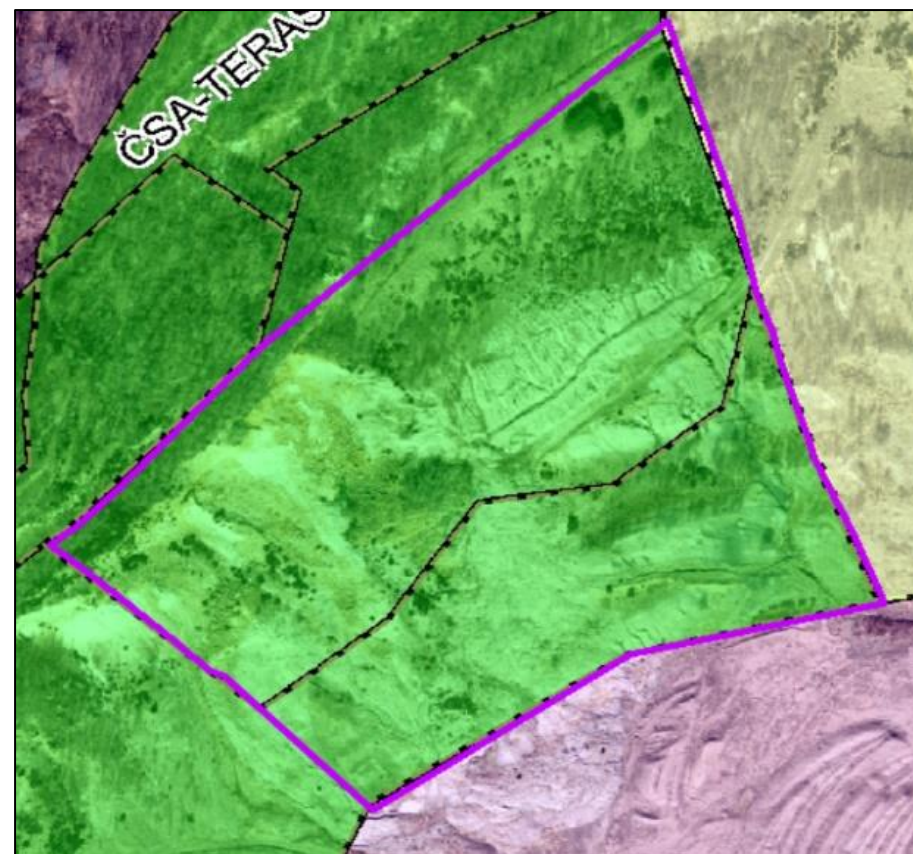
2020

**Příloha 3:** Rok 2019 a rok 2022 území 3

Zdroj: vlastní v programu ArcGIS



2019



2022

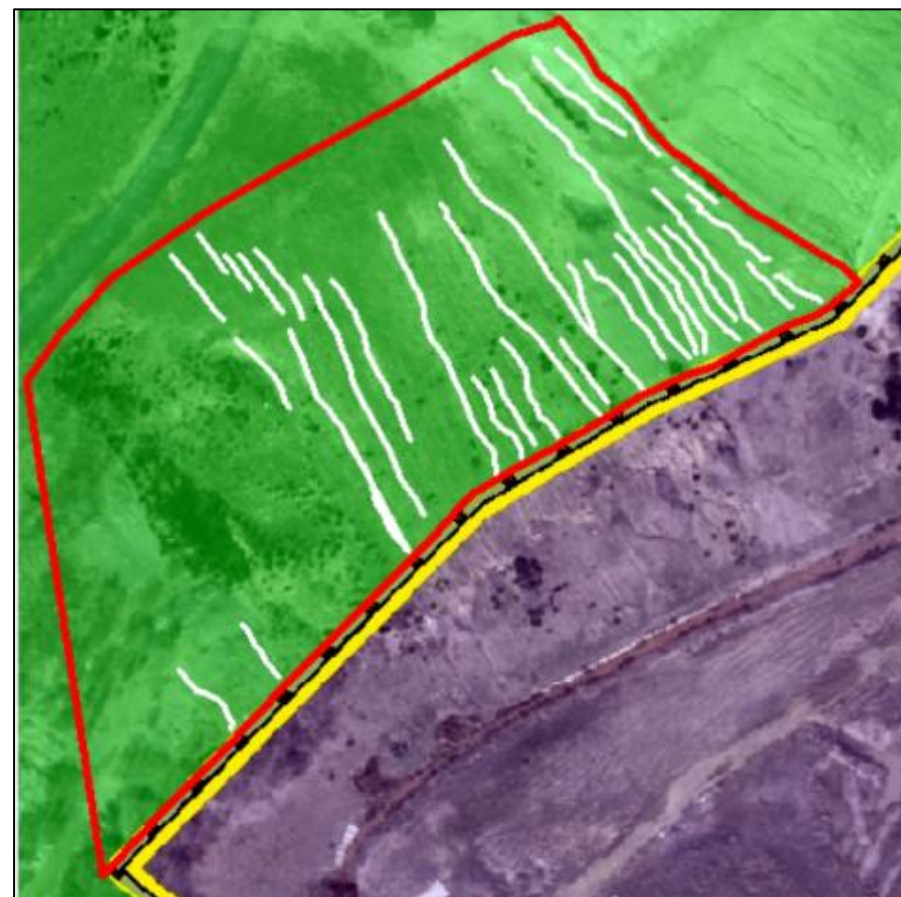


**Příloha 4:** Postup při posuzování území I.

Zdroj: vlastní v programu ArcGIS



Vymezené zájmové území rok 2019



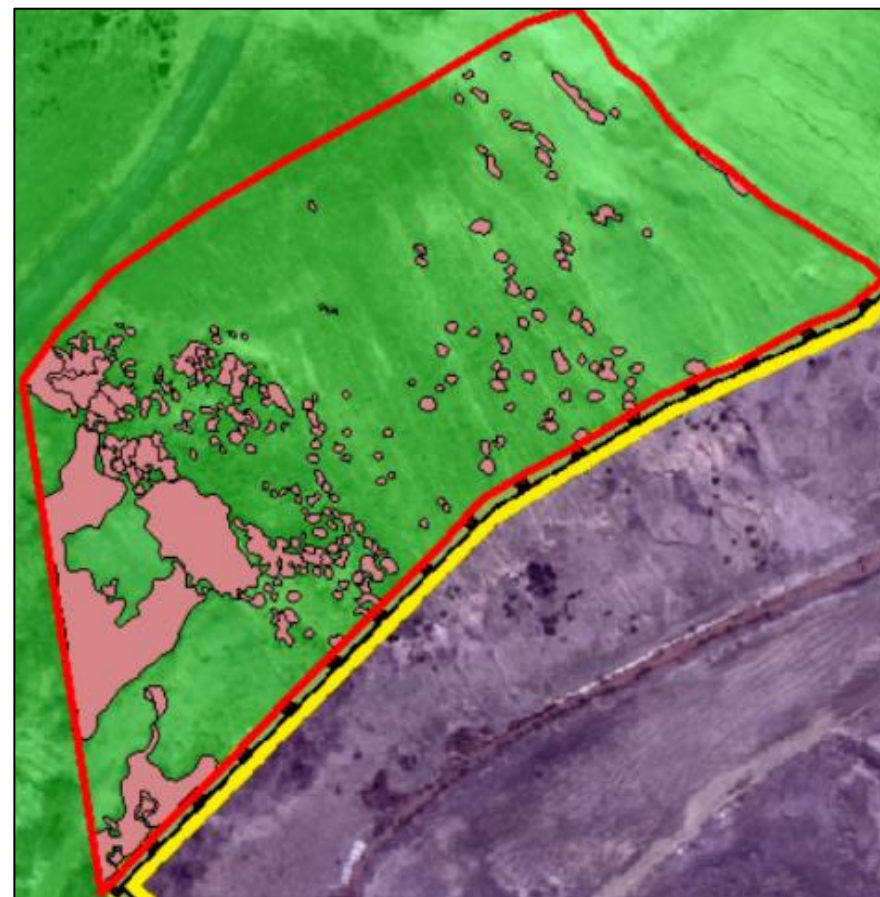
Určení erozních rýh 2019

**Příloha 5:** Postup při posuzování území II.

Zdroj: vlastní v programu ArcGIS



Určení TTP a bylinných ploch 2019



Určení dřevin 2019

**Příloha 6:** Postup při posuzování území III.

Zdroj: vlastní v programu ArcGIS



Určení erozních ploch 2019