

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2011**

**IVETA POLÁČKOVÁ**

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**  
**KATEDRA BIOTECHNICKÝCH ÚPRAV KRAJINY**

**Eroze půdy, její specifika v horských oblastech a způsoby  
hospodaření na těchto lokalitách**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Prof. Ing. Miloslav Janeček, DrSc.  
Bakalant: Iveta Poláčková

2011

**Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením prof. Ing. Miloslava Janečka, DrSc. a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze 27.4.2011

.....

## **Poděkování**

Děkuji svému školiteli prof. Ing. Miloslavu Janečkovi, DrSc. za vedení při přípravě této práce a zapůjčení literatury.

**Abstrakt:**

Cílem práce je popis eroze půdy, její specifika v horských oblastech a způsoby hospodaření na těchto lokalitách.

Jedná se o práci rešeršního charakteru a shrnuje současné znalosti o erozi se zvláštním zřetelem k erozi introskeletové v horských lesích České republiky.

První část bakalářské práce stručně pojednává o erozi půdy jako přírodním procesu, jeho příčinách, důsledcích a různých typech. Druhá část práce podrobněji probírá specifika eroze introskeletové. Samostatná kapitola je věnována detailnějším informacím o výskytu introskeletové eroze (ISE) v oblasti Krkonoš, o jejím vývoji, o rozsahu území postihovaného v Krkonoších introskeletovou erozí a dále o změnách ploch ohrožených ISE a příčinách těchto změn. Dále jsou z literatury soustředěna opatření, která mají vést k omezení výskytu ISE. Na závěr je souhrnně diskutována problematika eroze a introskeletové eroze. Přínosem práce je souhrnný popis introskeletové eroze a upozornění na odlišný přístup ochrany přírody v územích ponechaných samovolnému vývoji.

**Klíčová slova:** eroze půdy, introskeletová eroze, horské lesy, Krkonoše

**Abstract:**

The thesis deals with soil erosion, its characteristics in mountain areas and management measures having been implemented at such sites. The review summarizes the current knowledge on the topic: special attention is paid to introskeletal erosion (ISE) in mountain forests in the Czech Republic.

The first part of the thesis briefly presents soil erosion as a natural process, its drivers, consequences and various forms. The other part aims in details at the ISE specific features. The separate chapter includes detailed information on ISE in the Krkonoše/Giant Mts., its development, the extent of the area affected by the phenomenon in the Krkonoše/Giant Mts. as well as on changes in plots threatened by the ISE and their drivers. Furthermore, measures reducing the ISE impacts are listed in the thesis. The basic contribution of the thesis would be the comprehensive review on ISE, highlighting, inter alia, the need of specific nature conservation approach to be implemented in areas left to spontaneous development.

**Key words:** soil erosion, interskeletal erosion, mountain forests, the Krkonoše/Giant Mts

## OBSAH

1. Úvod.....	7
2. Cíle práce.....	7
3. Půda.....	8
3.1 Definice půdy.....	8
3.2 Typy půd.....	8
3.3 Ohrožení půd.....	9
4. Eroze půdy.....	10
4.1 Pojem eroze.....	10
4.2 Příčiny erozních procesů.....	11
4.3 Následky eroze.....	11
4.3.1 Degradace půdy.....	11
4.3.2 Změna fyzikálních vlastností půdy.....	12
4.3.3 Změna chemických vlastností půdy.....	12
4.3.4 Biologická degradace.....	12
4.4 Druhy eroze.....	12
4.4.1 Třídění podle formy.....	12
4.4.2 Třídění podle intenzity.....	13
4.4.3 Třídění podle erozních činitelů.....	13
5. Introskeletová eroze (ISE).....	14
5.1 Definice introskeletové eroze.....	14
5.1.1. Stanovištní poměry a ISE.....	16
5.1.2. Rozšíření introskeletové eroze v ČR.....	16
5.2. Lokalizace a členění ISE.....	22
6. Introskeletová eroze v Krkonoších.....	22
6.1 Přírodní poměry.....	22
6.1.1 Klimatické poměry.....	23
6.1.2 Geologické a půdní poměry.....	23
6.2. Kategorizace území z hlediska ohrožení introskeletovou erozí, provedená v rámci projektu GA/78/93.....	30
6.2.1 Extrémní plochy.....	31
6.2.2 Vyšší ohrožení introskeletovou erozí.....	31
6.2.3 Střední ohrožení introskeletovou erozí.....	31
6.2.4 Nízké ohrožení introskeletovou erozí.....	31
6.3 Přehled lokalit ohrožených introskeletovou erozí.....	32
6.3.1 Charakteristiky introskeletové eroze podle jednotlivých LHC.....	32
7. Technologie obnovy lokalit ohrožených introskeletovou erozí.....	34
7.1. Ochrana před introskeletovou erozí podsadbami.....	34
7.2. Speciální zalesňovací technologie.....	36
7.3. Aplikace přírodních melioračních materiálů.....	36
7.4. Minimální narušení půdního profilu.....	37
7.5. Přidávání zeminy.....	37
7.6. Přidávání bazické moučky.....	38
7.7. Kombinace zeminy a bazické moučky.....	38
7.8. Shrnutí možností technologické obnovy lokalit ohrožených ISE.....	38
8. Diskuse.....	39
9. Závěr.....	47
Přehled literatury.....	48
Internetové zdroje.....	53



## **1. Úvod**

Tématem této bakalářské práce jsou erozní procesy s detailním zaměřením na problematiku introskeletové eroze, která se vyskytuje v horských oblastech a představuje vážné problémy při obnovování lesů v těchto oblastech.

Problematika introskeletové eroze v horských oblastech byla rozeznána v druhé polovině minulého století a je v literatuře popsána a jsou navrženy některé postupy, které ji mají předcházet. První část bakalářské práce stručně pojednává o erozi půdy jako přírodním procesu, jeho příčinách, důsledcích a různých typech. Druhá část práce podrobněji probírá specifika eroze introskeletové. Samostatná kapitola je věnována detailnějším informacím o výskytu introskeletové eroze (ISE) v oblasti Krkonoš, o jejím vývoji, rozsahu území postihovaného v Krkonoších introskeletovou erozí a dále o změnách ploch ohrožených ISE a příčinách těchto změn. Dále jsou z literatury soustředěny informace o opatřeních, která mají vést k omezení výskytu ISE. Z těchto informací jsou v diskusi probrány negativní dopady eroze, rozebrány příčiny a postupy, které introskeletovou erozi omezují s návrhy postupů do budoucna.

## **2. Cíle práce**

Hlavním cílem této práce je soustředit formou rešerše publikované informace o introskeletové erozi, jako zvláštním druhu eroze, o tom, jak je hodnocena ohroženost lesních pozemků a rešerše vhodných technologií a postupů obhospodařování lesů, které mohou tento typ eroze zmírňovat nebo minimalizovat. Na základě těchto informací diskutovat význam tohoto typu eroze pro horské lesní hospodářství a způsoby, jak předcházet jejímu negativnímu dopadu.

Tato práce se nezabývá erozí jako exogenní geologickou činností ani erozí jako geomorfologickým činitelem, je soustředěna na erozi půdy jako substrátu pro růst rostlin. Z tohoto důvodu je důležité vymezit pojem půdy.



## 3. Půda

### 3.1 Definice půdy

Půda je podle definice použité v knize o půdě (Hauptman et al., 2009) nejsvrchnější část zemské kůry, tvořená směsí minerálních součástí odumřelé organické hmoty a živých organismů. Je vertikálně členěná, propojená se svým podložím a vzniká ze zvětralin nebo neztvrdnělých minerálních a organických sedimentů.

Půda jako jeden z hlavních zdrojů biosféry je podle OSN brána jako omezený a nenahraditelný přírodní zdroj. V případě postupující degradace půdy či dokonce její ztráty se stává tento přírodní zdroj v mnoha částech světa hranicí a limitem dalšího rozvoje lidské společnosti. Velmi důležitým aspektem je velmi pomalý vznik nové půdy. Jediný milimetr půdního profilu vzniká podle přírodních podmínek v řádu několika stovek let.

### 3.2 Typy půd

V literatuře lze najít mnoho klasifikací a systematik půd, které vycházejí ze srovnávání typických půdních profilů a jejich geneze. Při klasifikaci se používají různé diagnostické půdní horizonty (jako organické půdní horizonty, humózní horizonty, vybělené horizonty, horizonty translokovaných koloidů, horizonty reziduální akumulace Fe a Al, horizonty akumulace rozpustných solí, cementované a ztvrdlé horizonty, substráty apod. Němeček et al., 1990). Elektronický taxonomický klasifikační systém půd České republiky (Němeček, 2004) vyčleňuje v systematickém soupisu půd následující skupiny půd a půdní typy:

Leptosoly - litozem, ranker, rendzina, pararendzina.

Regosoly - regozem.

Fluvisoly - fluvizem, koluvizem.

Vertisoly - smonice.

Černosoly - černozem, černice, SE.

Luisoly - šedozem, hnědozem, luvizem.

Kambisoly - kambizem, pelozem.

Andosoly - andozem.

Podzosoly - kryptopodzol, podzol, Kad, KPm, PZm, KA.

Stagnosoly - pseudoglej, stagnoglej, LU.

Glejsoly - glej.

Natrisoly - slanec.

Salisoly - solončak.

Organosoly - organozem.

Antroposoly – kultizem, antropozem.

Jednotlivé půdní typy se dále člení do subtypů a variet. Podrobnosti klasifikace lesních i zemědělských půd uvádí Němeček et al. (2001).

### **3.3 Ohrožení půd**

Kromě kompakce nebo zasolování je u nás hlavním mechanismem, který ohrožuje půdy eroze. Při tomto procesu je vodou, vzdušným prouděním nebo gravitací vyvolávaným propadáváním redukována mocnost půdního profilu, a tím snižována jeho funkčnost jako podkladu pro růst rostlin.

Člověk začal půdy využívat již v dávnověku a postupně s přibýváním lidské populace se potřeba a využití půdy zvětšovaly.

Intenzivní využívání půdy pro zemědělskou výrobu a realizace investiční výstavby a odlesňování postupně porušila přirozený kryt půdy a vystavila její povrch působení erozních sil.

Přirozené příčiny eroze v holocénu byly v mírném klimatickém pásmu pravděpodobně nepatrné a nejvýznamnějším erozním faktorem se postupně stala zemědělská činnost. Intenzita eroze je závislá na reliéfu a na rozsahu způsobu obdělávání polí. Odlesněná půda zarůstá náhradní vegetací, travinnou a pak i keřovitou, která vytváří značně účinný náhradní pokryv. Zemědělské obdělávání půdy začalo ve středí Evropě kolem poloviny 6. tisíciletí př. n. l. pomocí motyk, kdy se půda rozrušovala jen v horních 5 – 10 cm. Ani po zavedení oradla v eneolitu se rozrušování svrchní vrstvy půdy nijak dramaticky nezměnilo a tudíž do mladší doby bronzové byla jen minimální půdní eroze způsobená člověkem. Vrcholný středověk zaznamenal z hlediska erozních pochodů zásadní změnu. Tvar pozemků se změnil na dlouhý pruh s úvratěmi pouze na kratší straně a s prodloužením erozně nebezpečné nepřerušované délky svahů, mělká křížová orba byla nahrazena hlubší jednosměrnou orbou pluhem. Hlubší orba a pěstování monokultur

s převažujícím obilnářstvím rychle vyčerpávaly půdu a narušovaly její přirozené protierozní účinky. Tyto změny zemědělského systému měly mnohdy za následek nadměrné zvýšení eroze půdy. K prudkému zrychlení eroze dochází v období 1750 – 1850, patrně ve spojení s intenzifikací zemědělské činnosti a rozoráváním úhorů a pastvin spjaté s přechodem od trojpolní soustavy ke střídavému pěstování polních kultur. Rozvoj erozních procesů po roce 1850 pokračoval v takovém rozsahu, že řešením hospodářských problémů jím vyvolaných se musely zabývat státní orgány.

Eroze způsobená zemědělskou činností vyvrcholila na území dnešní ČR v období po 2. světové válce, kdy byla pole sloučena do velkých celků, zničeny meze, remízky a jiné přirozené protierozní zábrany a zvýšilo se pěstování vysoce erozně nebezpečných plodin, např., kukuřice. Ke svahové erozi se za těchto podmínek přidružuje i eroze větrná. (Hauptman et al., 2009).

## **4. Eroze půdy**

### **4.1 Pojem eroze**

Slovo „eroze“ je latinského původu a je odvozené od slova „erodere“ – rozhlodávat. Eroze je přírodní proces při kterém působením vody, větru, ledu a případně jiných činitelů dochází k rozrušování povrchu půdy a transportu půdních částic a jejich následnému usazování. Je to proces reliéfový a je starší než pohoří tvořená sedimentárními horninami.

Půdní eroze způsobená činností vody, větru a ledovců je třífázový proces: první je uvolňování části z půdní hmoty, druhou je transport a třetí ukládání materiálu, k němuž dochází tehdy, není-li k dispozici dostatek energie, jež by částice dále transportovala.

Ellison (1947) obecně definuje erozi jako odnos části půdy způsobený erozními činiteli. Proces probíhá ve dvou po sobě následujících etapách. Nejdříve dochází k uvolnění částic půdy, poté následuje jejich odnos. Laflen et al. (1991), však proces vodní eroze dělí do tří etap. V první fázi jsou částice půdy uvolněny dopadem kapek deště nebo povrchovým odtokem. Tyto částice jsou unášeny vodou a konečně dochází k třetí etapě, k jejich usazení na novém místě.

Znalost erozních procesů je důležitá pro návrh protierozní ochrany půdy. Mezi nejdůležitější faktory, které ovlivňují vznik a průběh vodní eroze, patří přívalové srážky.

## 4.2 Příčiny erozních procesů

Vznik, průběh a intenzita erozních procesů je dána především přírodními podmínkami a velmi významně také činností člověka. Mezi přírodní podmínky řadíme zejména, klimatické a hydrologické (zeměpisná poloha, nadmořská výška, množství a intenzita srážek, teplota, výpar, odtok, směr a síla větru), morfologické (sklon území, délka a tvar svahu, nevětrnost..), geologické a půdní (povaha horninového substrátu, půdní druh a typ, textura a struktura půdy, její vlhkost, obsah humusu) a vegetační (typ, hustota a délka trvání pokryvu). Mezi činnosti člověka ovlivňující erozní procesy řadíme zejména způsob využívání a obhospodařování půdy (poloha a tvar pozemků, směr obdělávání, střídání plodin). Na našem území se průměrně v každém místě vyskytne za rok 5 až 6 krátkodobých, zpravidla bouřkových dešťů se srážkovými úhrny nad 10 mm. Při těchto deštích, jejichž úhrn a intenzita překračuje počáteční akumulaci půdy a intenzitu infiltrace, dochází, zejména na svažitéch pozemcích k povrchovému odtoku. Obdobný jev se může vyskytovat i při jarním tání, kdy se roztálá voda nestačí vsakovat do vodou nasycené, často ještě zmrzlé půdy. V důsledku morfologické rozmanitosti půdního povrchu se povrchově soustřeďuje voda a vytváří v půdě drobné rýžky, rýhy a někdy až strže. Odtok vznikající v horních částech povodí stéká pak dolů různými druhy proudění, které jsou ovlivňovány velikým počtem faktorů jako je: rozdělení srážek v prostoru a čase, akumulace v povodí a korytech, hydraulika vodního toku. Dobré nebo špatné hydrologické podmínky na zemědělské půdě závisí především na hustotě zapojení porostu během roku, procentickém zastoupení jetelotrav v osevním postupu, množství posklizňových zbytků na povrchu půdy a drsnosti povrchu. V lesích špatné hydrologické podmínky znamenají, že lesní hrabanka, stromy a keře jsou nedostatečně zastoupeny nebo poškozeny a nekryjí půdu.

## 4.3 Následky eroze

### 4.3.1 Degradace půdy

Eroze patří mezi nejzávažnější degradační procesy působící na kvalitu půdních vlastností. Degradace půdy se vyjadřuje jako pokles snížení kvality a produkční schopnosti půdy v souvislosti s ochuzením zemědělské půdy o nejurodnější část tj. ornici.

Pojem degradace vypovídá o nepříznivých změnách v koloběhu živin a organické hmoty v půdě.

#### ***4.3.2 Změna fyzikálních vlastností půdy***

Eroze dále zhoršuje fyzikální vlastnosti půdy, jako jsou struktura, textura, objemová hmotnost, vodní kapacita, pórovitost a infiltrační schopnost.

#### ***4.3.3 Změna chemických vlastností půdy***

Na chemické vlastnosti půdy působí eroze tak, že snižuje obsah organické hmoty a humusu v půdě ztrátou povrchové vrstvy půdy, zvyšuje šterkovitost. Transportované půdní částice a na nich vázané látky znečišťují vodní zdroje, zanášejí akumulací prostory nádrží, snižují průtočnou kapacitu toků, vyvolávají zakalení povrchových vod, zhoršují prostředí pro vodní organismy, zvyšují náklady na úpravu vody a těžbu usazenin.

#### ***4.3.4 Biologická degradace***

Biologická degradace způsobuje úbytek a zhoršení kvalitní skladby půdních mikroorganismů, zvláště vlivem snížení moci humusového horizontu půd (Dumbrovský et al., 1998). Výnosy na erodovaných půdách jsou vyrovnávány kultivací a hnojením.

### **4.4 Druhy eroze**

#### ***4.4.1 Třídění podle formy***

Vodní eroze spočívá v rozrušování zemského povrchu dešťovými kapkami a povrchovým odtokem. Podle formy se dělí na plošnou, výmolnou a proudovou. Při plošné erozi je půda erodována téměř rovnoměrně po celé ploše pozemku nebo určité části svahu.

Výmolová vodní eroze vzniká postupným soustředěním povrchově stékající vody, která vyrývá v půdním povrchu zářezy, postupně se prohlubující. Prvním stádiem výmolové vodní eroze je eroze rýžková a brázdová. Z rýžek a brázd vznikají rýhy, které se prohlubují a výsledkem je rýhová eroze. Ta přechází v erozi výmolovou a ta v nebezpečnou, území devastující erozi stržovou. Voda přitékající do zhlaví výmolů a strží

tvoří často vodopád, který svou výmolnou činností prodlužuje výmol nebo strž proti sklonu. Tato forma eroze se nazývá eroze vodopádová.

Proudová vodní eroze probíhá ve vodních tocích působením vodního proudu. Je-li rozrušováno dno, nazýváme erozí dnovou, je-li rozrušován břeh, erozí břehovou.

Ve sprašových půdách dochází k vymílací činnosti podzemních vod hromadících se na nepropustné vrstvě a vznikají tunely. Tato eroze se označuje jako tunelová.

#### ***4.4.2 Třídění podle intenzity***

Podle intenzity třídíme erozi na normální a zrychlenou.

Při normální erozi je ztráta půdních částí doplňována tvorbou nových částic z půdního podkladu. Mocnost půdního profilu se nesnižuje. Mění se však zrnitostní složení vrchního půdního horizontu. K normální erozi se řadí eroze sezónní. Projevuje se v části území v sezóně, v níž je půda kryta erozně málo chránící plodinou. Dále existuje mikroeroze, při níž dochází k uvolňování půdních částí a rostlinných živin z místních vyvýšenin a k přemístění na malé vzdálenosti.

Zrychlená eroze smývá půdní částice v takové rozsahu, že nemohou být nahrazeny půdotvorným procesem z půdního podkladu.

#### ***4.4.3 Třídění podle erozních činitelů***

Podle erozních činitelů erozi třídíme na vodní (akvatickou, či fluviální). Ta je vyvolávána kinetickou energií dešťových kapek dopadajících na půdní povrch a mechanickou silou povrchově stékající vody. Větrná (eolická) spočívá v rozrušování půdní hmoty kinetickou energií větru, v přemísťování uvolněných částic a jejich ukládání při poklesu energie vzdušného proudu. Ledovcovou (glaciální) erozi způsobují ledovce pohybující se působením tíže do údolí. Při pohybu vynakládá ledovec převážnou část energie na erodování skladního podloží, které jednak obrušuje a vyhlazuje, jednak rýhuje valouny zamrzými v ledu. Ledovec strhává a unáší do nižších poloh velké množství horninových zvětralin, jež po uložení vytvářejí morény. Sněhová (nivální) eroze vzniká pohybem sněhu ve formě lavin, jejichž erozní činnost probíhá při velkých tlacích a rychlostech sněhu. Zemní eroze nazýváme erozní činnost suťových proudů, jež jsou tvořeny suťovým materiálem prosyceným vodou. Při svém pohybu do údolí rozrušují suťové proudy půdu a její podklad a vytvářejí hluboké rýhy. Antropogenní eroze – člověk

má vliv na vznik a průběh erozních procesů svými zásahy do přírody. Je výrazným činitelem při vzniku zrychlené eroze a na erozní procesy působí nepřímo i přímo.

V případě větrné eroze jde především o poškozování klíčících rostlin, znečišťování ovzduší a škody způsobené navátím ornice. V ČR je vodní erozí ohroženo asi 40 % zemědělské půdy a větrnou erozí asi 15 %. (Holý, 1994)

## **5. Introskeletová eroze (ISE)**

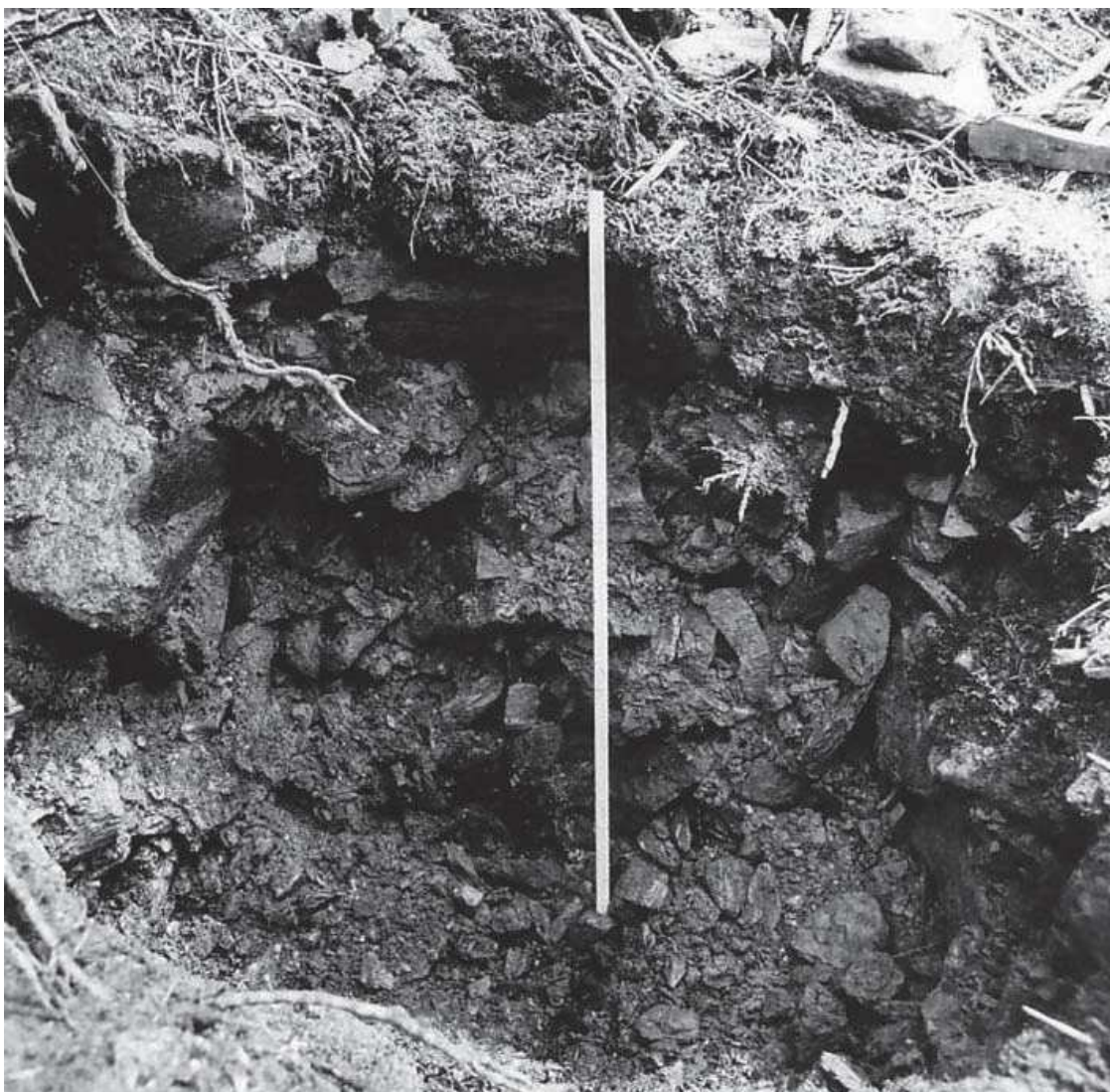
### **5.1 Definice introskeletové eroze**

Introskeletová eroze (ISE) je chápána jako jev, kdy na kamenitých půdách dochází převážně k vertikálnímu propadávání půdních částic mezi skeletem do spodin půdního pláště. S tímto jevem jsou spojeny další přídatné jevy např. mechanická eroze, způsobená těžbou a přibližováním dřeva, dále převážně klimatické jevy způsobují odumírání rostlinného drnu a rychlou mineralizaci nadložního humusu. Projevem těchto jevů je obnažování kamenů, sutí a zároveň dochází k propadání a proplavování půdních částic, tedy k vlastní ISE.

Oba tyto jevy jsou jevy přirozené, přídatné jevy se uplatňují po odlesnění na všech balvanitých půdách, ISE se uplatňuje pouze na suťovitých lokalitách, kde jsou mezi skeletem velké meziprostory, které propadání a proplavování částic umožňují.

Proces introskeletové eroze je iniciován nejčastěji smýcením lesních porostů a bývá obvykle umocněn soustředováním dřeva. Introskeletová eroze nepostihuje jen plochy holosečené, ale i půdní povrch pod zvolna se rozpadajícími dospělými smrkovými porosty.

Na extrémně skeletovitých a slunných lokalitách převážně v horských polohách se ISE objevuje dokonce již v progresivní fázi odumírání stromového patra v důsledku působení škodlivých činitelů. Při postupující ISE dochází ke ztenčování a ztrátě půdního profilu a k následnému vystupování kamenitých a balvanitých sutí. Při výrazném zvětšování původně malých plošek sutě či povrchové kamenitosti se procesy ISE stávají limitujícím faktorem obnovy lesa.



Obr. 5.1.- 1: **Ukázka intraskelletové eroze.** (Půdní profil charakteru Y narušovaného introskeletovou erozí. Kameny a balvany jsou částečně pokryty sesýpající se drobnější výplní) (Převzato z Souček, et al., 2010)

Pojem introskeletová eroze je užíván především v české odborné literatuře. V anglicky psaných pojednáních se užívá spíše pojmu *intrasoil erosion* (podobná pojem „vnitřní eroze – internal erosion“ má ale jiný význam) (Zachar, 1982). V ruské literatuře byl použit termín *vnutripočvennaja erozija* (Goršenin, 1974). Obdobný termín *subrosion* (*podzemní eroze*) se vztahuje spíše na erozi hornin, kdy rozpouštění podzemních vrstev tvořených rozpustnými horninami, jako je vápenec nebo kamenná sůl, vede k poklesům na povrchu. Tento termín byl ale použit i v případě vymývání a vyplavování jemných



částic z podzemních vrstev, což může vést k tvorbě závrtů (viz např. Poescher a Patzelt, 1996).

### **5.1.1 Stanovištní poměry a ISE**

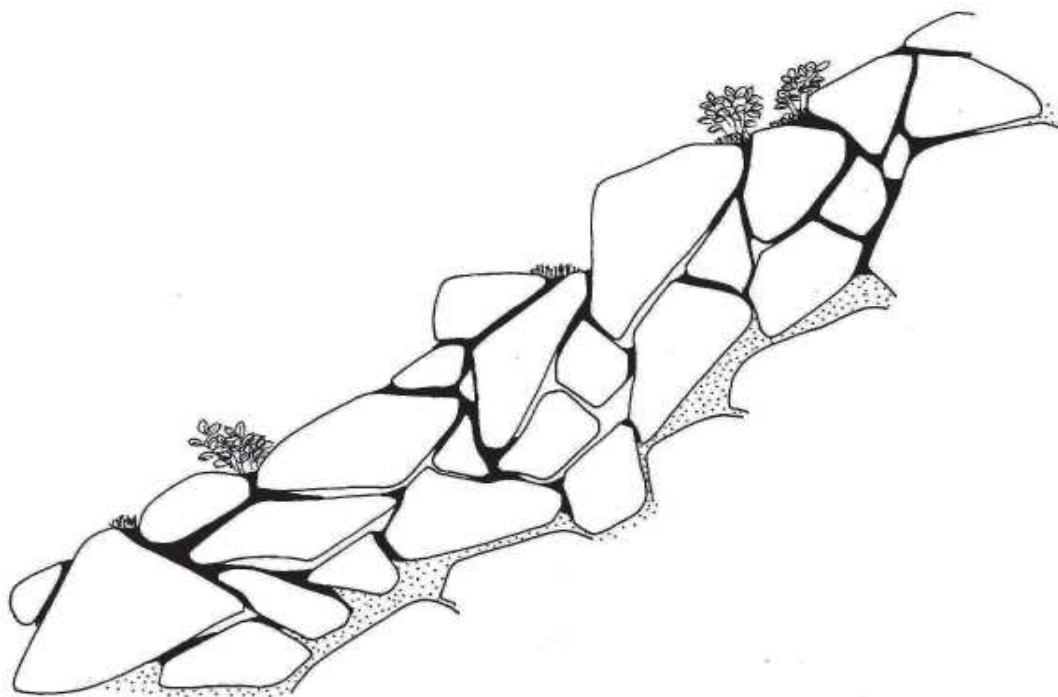
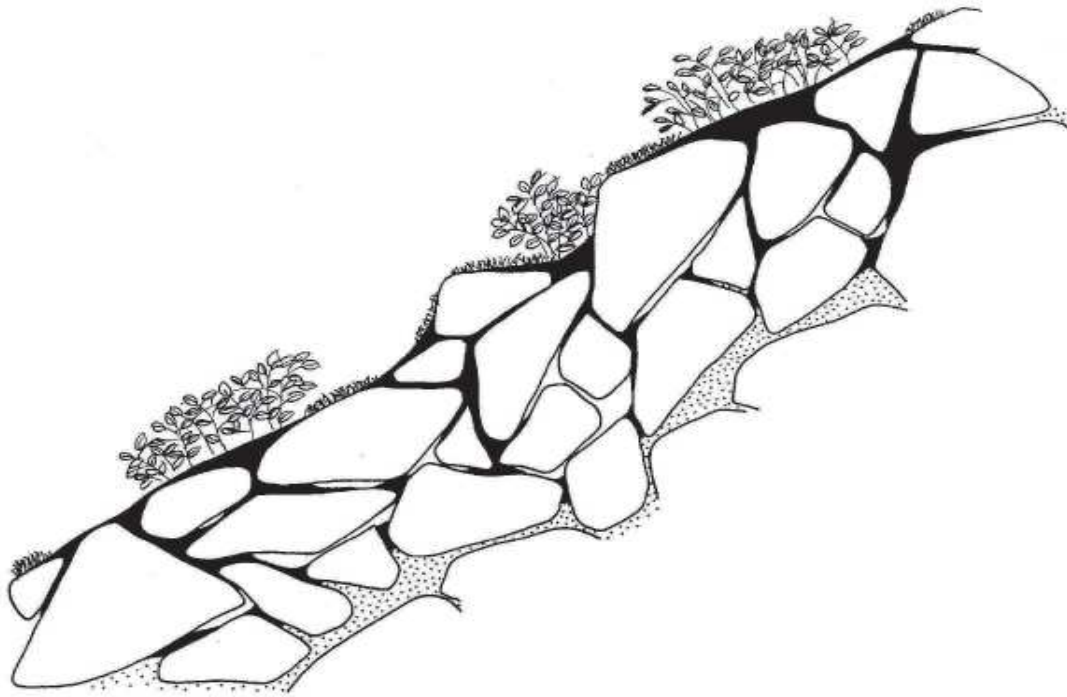
Z geologického hlediska byl největší potenciál ISE shledán na žulách, granodioritech, dioritech a syenitech. Rozpadem těchto hornin vznikají nejen hrubozrnné zvětraliny, ale i kompaktní balvany s velkými meziprostory. Podstatně menší potenciální ohrožení ISE bylo zjištěno na sérii moldanubika a proterozoika (svorové ruly, pararuly, migmatity, svory, fylity, ortoruly, granulity apod.). Zvětrávání těchto hornin vytváří menší kameny, suť je drobnější a meziprostory v ní nevelké.

Z hlediska půdních typů a subtypů procesy ISE hrozí nejvíce na litozemích a rankerech, méně již na pararendzinách, podzolu humusovém drnovém, kryptopodzolu rankerovém a nejméně na kambizemi rankerové.

Kromě geologického podkladu a půdních typů procesy ISE významně ovlivňuje reliéf terénu, sklon svahu, expozice, nadmožská výška a přízemní vegetační kryt (rostlinné společenstvo). Zejména pak spektrum přízemní vegetace (bylinné a mechové) až její absence a výskyt povrchové kamenitosti odráží projevy ISE, čehož bylo využito při výše uvedené diferenciaci potenciálního ohrožení půd ISE podle LT.

### **5.1.2 Rozšíření introskeletové eroze v ČR**

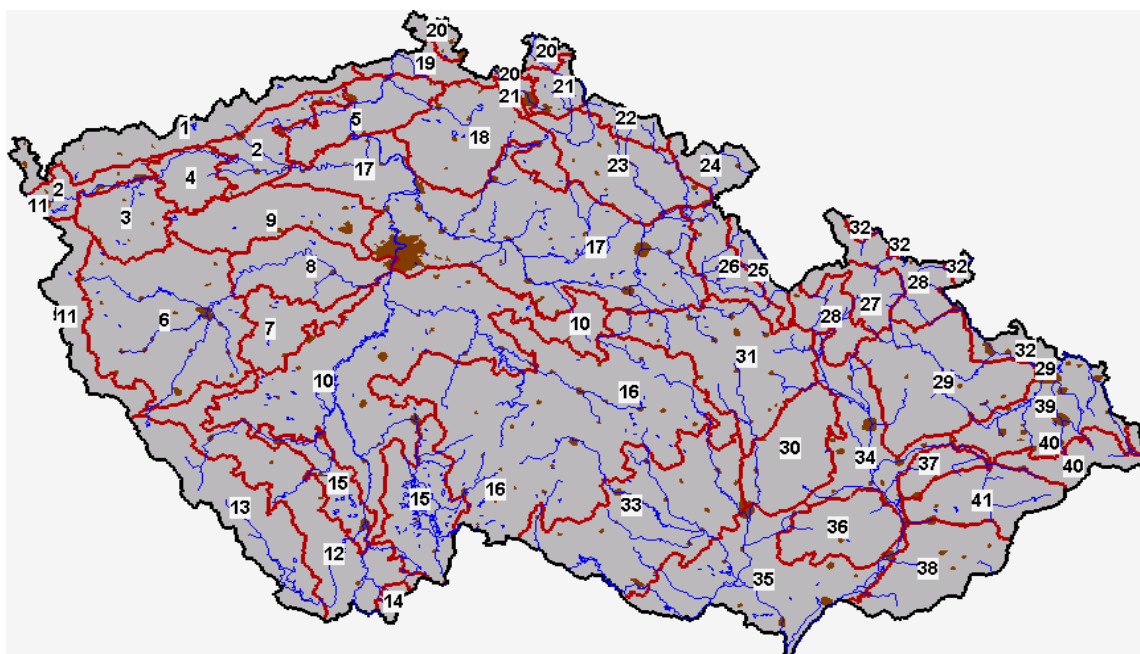
České republice je touto erozí ohroženo 45,5 tis. ha, nejvíce v Krkonoších, ale i v Jeseníkách, Jizerských horách, na Šumavě a v Novohradských horách.



Obr 5.1.2. - 1: Schema znázorňující proces introskeletové eroze na balvanitém svahu od povrchu do dutin. (Převzato z Souček, et al., 2010)

## Přírodní lesní oblast (PLO) - definice

Pojem přírodní lesní oblast definuje lesní zákon jako souvislé území s obdobnými růstovými podmínkami pro les. V současné době se užívá ve stejném smyslu pojem oblast provenience (zákon č. 149/2003 Sb., o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin) definovaný jako souvislá území s obdobnými ekologickými a růstovými podmínkami, v nichž jednotlivé druhy lesních dřevin při zohlednění vlivu nadmořské výšky vykazují obdobné fenotypové nebo genetické znaky.



Obr. 5.1.2 - 1: **Mapa přírodních lesních oblastí** (Převzato z [www.infodatasys.cz/lesnioblasti/default.htm](http://www.infodatasys.cz/lesnioblasti/default.htm))

Červené linie značí hranice přírodních lesních oblastí podle současně používaného členění ve státní správě (podle Vyhlášky MZe č.83 z 19.4.1996).

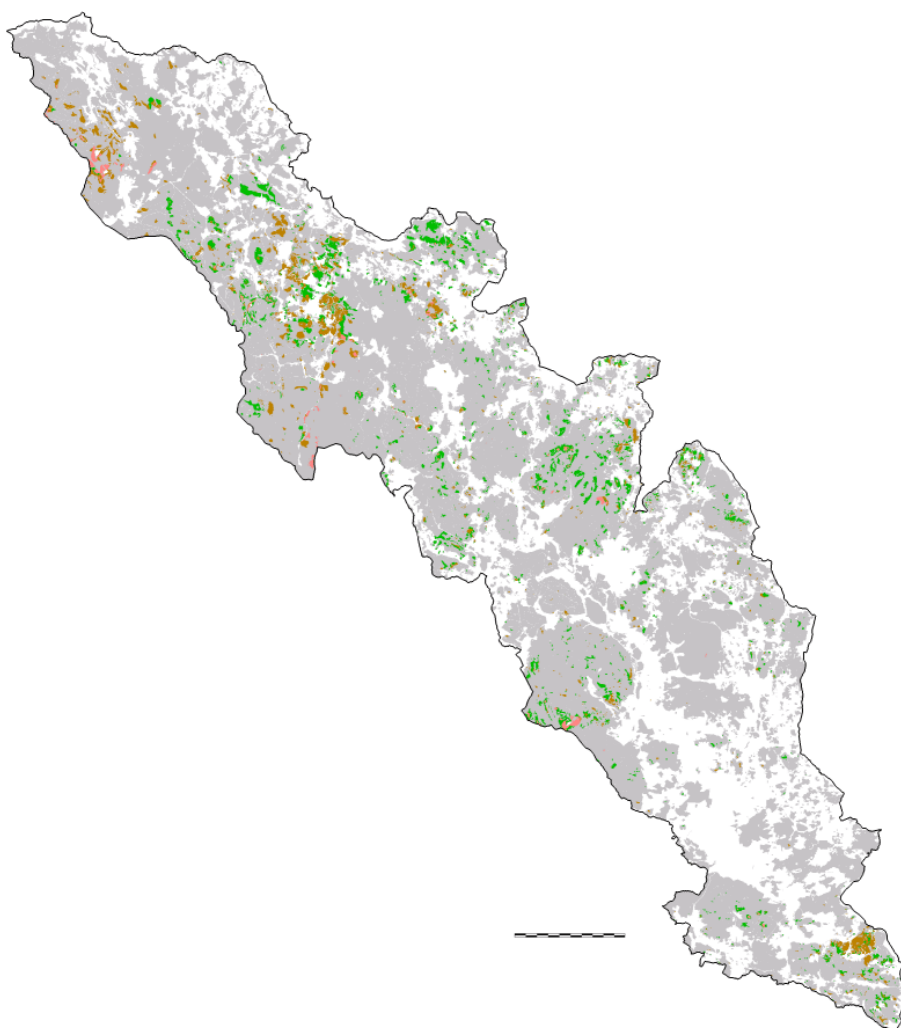
1 Krušné hory; 2 Podkrušnohorské pánve; 3 Karlovarská vrchovina; 4 Doupovské hory; 5 České středohoří; 6 Západočeská pahorkatina; 7 Brdská vrchovina; 8 Křivoklátsko a Český kras; 9 Rakovnicko-kladenská pahorkatina; 10 Středočeská pahorkatina; 11 Český les; 12 Předhoří Šumavy a Novohradských hor; 13 Šumava; 14 Novohradské hory; 15 Jihočeské pánve: Třeboňská pánev; 16 Českomoravská vrchovina; 17 Polabí; 18 Severočeská pískovcová plošina a Český ráj; 19 Lužická pískovcová vrchovina; 20 Lužická pahorkatina; 21 Jizerské hory a Ještěd; 22 Krkonoše; 23 Podkrkonoší; 24 Sudetské mezihory; 25 Orlické hory; 26 Předhoří Orlických hor; 27 Hrubý Jeseník; 28 Předhoří Hrubého Jeseníku; 29 Nízký Jeseník; 30 Drahanská vrchovina; 31 Českomoravské mezihory; 32 Slezská nížina; 33 Předhoří Českomoravské vrchoviny; 34 Hornomoravský úval; 35 Jihomoravské úvaly; 36 Středomoravské Karpaty; 37 Kelečská pahorkatina; 38 Bílé Karpaty a Vizovické vrchy; 39 Podbeskydská pahorkatina; 40 Moravskoslezské Beskydy; 41 Hostýnskovsetínské vrchy a Javorníky. Modře jsou vykresleny vody a hnědě významná města.

## **PLO Šumava**

Podle Vacka et al., (2003) je na Šumavě ISE potenciálně ohroženo 11 049 ha, tj. 8,2 % plochy lesů PLO, což je cca 24 % ploch potenciálně ohrožených ISE v horských oblastech ČR (viz Příloha 1). Lokality s vysokou ohrožeností (0,6 % plochy lesů PLO) zde představují z hlediska ISE největší nebezpečí. Sutě pokryté jen drnem borůvky, metličky nebo mechů či sutě, spojené pouze kořeny stromů a kryté hrabankou, se po odlesnění mohou vlivem ISE změnit v nezalesnitelné souvislé kamenné plochy bez jemnozeme. Největší dynamika ISE přitom byla zaznamenána v původně plně zapojených smrkových porostech. Typicky stínomilná dominantní mechová vegetace v těchto porostech v důsledku náhlé změny světelných poměrů při odtěžení nebo odumření stromového patra též chřadne a odumírá. Dochází zde k urychlené mineralizaci a výrazným procesům ISE. Tyto porosty je proto vhodné z těžby vyloučit. V případě jejich rozpadu vlivem lýkožrouta smrkového lze použít podsadby, popř. podsíje, aby nedošlo k úplné ztrátě půdy, resp. její jemné minerální a organické složky.

Lokality ohrožované středně (3,5 % plochy lesů PLO) představují mozaiku častých plošek sutě na kamenitých svazích. Oproti předcházející třídě je zalesňování těchto lokalit méně obtížné. Je-li úspěšné, po čase v kulturách a mlazinách nacházíme jen různě velké ostrůvky sutě.

Lokality s mírnou ohrožeností (4,1 % rozlohy lesů PLO) se nacházejí na LT pro vznik a vývoj ISE méně příznivých. Tyto lokality navíc většinou nebyly postiženy rozsáhlými těžbami při asanaci kůrovce. Ojedinělý výskyt ISE nevytváří předpoklady pro její rozšiřování.



Barva Color	Introskeletová eroze Introskeletal erosion	LO 01	LO 03	LO 04	LO 07	LO 11	LO 12	LO 13	LO 14	LO 15b	LO 16	LO 19	LO 20	LO 21	LO 22	LO 23	LO 24	LO 25	LO 26	LO 27	LO 28	LO 29	LO 31	LO 40	LO 41	
Black	Extrémní Extreme	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Red	Velmi vysoká Very high	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pink	Vysoká High	0.1	0.0	0.1	0.7	0.0	0.2	0.6	0.4	0.0	0.1	6.4	0.0	0.5	2.3	0.3	4.9	0.0	0.2	0.6	0.2	0.0	0.2	0.0	0.1	
Brown	Střední Middle	0.3	0.2	0.0	0.8	0.5	0.5	3.3	5.1	0.0	0.1	1.3	0.0	5.0	5.8	0.2	2.6	0.1	0.0	4.9	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	
Green	Nízká Low	1.4	0.6	0.6	4.0	1.8	4.6	4.3	7.8	0.2	1.8	2.6	0.7	4.1	9.3	1.9	7.4	2.5	2.3	9.1	3.3	0.4	0.6	0.3	0.2	
Grey	Žádná None																									

**Obr. 5.1.2 – 2: Ohroženost půd introskeletovou erozí na Šumavě**  
(převzato z <http://www.infodatasys.cz/lesnioblasti/default.htm>)

### PLO Krkonoše

V Krkonoších je ISE potenciálně ohroženo podle Vacka et al.,(2003) 10 308 ha, tj. 30,5 % plochy lesů PLO, což je 22 % ploch ISE potenciálně ohrožených v horských lesích

ČR. Lokality s velmi vysokou a extrémní ohrožeností (10,3 % plochy lesů PLO) se nacházejí nad horní hranicí lesa. Na většině těchto ploch se s opatřeními proti ISE neuvažuje, jelikož sutě jsou zejména v arктоalpínské tundře považovány za cílové stádium vývoje půd. Ojedinelé zalesňování těchto lokalit (pouze v SLT 9K) je velmi obtížné i s využitím speciálních technologií včetně donášky zeminy. Na řadě lokalit s vysokou třídou ohrožení byly procesy ISE výrazně urychleny použitím nevhodných těžebně dopravních technologií v průběhu imisní a kůrovcové kalamity. Opatření v ostatních třídách ohroženosti jsou shodná jako na Šumavě.

### **PLO Hrubý Jeseník**

V oblasti Hrubého Jeseníku a masívu Králického Sněžníku je podle Vacka et al., (2003) ISE potenciálně ohroženo 9 057 ha, tj. 16,6 % plochy lesů PLO, což je 19 % ploch ISE potenciálně ohrožených v horských lesích ČR. Opatření v jednotlivých třídách ohroženosti jsou podobná jako na Šumavě.

### **Horské lesy ČR**

Vacek et al., (2003) uvádějí, že v horských lesích ČR, tj. v 6.– 9. LVS je ISE potenciálně ohroženo 46 535 ha, tj. 10,1 % plochy horských lesů a 1,8 % plochy všech lesů v ČR. Jelikož se jedná o významnou produkční plochu, je třeba procesům ISE a protierozní ochraně v horských polohách věnovat značnou pozornost.

K zalesňování nejohroženějších lokalit jsou vhodné dřeviny především s pionýrskou strategií, ať již jeřáb ptačí, bříza pýřitá a karpatská, vrba jíva, olše zelená, ale i smrk ztepilý a kleč horská. V místech s nedostatkem zeminy, tj. na slabě zazeměných sutích, je nutné dodávání zeminy, a to především ze zemníků. V prostorách mezi kameny je nutno dodanou půdu řádně utěsnit a stabilizovat použitím kamenů, popř. biotextilií či horninovými moučkami, aby nedošlo k jejímu rychlému propadání a odplavení. V těchto podmínkách je velmi důležitá pečlivá příprava půdy, aby při jejím nakopání byl půdní povrch narušen minimálně. Výhodné je použití obalených sazenic, pro které není potřeba dělat větší jamku. Kořeny z obalů postupně prorůstají a vyhledávají akumulace půdy. Experimenty v Krkonoších prokázaly, že se procesy ISE výrazně zpomalují po dosažení

výšky výsadeb kolem 50 cm. V tomto stadiu již dochází ke značnému růstu kořenů, a tím i k plnění půdoochranných funkcí kultur.

## **Lesy v ČR**

V lesích na území ČR je ISE potenciálně ohroženo 57 369 ha, tj. 2,2 % půd všech lesů. V horských polohách je ISE ohroženo 46 535 ha lesních půd (1,8 %) a v podhůří 10 834 ha (0,4 %) - (Vacek et al., 2003).

## **5.2 Lokalizace a členění ISE na území ČR**

Vacek et al.(2003) uvádějí, že na základě terénního průzkumu rozsahu a dynamiky ISE na Šumavě (přírodní lesní oblast - PLO 13), v Krkonoších (PLO 22), v Hrubém Jeseníku a v masívu Králického Sněžníku (PLO 27) byla ve spolupráci VÚLHM, ÚHÚL a LF ČZU v Praze zpracována diferenciací potenciálního ohrožení lesních půd ISE pro 10 PLO s výrazným zastoupením horských lesů ČR (PLO 01 - Krušné hory, 03 - Karlovarská vrchovina, 11 - Český les, 13 - Šumava, 14 - Novohradské hory, 21 - Jizerské hory a Ještěd, 22 - Krkonoše, 25 - Orlické hory, 27 - Hrubý Jeseník, 40 - Moravskoslezské Beskydy) a pro horské lesy v ČR celkem. Kromě těchto území byly procesy ISE zaznamenány v 9 dalších PLO: v nižších horských a podhorských oblastech (04 - Doupovské hory, 07 - Brdská vrchovina, 12 - Předhoří Šumavy a Novohradských hor, 16 - Českomoravská vrchovina, 23 - Podkrkonoší) a v oblasti výskytu kvádrových pískovců (24 - Sudetské mezihoří, 18a - Severočeská pískovcová plošina, 18b - Český ráj a 19 - Lužická pískovcová vrchovina).

## **6. Introskeletová eroze v Krkonoších**

### **6.1 Přírodní poměry**

Přírodní poměry jsou charakterizovány jednak přímo poměry klimatickými (kap. 6.1.1), geologickými a půdními (kap. 6.1.2), jednak zprostředkovaně pomocí pro vlastní management vhodnější biogeografické charakteristiky území (kap. 6.1.3), lesnické typizace přírodních poměrů a účelově pak z hlediska potenciálního výskytu ekosystémů chráněných legislativou EU

### **6.1.1 Klimatické poměry**

Podle Atlasu podnebí ČSSR (1958):

- chladná oblast, převládají okrsky: C1 - mírně chladný (červencová teplota 12-15°C), C2 - chladný, horský (červencová teplota 10-12°C), C3 - studený, horský (hřeben-červencová teplota pod 10°C)
- mírně teplá oblast, nejnižší polohy jsou okrajově v okrsku: B10 - mírně teplý, velmi vlhký, vrchovinný (červencová teplota nad 15°C, počet letních dnů pod 50).

Podle klimatického členění Quitta (1971) se jedná o klimatické oblasti převážně chladné (CH7, CH6, CH4), velmi okrajově mírně teplé (MT2).

#### **Teploty a srážky:**

Přehled reálných údajů o průměrné teplotě, průměrných srážkách, délce vegetační doby a Langově dešťovém faktoru z klimatologických stanic na území Krkonoš udává tabulka (tab. 6.1.1. - 1) (Databáze ČHMÚ, Mikeska 2000).

Na východním úpatí se projevuje mírný srážkový stín, srážky v Žacléři (604 m n.m.) dosahují asi 850 mm. Průměrná roční teplota se pohybuje od 6 °C v nejnižších polohách do 0 °C v polohách nejvyšších. Průměrné roční srážky se pohybují od 800 mm. v nejnižších polohách do 1200 až 1400 mm na horských hřebenech. Délka vegetační doby je ve výšce 500 m průměrně 143 dnů, v 700 m 120 dnů, v 1000 m 102 dnů, v 1500 m 15 dnů, v 1600 m zanedbatelná. Výška sněhové pokrývky dosahuje 200 - 300 centimetrů (Mikeska 2000).

### **6.1.2 Geologické a půdní poměry**

Z geologického hlediska náleží oblast Krkonoš do krkonošsko – jizerského krystalinika. Geologická mapa zájmového území (obr. 6.1.2 - 1) byla digitalizována v rámci projektu GA/78/93 (Schwarz 1997, data Svoboda et al. 1966). Geologická stavba je poměrně jednoduchá. Krkonošský masiv vystupuje z podkrkonošských



Stanice	Nadm. výška	Průměrná teplota °C		Průměrné srážky mm		Vegetač . doba dnů	Langův Faktor
		roční	IV – IX	roční	IV - IX		
Horní Maršov	565	-	-	995	510	-	-
Dolní Dvůr, Rudolfov	666	-	-	1201	587	-	-
Harrachov	683	4,9	10,7	1200	607	122	245
Labská přehrada	691	4,9	10,7	1342	684	117	274
Špindlerův Mlýn(Bedřichov)	753	4,7	10,4	1322	650	118	281
Pec pod Sněžkou	812	-	-	1405	681	-	-
Bzenecko	886	4,7	10,4	984	516	116	209
Rezek (Horní Dušnice)	894	-	-	1203	603	-	-
Rokytnice n. J.	907	-	-	1231	628	-	-
Špindlerův Mlýn(Sedmidolí)	922	4,0	9,5	-	-	67	-
Malá Úpa, D. M. Úpa	960	3,9	9,5	1223	648	99	314
Sněžka (Polsko)	1603	0,2	4,9	1227	691	-	-

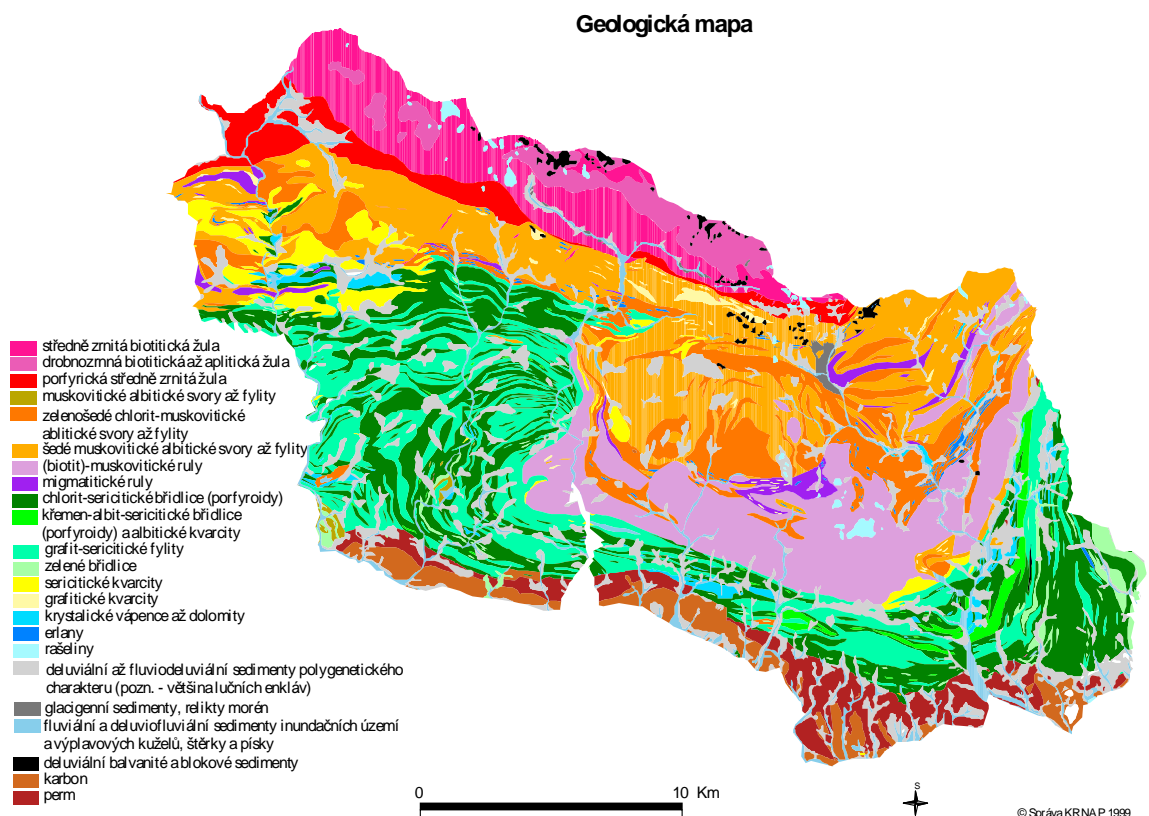
Tab. 6.1.1 - 1: Průměrné teploty a srážky z oblasti Krkonoš z období 1901 – 1950

(Mikeska 2000)

permokarbonských sedimentů a jeho jádro je tvořeno žulovým tělesem pronikajícím širokým pásem krystalických břidlic (svorů, fylitů a rul).

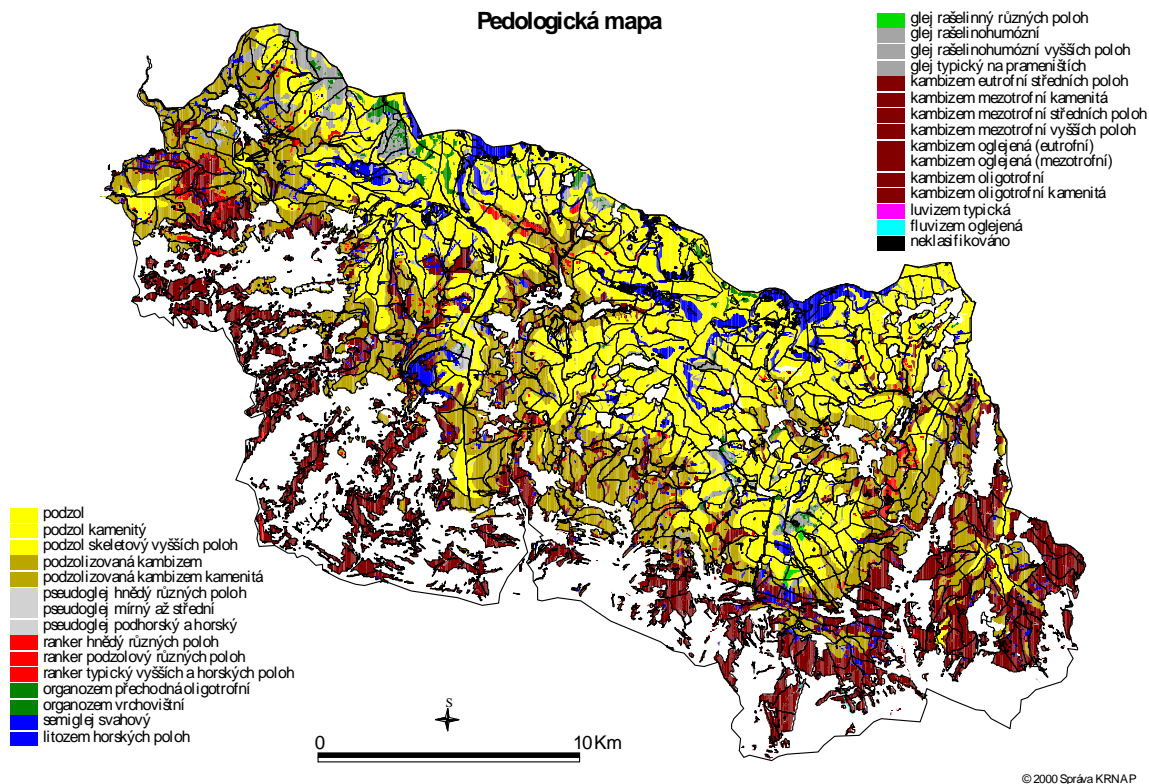
Protože je Krkonošsko - jizerské krystalinikum poměrně kyselým podložím, jsou místní půdy většinou minerálně chudé, vlhkostně však, díky srážkovým poměrům, příznivé. Tyto základní vlastnosti se promítají především do zastoupení pedogenetických jednotek. Všeobecně se jedná o půdy hlinitopísčité, místy

píščitohlinité, lokálně slabě oglejené. Jsou zpravidla hodně kamenité, místy skalnaté, případně organické. Pestrá morfologie terénu a značná propustnost zvětralin omezují vytváření vodou ovlivněných půd i při vysokých srážkách. V Krkonoších je výrazně vyvinuta vertikální půdní stupňovitost (Podrázský, Vacek 1994). Jednotlivá výšková půdní pásma mají důležité vlastnosti bioklimatické, fyzikální, chemické, biochemické a půdní pásma mají důležité vlastnosti bioklimatické, fyzikální, chemické, biochemické a mikrobiální a jsou ve vzájemných vztazích s lesními vegetačními stupni (LVS).



Obr. 6.1.2 - 1: **Geologická mapa Krkonoš** (Schwarz 1997d, data Svoboda et al. 1966).

Stupňovitost lesních půd je dobře patrné z pedologické mapy (obr. 6.1.2 - 2), vytvořené pro účely lesního managementu v prostředí GIS transformací lesní typologické mapy (Haniš et al., 1992) v rámci projektu GA/78/93.



Obr. 6.1.2 - 2: **Pedologická mapa Krkonoš** (Schwarz 1997d, data Haniš et al. 1992).

Výskyt půdních typů a subtypů v Krkonoších udává tabulka (tab. 6.1.2 - 1) a diagram (obr. 6.1.2 - 3).

Základem půd 5. LVS je nižší a střední část téměř souvislého výškového pásma typických oligotrofních a mezotrofních kambizemí. Jsou středně kyselé, lehčí, poměrně kamenité, provzdušněné, sorpčně nenasycené, středně zásobené živinami, středně humózní a s dobrými fyzikálními a hydrickými vlastnostmi. Tyto půdy patří k produkčně nejzdatnějším.

Základem půd 6. LVS jsou typické kryptopodzoly, většinou oligotrofní, jen na živnějších podloží mezotrofní. Jsou silně kyselé, lehčí, poměrně kamenité, provzdušněné, sorpčně nenasycené, slabě zásobené živinami, silně humózní a s dobrými fyzikálními a hydrickými vlastnostmi. Tyto půdy patří k produkčně velmi zdatným.

V 7. LVS se střetávají typické oligotrofní a mezotrofní kryptopodzoly s humusovými podzoly. Jsou zpravidla už velmi silně kyselé, vlhčí, dost kamenité, sorpčně silně nenasycené, málo zásobené živinami, velmi silně humózní a s poměrně dobrými fyzikálními a hydrickými vlastnostmi. Tyto půdy patří k produkčně zdatným.

Půdy 8. LVS tvoří převážně nižší část výškového pásma humusových podzolů. Jsou to půdy vesměs středně těžké až lehčí, velmi silně skeletovité. Provdzdušněnost, hydrické a fyzikální poměry jsou relativně dobré, ale teplotní režim je značně snížený. Jsou to půdy silně až extrémně kyselé se značnými zásobami nepříznivých forem humusu. Jsou extrémně sorpčně nenasycené. Množství přístupných živin je extrémně nízké. Oproti hnědým lesním půdám jsou podzoly charakteristické výrazným zhoršením půdních podmínek, zejména půdního chemismu, a sníženou stabilitou lesních ekosystémů.

Základem půd 9. LVS jsou horské drnové podzoly a vrchní část výškového pásma humusových podzolů. Jsou silně kyselé až extrémně kyselé, se zvýšenými zásobami vody. Jsou poměrně mělké, sorpčně extrémně nenasycené, slabě zásobené živinami, se značnými zásobami nepříznivých forem humusu. Fyzikální a hydrické vlastnosti jsou poměrně dobré, ale limitované nízkými teplotami. Tyto půdy se vyznačují extrémními růstovými půdními podmínkami v důsledku špatného půdního chemismu, mělkosti půdy a extrémních abiotických podmínek. V tomto LVS je i zvýšené zastoupení organozemí. Nevyvinuté půdy - regozemě, litozemě, rankery se vyskytují ve všech polohách na extrémních a silně exponovaných terénech. Pásmo kambizemí a pásmo podzolů je mozaikovitě prolno to podél vodotečí a v terénních depresích pásmem fluvizemí s těžištěm výskytu od 600 do 1100 m.

<b>Půdní typ</b>	<b>subtyp</b>	<b>zkr.</b>	<b>výskyt</b>	<b>SLT</b>	<b>Celkem %</b>
REGOZEM		RM	sutě a	5-9Y,Z	<b>1,0</b>
LITIZEM		LI	skeletnaté		<b>1,0</b>
RANKER		RN	svahy	5-8N,A,F; 5-9Y,Z	<b>4,0</b>
KAMBIZEM	typická oligotrofní	KMm <sup>o</sup>	různé podloží	5-6K	<b>1,0</b>
	typická mezotrofní	KMm <sup>b</sup>		5-6S,B,A,C,F	<b>2,0</b>
	dystrická (podzolová)	KMd		5-6K,M	<b>1,0</b>
	rankerová	KMy		5-6a	<b>2,0</b>
	pseudoglejová	KMg	plošiny, mírné svahy	5-6V,O,P	<b>+</b>
KRYPTO-PODZOL	typický oligotrofní	KPm <sup>o</sup>	různé podloží	6K,7K	<b>15,0</b>
	typický mezotrofní	KPm <sup>b</sup>		6B, 6S,7S	<b>7,0</b>
	rankerový	KPy		5-8N,A,F	<b>10,0</b>
	pseudoglejový	KPg		6-7V, 6-7O, 8V	<b>3,0</b>
PODZOL	humusový	PZh	nejvyšší polohy	8.-9. lvs; (7.	<b>37,0</b>
	drnový	PZh <sup>D</sup>		lvs)	<b>7,0</b>
GLEJ	kambický (svahový)	GLk	sníženiny	5-6G,Vg, 3Lr	<b>1,0</b>
	rašelinný	GLo		7-8G, (8T,5-6L)	<b>4,0</b>
	pseudoglejový	GLg		5-8Vg	<b>1,0</b>
	podzolový	GLz		8T	<b>1,0</b>
ORGANOZEM (rašelinná půda)		OM		6-9R; (7-8T,G)	<b>2,0</b>
FLUVIZEM	arenická	FMa	aluvia	3L, 5U, (5L)	<b>+</b>
PSEUDOGLEJ		PG	plošiny	5-7O,P	<b>+</b>
<b>Celkem</b>					<b>100</b>

Tab. 6.1.2 - 1: **Výskyt půdních typů a subtypů v Krkonoších** (Podle Mikeska, 2000).

LVS	Ekologické řady												
	Y	Z	N	M	K	S	F	B	D	A	T	G	R
9		S			S								
		Pv			Pv						R	R	R
8	S	P	Pk	P	P	P	P				Pk		
7	Rr		Pk	P	P	Hm	Hm	Hm	Hm				
6	Rr		Hpk	Hp	Hp	Hm	Hm	Hm	Hm	Hmk			
5	Rr		Hok	Ho	Ho	Hm	Hm	Hm	Hm	Hmk			

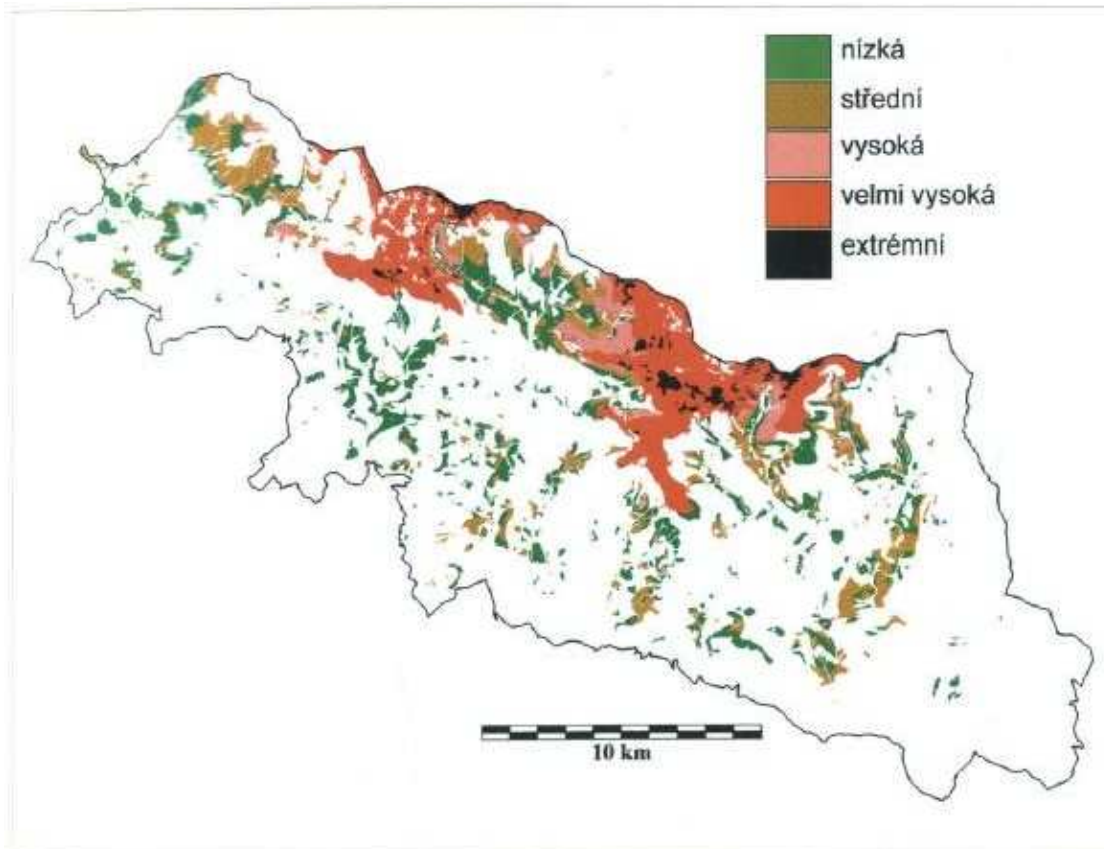
Obr. 6.1.2 - 3: **Diagram rozšíření půd podle lesních vegetačních stupňů a ekologických řad** (upraveno podle Emmer, 1996).

- S surové půdy (nevyvinuté půdy v nejvyšších horských polohách a na suti)  
Rr rankerové půdy  
R organozemě  
P podzoly v nižší části výškového pásma rozšíření  
Pv podzoly ve vrchní části výškového pásma svého rozšíření  
Hp kambizemě podzolované  
Ho kambizemě oligotrofní  
Hm kambizemě mezotrofní  
index „k“ označuje půdy silně kamenité  
(ekologické řady s malým plošným zastoupením a ekologická řada V byly vypuštěny)

### 6.1.3 Ohrožení půd introskeletovou erozí

Na potenciální nebezpečí jevu dnes nazývaného introskeletovou erozí (ISE) upozornil v Krkonoších poprvé Vacek (1983). Schwarz (1988) při vypracování ochrannářského plánu pro SPR Prameny Úpy již vylíčil konkrétní území ohrožená tímto typem eroze a doporučil vyloučení určitých lokalit z těžby dřeva. Problémy spojené s ISE doložil detailně Šach (1990a, 1990b). Výsledky sledování změn biologické aktivity půd v souvislosti s ISE publikoval Podrázský (1996) a výsledky sledování vegetačních změn Vacek a Matějka (1999). Dále se degradací lesních půd na kamenitých lokalitách zabýval Podrázský a Šach (1992) a Šach a Pašek (1996). Mezi lokality ohrožené ISE patří především sutě, kde je sporá mineralizace doprovázená vertikálním propadáváním

a proplavováním organických a anorganických půdních částic do dutin mezi kameny a balvany.



Obr. 6.1.3 - 1: **Potenciální ohrožení půd introskeletovou erozí v Krkonoších**  
(převzato z Vacek, Šach a Mikeska, 2010)

Výsledkem může být ireverzibilní vznik nových kamenných polí (Schwarz 1997). Podle průzkumů ÚHÚL provedeného v roce 1989 je ISE ohroženo 27,9 % lesního půdního fondu Krkonoš (Haniš et al. 1992), z toho více ohrožené lokality zaujímají 2166 ha (6,7 % lesního půdního fondu Krkonoš), lokality méně ohrožené 6821 ha (21,2 %). V rámci výzkumného programu (projekt GA/78/93) byla provedena revize lokalit hrožených introskeletovou erozí (Pašek 1991, 1993, 1994). Výměra ploch ohrožených introskeletovou erozí je 13,8 % (4 456,45 ha) (tab. 9). Distribuci ohrožení introskeletovou erozí přehledně vyjadřuje mapa (obr. 6.1.3. - 1).

## **6.2 Kategorizace území z hlediska ohrožení introskeletovou erozí, provedená v rámci projektu GA/78/93**

Mapování ohrožení introskeletovou erozí bylo provedeno metodou typologického

mapování v kombinaci s metodou metrickou (proměřováním půdní vrstvy). Proto hranice jednotlivých lokalit ohrožených introskeletovou erozí ani hranice jednotlivých kategorií ohrožení nemusí být identické s mapovanými hranicemi lesních typů nebo jejich souborů.

### **6.2.1 Extrémní plochy**

Tvoří 5,4 % rozlohy KRNAP. Sutě jsou zde považovány za přirozený ekosystém (ledovcové kary, lavinové dráhy, skály, kamenité svahy a sutě nad horní hranicí stromové vegetace) a proto se zde s opatřeními proti introskeletové erozi nepočítá.

### **6.2.2 Vyšší ohrožení introskeletovou erozí**

Lokality zařazené do kategorie vyššího ohrožení introskeletovou erozí tvoří 1,2 % rozlohy KRNAP. Jsou sem zařazeny sutě pokryté jen drnem borůvky a sutě spojené pouze kořeny stromů a pokryté hrabankou. Po odlesnění se mohou změnit až v trvale nezalesnitelné souvislé kamenné plochy bez jemnozemě. V minulosti docházelo na těchto lokalitách (obvykle s rozvolněným porostem) k přirozenému zmlazování lesních dřevin. V případě rozpadu porostů a absence přirozeného zmlazení je nutné použít podsíje nebo podsadby. Úmyslné holosečné těžby jsou zde vyloučeny. Lesní porosty na těchto lokalitách jsou zařazeny do kategorie lesů ochranných na mimořádně nepříznivých stanovištích (hospodářský soubor 01).

### **6.2.3 Střední ohrožení introskeletovou erozí**

Tyto lokality zaujímají 7,4 % rozlohy KRNAP. Jsou charakterizovány jako mozaika suťových ostrůvků obklopených kamenitými půdami a možností vzniku maloplošných sutí. Zalesňování těchto lokalit je méně obtížné oproti lokalitám s vyšší ohrožeností. Po úspěšném zalesnění nacházíme v kulturách nebo mlazinách pouze ostrůvky sutí. Lze předpokládat, že se většina suťových ostrůvků bude při odrůstání porostu postupně samovolně zmenšovat a ve stadiu dospělosti lesního porostu zmizí. Pouze u větších ostrůvků sutí je nutné použít speciálních melioračních postupů a technologií.

### **6.2.4 Nízké ohrožení introskeletovou erozí**

Tyto lokality tvoří 5,4 % KRNAP. Jsou na geologických podkladech pro vznik



a vývoj introskeletové eroze méně příznivých a prozatím zde až na Výjimky nepředpokládáme potřebu speciálních opatření. Výskyt introskeletové eroze na těchto lokalitách doprovázený ojedinělým vznikem ostrůvků sutí malých rozměrů je možné považovat za dočasné zvýšení diverzity ekosystému. Při ojedinělém výskytu ostrůvků sutí větších rozměrů může být výjimečně využito přírodních melioračních materiálů nebo biodegradovatelných geotextilií.

### **6.3 Přehled lokalit ohrožených introskeletovou erozí**

V extrémních lokalitách jsou sutě považovány za přirozený ekosystém (ledovcové kary, lavinové dráhy, skály, kamenité svahy a sutě nad horní hranicí stromové vegetace) a proto se zde s opatřeními proti introskeletové erozi nepočítá.

Mezi lokality s vysokým ohrožením introskeletovou erozí jsou zařazeny sutě pokryté jen drnem borůvky a sutě spojené pouze kořeny stromů a pokryté hrabankou. Po odlesnění se mohou změnit v trvale nezalesnitelné souvislé kamenné plochy bez jemnozeme. V minulosti docházelo na těchto lokalitách (obvykle s rozvolněným porostem) k přirozenému zmlazování lesních dřevin. V případě rozpadu porostů a absence přirozeného zmlazení je nutné použít podsíje nebo podsadby. Úmyslné holosečné těžby jsou zde vyloučeny.

Lokality se středním ohrožením introskeletovou erozí jsou charakterizovány jako mozaika suťových ostrůvků obklopených kamenitými půdami a možností vzniku maloplošných sutí. Lze předpokládat, že se budou ostrůvky sutí při odrůstání porostu postupně samovolně zmenšovat a ve stadiu dospělosti lesního porostu zmizí. Pouze u větších ostrůvků sutí je nutné počítat s použitím speciálních melioračních postupů a technologií.

Výskyt introskeletové eroze na lokalitách s nízkým ohrožením je doprovázen ojedinělým vznikem ostrůvků sutí většinou malých rozměrů, který je možné považovat za dočasné zvýšení diverzity ekosystému.

#### ***6.3.1 Charakteristiky introskeletové eroze podle jednotlivých LHC***

Ohroženost ISE byla v devadesátých letech v Krkonoších s mapována samostatně podle jednotlivých hospodářských celků (LHC)

LHC Harrachov - ohroženost menší : 557 ha, 5,9 % LHC. ISE je vázána na nemapovatelné fragmenty typů 6-8Y vylišených uvnitř typů 6-8No. V typech 6-8No vylišených uvnitř typů 6-8N<sub>1</sub> převládají doprovodné projevy ISE. Podložím je převážně žula.

LHC	Ohrožení introskeletovou erozí							
	Ohroženost nízká		Ohroženost střední		Ohroženost vyšší		Ohroženost celkem	
<b>Vrchlabí</b>	615,54 ha	6,6 %	1296,41 ha	11,8 %	144,93	1,3 %	<b>2056,88</b> ha	<b>18,7</b> %
<b>Maršov</b>	1048,3 3 ha	8,9 %	540,64 ha	4,6 %	145,60	1,2 %	<b>1734,57</b> ha	<b>14,7</b> %
	<b>Ohroženost menší</b>				<b>Ohroženost větší</b>			
<b>Harrachov</b>	557,00 ha			5,9 %	108,00 ha	1,2 %	<b>665,00</b> ha	<b>7,1</b> %
<b>Celkem</b>	<b>4456,45 ha</b>							<b>13,8</b> %

Na LHC Harrachov byla použita dvou a pro LHC Vrchlabí a Maršov třístupňová stupnice.

Tab. 6.3.1 - 1: **Ohrožení půd introskeletovou erozí a jejími doprovodnými projevy** (Schwarz 1997, data Pašek 1991, 1993, 1994).

LHC Harrachov - ohroženost větší : 108 ha, 1,2 % LHC. ISE je vázána na rozsáhlejší plochy sutí (Y,Z<sub>9</sub>, obklopených zpravidla typy 6-8No). Podložím je převážně žula.

LHC Vrchlabí - ohroženost nízká : 615,54 ha, 5,6 % LHC. ISE je vázána na ojediněle se vyskytující očka sutí na kamenitých svazích (stanovištní kategorie N, A, M). Podložím je převážně rula.

LHC Vrchlabí - ohroženost střední : 1296,41 ha, 11,8 % LHC. ISE je vázána na častěji se vyskytující očka sutí (stan.kat.N, LT N<sub>4</sub>). Podloží jsou různá, převažuje žula.

LHC Vrchlabí - ohroženost vyšší : 144,93 ha, 1,3 % LHC. ISE je vázána na rozsáhlejší plochy sutí (stan.kat.Y, LT N<sub>4</sub>). Podložím je převážně žula.

LHC Maršov - ohroženost nízká : 1048,33 ha, 8,9 % LHC. ISE je vázána na ojediněle

se vyskytující očka sutí na kamenitých svazích (stanovištní kategorie N, A, M,K). Podloží různá, převažuje rula.

LHC Maršov - ohroženost střední : 540,64 ha, 4,6 % LHC. ISE je vázána na častěji se vyskytující očka sutí (stan.kat. N, LT N<sub>4</sub>). Podložím je rula.

LHC Maršov - ohroženost vyšší : 145,60 ha, 1,2 % LHC. ISE je vázána na rozsáhlejší plochy sutí (stan.kat. Z, N, LT N<sub>4</sub>). Podložím je převážně rula.

## **7. Technologie obnovy lokalit ohrožených introskeletovou erozí**

Technologií obnovy lokalit ohrožených introskeletovou erozí se podrobně zabýval např. Kriegel (1999). Souček et al. (2010) uvádějí, že obnova lesa a ochrana kultur vyžaduje, především na lokalitách zařazených z hlediska ohrožení introskeletovou erozí do kategorie ohrožení střední a vyšší, speciální technologie.

V rámci kategorie nižšího ohrožení bývají speciální technologie využívány jen zřídka. Na souvislých plochách v kategorii vyššího ohrožení byly jimi navrženy a testovány zejména podsadby, na lokalitách zařazených do kategorie středního a nízkého ohrožení byly na holosečných prvcích zkoušeny speciální zalesňovací technologie a aplikace přírodních melioračních materiálů. Jednotlivá opatření je často účelné kombinovat. Společným cílem těchto opatření je zamezení rozšiřování sutí a suťových ostrůvků udržením kontinuity vegetačního krytu nebo rychlou obnovou vegetačního krytu.

Na extrémních plochách v nejvyšších plochách jsou sutě považovány za cílové stadium lesních typů a s opatřením proti introskeletové erozi se zde neuvažuje.

Lokality s velmi vysokou ohrožeností přirozeně vzniklých či historicky nezalesnitelných nakupených sutí při horní hranici lesa je také považována za cílové stadium lesních typů a s opatřením proti introskeletové erozi se zde uvažuje jen v entropicky citelně narušených větších lokalitách. (Podrázský, Vacek et al., 2010).

### **7.1 Ochrana před introskeletovou erozí podsadbami**

Na lokalitách v kategorii vyššího a někdy i středního ohrožení introskeletovou erozí je nutné využít podsadeb. Jedná se především o zachování kontinuity porostního krytu a s tím související podstatně menší změnou mikroklimatu ve srovnání s holou plochou. Zastíněním je brzděn proces mineralizace humusových částic s následným hrozícím

propadem a proplachem do spodních vrstev skeletu.

V porostech s vysokou dynamikou poškození v důsledku působení negativních imisně ekologických faktorů je nutno provádět podsadby v předstihu, nejlépe stresotolerantnějšími klony s případnou opatrně volenou příměsí vhodných melioračních



**Obr. 7.2 – 1:** Technologie výsadby s použitím geotextilie a donáškou zeminy  
3a. Vytvoření sadbového místa mezi kameny. 3b. Rozprostření geotextilie na sadbové místo. 3c. Výsadba do přidané zeminy. 3d. Urovnání povrchu sadbového místa. (Převzato z práce Souček, et al., 2010)

dřevin, aby byl zajištěn následný porost ještě před totálním rozpadem porostu původního. Je třeba mít na zřeteli, že procesy introskeletové eroze probíhají i pod zvolna se rozpadajícími dospělými smrkovými porosty.

## **7.2 Speciální zalesňovací technologie**

Speciální zalesňovací technologie je účelné používat na sutích zcela nebo téměř holých, prakticky bez organického materiálu, tzn. na lokalitách při zalesňování vyžadujících donos zeminy. Propadávání a proplavování půdních částic skeletem je na takových lokalitách nutno vyloučit pomocí textilie.

Do jamky minimální velikosti 35x35 cm a hloubce 30 cm je vkládána síť z biodegradovatelné textilie s řízenou dobou rozpadu o velikosti cca 60x60 cm (velikost ok 5x5 mm, výrobce Juta Úpice). Na tuto síť je rozložena rounová textilie STENA o tloušťce cca 5 mm, vyráběná Ústavem pro zpracování chemických vláken v České Třebové. Účelem rouna je zabránění propadávání drobných půdních částiček do spodiny a udržení vlhkosti půdy. Do takto „vystlaného“ prostoru je donesena zemina (cca 11 litrů na jamku). Vyčnívající konce geotextilie a rouna jsou donesenou zeminou zahrnuty.

## **7.3 Aplikace přírodních melioračních materiálů**

Cílem aplikace přírodních melioračních materiálů je úprava půdních vlastností ke zvýšení odolnosti půdy proti erozi a podpora rozvoje vysazované kultury v kořenové sféře i v nadzemní části. Intenzivní prokořenění je důležité pro zvýšení odolnosti půdy proti erozi. Rychlý růst a zapojení kultury sleduje co nejrychlejší zastínění půdního povrchu a tím v kombinaci se změnou dalších mikroklimatických podmínek i zpomalení mikrobiálních procesů a mineralizace. Meliorační materiály byly voleny tak, aby byly minimalizovány jejich možné negativní dopady na přírodní a přirozené ekosystémy, i když použití bazických materiálů je ve většině případů v I. a II. zóně diskutabilní. Ohled byl brán i na význam území jako oblasti přirozené akumulace vod. Proto byla navržena a je testována hlinitá zemina, horninová bazická moučka, a kombinace obou.

Bylo zjištěno, že pozitivní vliv melioračních opatření na výškový přírůst sazenic se projeví pozitivně na výškovém i tloušťkovém přírůstu sazenic již ve druhém roce po založení kultur (průměrné přírůsty : kontrola 7,1 cm, minerální moučka 8,8 cm, hlinitá

zemina 9,9 cm, kombinace 12,8 cm).



Obr. 7.2 – 2: Odrůstající kultura po aplikaci technologie výsadby s minimálním narušením půdního povrchu (převzato z Souček, et al., 2010)

#### 7.4 Minimální narušení půdního profilu

Sadbové místo se připravuje malou zahradnickou lopatkou tak, že na vhodném místě se v kamenné suti vyhloubí pouze úzký kruhový otvor jen o málo větší, než je sazenice v rašelino-celulózovém kelímku (objem 0,7 dm<sup>3</sup>). Před uložením sazenic do jamky se obal RCK na několika místech naruší roztržením. Veškerá organická půda vyjmutá při hloubení jamky, je přihrnuta nazpět ke kořenovému systému (obalu). Sazenice je na sadbovém místě pečlivě utěsněna, půdní povrch jamky je urovnán s okolím terénem.

#### 7.5 Přidávání zeminy

Do sadbové jamky je přidávána písčito-jílkatá hlína ze skývky kulturní zeminy s dostatečným obsahem prachových a jílnatých částic a vysokým obsahem živin a mírně alkalickou reakcí. K jedné sazenici je aplikován cca 1 litr (1 dm<sup>3</sup>) zeminy (1,5

- 2 kg). V případě potřeby, např. při výskytu větších dutin mezi kameny, bude použitý objem větší. Přidanou zeminu je nutné promíchat s organickými půdními částicemi (humusem) vykopanými při přípravě jamky (úspěšně byla testována zemina obsahující 39 % prachových a jílnatých částic, s vysokým obsahem vápníku - 5600 mg CaO ve 100 g půdy, hořčíku - 58 mg MgO ve 100 g půdy, dobrou zásobou rostlinám přístupného fosforu - 18 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve 100 g půdy, a nízkou zásobou draslíku - 4,2 mg K<sub>2</sub>O na 100 g půdy). (Zkoušeno v roce 1992 v sadě na VÚLHM – VS Opočno).

## **7.6 Přidávání bazické moučky**

Testovány byly odprašky amfibolitové horniny s obsahem 42 % částic horniny menších než 0,05 mm z kamenolomu v Markovicích u Čáslavi, dodávané na trh pod obchodním označením Krosil (typ 001). K jedné sazenici je doporučeno aplikovat 1 litr bazické moučky stejným způsobem jako zeminy v předchozí variantě.

## **7.7 Kombinace zeminy a bazické moučky**

Testována a doporučena je kombinace obou výše uvedených variant, kdy je aplikována směs hlinité zeminy a bazické moučky v poměru 1 : 1 v množství 1 litr k jedné sazenici stejným způsobem jako u variant předešlých.

Pozitivní vliv melioračních opatření na výškový přírůst smrkových sazenic se projevil u varianty – Bazická moučka činil 8,8 cm, u varianty zemina 9,9cm, u varianty Kombinace dokonce 12,8 cm.

U všech sledovaných variant byla zaznamenána téměř stoprocentní ujímavost vysazovaných sazenic. Největší účinnost se zatím ukázala u kombinace obou melioračních opatření. Pokud se naznačené trendy potvrdí i v následujícím období mohly by výsledky experimentu vést k úvaze připravovat speciální substrát pro zakládání lesních kultur na pozemcích ohrožených introskeletovou erozí v Krkonoších. Jeho hlavními složkami by byla vhodná minerální zemina a silikátová bazická moučka.

## **7.8 Shrnutí možností technologické obnovy lokalit ohrožených ISE**

Dosavadní výsledky vedou k pokračování ve výzkumu navržených a realizovaných půdoochranných, protierozních opatření. Cílem těchto opatření je rychlá obnova

lesních porostů a zamezení rozšiřování již vytvořených suťových ostrůvků na stanovištích ohrožených introskeletovou erozí. Na souvislých plochách s vyšší ohrožeností byly navrženy a jsou testovány zejména podsadby, na lokalitách s ohrožeností střední a nízkou, určenou zastoupením suťových ostrůvky, jsou na holosečných obnovních prvcích zkoušeny speciální zalesňovací technologie a dále aplikace přírodních melioračních materiálů při zalesňování. Jednotlivá protierozní opatření jsou i různě kombinována.

## 8. Diskuse

Eroze je přirozený proces rozrušování a přenosu objektů (zejména půdy a hornin) na zemském povrchu. Hlavní příčinou eroze je působení pohybujících se okolních látek - především vody, vzduchu (vítr) a také pohyblivých zvětralin a neuzpevněných usazenin. Eroze byla vždy existujícím přírodním procesem, ale v současnosti ji velmi silně ovlivňuje činnost člověka. Lidské hospodaření v zemědělství a lesnictví na mnoha místech Země erozi způsobuje nebo výrazně zvyšuje a člověk se stává doslova geologickým činitelem. Na druhé straně je potřeba zdůraznit, že člověk si tento problém uvědomuje a lidská společnost činí zásadní opatření k eliminaci nebo alespoň k omezení eroze, především v zemědělství a lesnictví je to v životním zájmu člověka, protože půda produkuje potraviny a dřevo. Nauka o erozi se nazývá erodologie a je zřejmé, že problematika eroze a protierozních opatření jsou důležitou součástí péče o životní prostředí (Janeček 2002, 2008; Holý 1994)

Problematika eroze půdy je známá z dávné historie různých civilizací po celém světě a často přispěla i k zániku nebo stěhování rozvinutých společností, nejznámější příklady ze starověku jsou z Mezopotámie (zazemňování závlahových kanálů), odlesnění na Balkáně, zejména Řecku, erozi dobře znali staří Římané. Stejně tak se s projevy eroze potýkali v Číně, Peru nebo Etiopii. S rozvojem a zdokonalením technologií k obdělávání zemědělské půdy v dalších stoletích až po dnešek se také postupně zvyšovalo riziko eroze a její následky. S tímto procesem se samozřejmě také shromažďovaly poznatky a zkušenosti, jak s erozí bojovat a omezovat její škodlivé účinky při lidském hospodaření. Důležitá je také prevence a odstraňování příčin eroze (tvar a poloha pozemků, střídání a druh plodin, doba pokryvu půdy vegetací). Aktivní opatření spočívají v lepší a plánovité organizaci půdního fondu, povinnosti vlastníků



půdy jsou upraveny právními předpisy. Ze strategického hlediska je nejdůležitější územní plánování a postupně se prosazující krajinné plánování. Tato opatření jsou přijímána jak na lokální a regionální, tak i na národní úrovni (pozemkové úpravy, územní systémy ekologické stability a další). V rámci Evropské unie je již delší dobu připravována a diskutována samostatná směrnice na ochranu půdy, ale zatím se jí nepodařilo prosadit. Strategické cíle a úkoly k ochraně půdy v České republice jsou uvedeny v dokumentech resortu životního prostředí, které byly schváleny vládou ČR (Státní politika životního prostředí, Státní program ochrany přírody a krajiny – viz [www.mzp.cz](http://www.mzp.cz)).

Ministerstvo životního prostředí (MŽP) se aktivně zasazuje o ochranu kvalitní půdy. V průběhu loňského roku se podařilo prosadit novelizaci zákona o ochraně zemědělského půdního fondu (zákonem č. 402/2010 Sb.) a v letošním roce vyšla nová prováděcí vyhláška k tomuto zákonu. V této vyhlášce č. 48/2011 Sb., o stanovení tříd ochrany bylo stanoveno pět tříd ochrany zemědělské půdy, v rámci kterých jsou podle kvality půdy odstupňovány platby za její vynětí ze zemědělského půdního fondu.

Ve Zpravodaji MŽP č. 4 z letošního roku ministerstvo deklarovalo, že půdu považuje za jeden z neobnovitelných přírodních zdrojů. Zemědělská půda neplní pouze základní funkci substrátu pro pěstování kulturních plodin a zajištění potravinové soběstačnosti pro obyvatele ČR. Půda má také zásadní vliv na vodní režim v krajině a na rostlinný kryt a místní klimatické podmínky. Její kvalita zase přímo souvisí s erozí a dalšími negativními vlivy. Zábor orné půdy v ČR v současné době dosahuje 14 ha denně.

Jednoznačně se ukázalo, že dosavadní legislativní a ekonomické nástroje ochrany půdy byly nedostatečné. Ministerstvo životního prostředí proto přistoupilo k úpravě stávajících a přípravě nových právních předpisů s hlavním cílem efektivně ochránit zejména nejkvalitnější a nejúrodnější typy půd. Tento krok má především omezit další zábory kvalitní zemědělské půdy kvůli investiční výstavbě a zároveň má obrátit pozornost investorů k nevyužívaným průmyslovým areálům tzv. brownfields.

Vyhláška o stanovení tříd ochrany, která je prováděcím právním předpisem k zákonu o ochraně zemědělského půdního fondu (zákon č. 334/1992 Sb., ve znění pozdějších

předpisů), významným způsobem zvyšuje odvody za vynětí půdy ze zemědělského půdního fondu.

Přípravou této vyhlášky aktivity ministerstva v oblasti ochrany půdy nekončí. Z pohledu předkládané bakalářské práce je velmi podstatné, že v dlouhodobém měřítku je cílem ministerstva připravit samostatný zákon na ochranu veškeré půdy, tedy bez ohledu na sektorové členění. Zákon bude vycházet z výsledků jednání o Rámcové směrnici k ochraně půdy, která probíhala na úrovni Evropské komise a mezi jednotlivými státy Evropské unie.

Ochrana zemědělského půdního fondu je propracovanější a má delší tradici než péče o lesní půdy a porosty. Již samotný lesní porost je totiž velmi dobrým protierozním činitelem a zalesňování je jedním z častých a účinných protierozních opatření. V souvislosti s velkoplošným a narůstajícím negativním působením lidské činnosti na lesy (rozsáhlé odlesnění, průmyslové exhalace a dlouhotrvající imisní zatížení) se výrazné projevy eroze začaly objevovat i na lesních pozemcích. Bohužel, jeden z nejmarkantnějších případů ve střední Evropě byl zaznamenán a projevil se se všemi důsledky také na území České republiky (tzv. „černý trojúhelník“ na pomezí ČR, Polska a východního Německa). Nejhorší situace byla v horských lesích pohraničních pohoří na severu ČR (Vacek, 1983; Uhlířová, 2000; Vacek et al., 2003).

Při výzkumu a sledování imisemi poškozených lesů a studiu jejich rozpadu vlivem znečištění ovzduší byla nově popsána a detekována tzv. introskeletová eroze. Na Správě Krkonošského národního parku (KRNAP) je první doložený údaj k tomuto fenoménu z roku 1988 v ochrannářském plánu státní přírodní rezervace (SPR) Prameny Úpy - západní část (Schwarz 1988). Odkaz na tento dle dnešní terminologie „plán péče“ je uveden v disertační práci stejného autora (Schwarz 1993) Na potenciální nebezpečí jevu dnes nazývaného introskeletovou erozí upozornil v Krkonoších poprvé Vacek (1983c). Schwarz (1988) při vypracování ochrannářského plánu pro SPR Prameny Úpy již vylíčil konkrétní území ohrožená tímto typem eroze a jako ochrannářské opatření doporučil vyloučení určitých lokalit z těžeb dřeva. Problémy s ISE doložil o něco později detailně Šach (1990a, 1990b).

Zkoumání tohoto nepříznivého jevu se v ČR začala věnovat především Výzkumná stanice Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti se sídlem v Opočně, se zvláštním důrazem na poznání příčin a jejich eliminaci v hospodářských lesích a navržení

účinných opatření v místech, kde již byl proces ISE iniciován nebo proběhl. Tento proces (jev) byl samozřejmě pozorován již dříve, zejména v souvislosti s obnažením lesní půdy při holosečném způsobu lesního hospodářství a jako následek nešetrného přibližování a odvozu dřeva z lesních porostů. V menší míře byla introskeletová eroze popisována jako průvodní jev oslabení lesních porostů různými biotickými i abiotickými činiteli, zvláště prořidnutí porostů a snížení jejich pokryvnosti vlivem nepříznivých faktorů. U nás i v zahraniční literatuře byl většinou popisován jako „vnitropůdní eroze“.

Lesní půdy v horských polohách na nepříznivých substrátech jsou velmi náchylné k rychlé změně a degradaci vlivem povětrnostních podmínek (voda – déšť - splach, slunce – mineralizace) a tak je limitujícím faktorem způsob a rychlost obnovy lesa na takto ohrožených pozemcích. V ČR je takto ohroženo 10% rozlohy horských lesů, tj. asi 1% všech lesů u nás (Vacek et al., 2003). V Krkonoších přispěl k intenzivnímu vlivu imisí a následnému hynutí a rozpadu lesních porostů ještě další pozoruhodný fenomén – tzv. anemo-orografický systém, který je charakterizován jako severojižní proudění vzdušných mas (Jeník 1961). Tento systém velmi zvyšuje druhovou diverzitu „krkonošských zahrádek“ a obecně obohacuje vegetační pestrost jinak poměrně chudých hercynských pohoří (Kučera 2005). Z hlediska pronikání imisí do nitra hor však anemo-orografický systém zanesl atmosférické znečištění přímo k lesním porostům. Chřadnutí těchto porostů pak bylo provázáno kromě jiného i chemickou degradací půd (Hruška a Cienciala 2001) a souběžně a synergicky také projevy ISE.

Na tomto místě je třeba zdůraznit, že při hodnocení vlivu erozí se jak v zemědělství, tak v lesním hospodářství uplatňuje antropocentrický přístup a eroze je klasifikována jednoznačně jako škodlivý činitel pro hospodaření člověka. V některých extrémních případech může být eroze faktorem přímo limitujícím zemědělskou a lesní výrobu. Právě z tohoto velmi logického náhledu na věc je potřeba hledat co nejúčinnější protiopatření a způsoby hospodaření, které erozní projevy, včetně ISE, maximálně omezí a sníží náklady na péči o kvalitu půdy a její výnosnost a ve svém důsledku zlevní výrobu potravin v zemědělství a produkci dřeva v lesnictví. Jak bylo uvedeno v úvodu této kapitoly je eroze přírodním jevem, a proto lze nalézt území, kde jsou projevy eroze trpěny, jsou považovány za normální nebo dokonce za prospěšné. Tento přístup se uplatňuje nebo by se měl uplatňovat ve vymezených a plošně omezených (ale přiměřeně velkých) chráněných územích, která jsou určena k ochraně přírody a krajiny a

přírodních jevů a procesů zde spontánně probíhajících (např. divočí říčky s projevy vodní eroze, vysokohorské oblasti s obnaženým horninovým substrátem v kamenných mořích, sutích apod.).

Projevy ISE byly podrobně zmapovány na celém území ČR, v horských lesích byly detailně vyhodnoceny (Vacek et al. 2003) a na trvalých výzkumných plochách je dlouhodobě sledován průběh postupu ISE a účinek opatření určených k zabránění ISE a navrácení ploch postižených ISE do lesa.

Z hlediska vymapování ISE jde o potenciál, který především upozorňuje na míru ohrožení erozí a tudíž na těchto stanovištích by se lesní hospodáři měli maximálně vyvarovat jak antropogenních, tak i přírodních disturbancí, které jsou spouštěcím momentem procesů ISE a jejich výsledkem je suť s půdou propadlou do jejího nitra (v našich podmínkách cca 40 až 80 cm pod povrchem suti). Je proto nezbytné předcházet tomuto procesu jelikož nápravná opatření, když se ISE rozběhne, jsou velmi nákladná a od určité míry s tím nejde již nic dělat. Když si navíc uvědomíme, že jeden milimetr minerálního půdního profilu se v našich horských lesích tvoří 500 až 700 let, tak jde o velmi dlouhodobý proces obnovy půdního prostředí, než se vytvoří minimálně deset centimetrů půdy, aby zde mohl alespoň jakýsi les s pionýrskou strategií existovat.

Speciální postupy při obnově lesa, zejména vlastní technologie výsadby lesa v ohrožených lokalitách byly pokusně ověřeny a testovány a v současnosti jsou v praxi používány. Použití bazické moučky bylo podrobně popsáno v první polovině 90. let (Nárovec, Šach 1996, Nárovec et al. 1995), posléze bylo aplikováno na pokusných plochách, podrobně sledováno a vyhodnoceno po deseti letech. Nárovec a Šach (2004) v reakci na článek Remeše et al. (2004) k tomu uvádějí, že se tento postup v provozní lesnické praxi uplatnil jen výjimečně a také subjekty, které v 90. letech s těmito komponenty vstoupily na trh od svých výchozích podnikatelských a obchodních záměrů odstoupily (pro malý odbyt „nesplňující očekávání“). Hlavní překážkou byla vysoká cena a také legislativní komplikace s dodržáním předpisů o hnojivech (Nárovec a Šach, 2004) Recenzovaná metodika obnovy lesa na lokalitách ohrožených ISE byla zpracována a vydána VÚLHM v loňském roce a použití silikátových mouček již neuvádí, naopak plně doporučuje výsadbu s využitím geotextilie a donáškou zeminy (Souček et al., 2010).

Introskeletová eroze v přírodě blízkých oblastech, zejména chráněných územích v horských oblastech ČR je vnímána jako přirozený proces, který ovlivňuje zdejší

lesní ekosystémy. V plánech péče tedy většinou není ISE speciálně řešena. V Krkonoších Správa KRNAP v rámci současného managementu na území národního parku tento fenomén nezohledňuje. Podle Schwarze (in lit.) se v současnosti na celém území národního parku v lesích pracuje podrostním způsobem, takže je zaručen kontinuální půdní pokryv. V případě přírodních disturbancí je považována tzv. introskeletová eroze za přírodní proces a ohrožené partie jsou ponechávány přirozenému vývoji. Podle terénních pozorování vzniklá kamenná pole pozvolna od okrajů zarůstají jeřábem a břízou a tvoří významný prvek důležitý z hlediska uchování specifické flóry a fauny, tj. biologické rozmanitosti (biodiverzity) krkonošské přírody (Schwarz 1993).

Nad horní hranicí lesa mohla zřejmě být ISE v minulosti příčinou vzniku sutí a kamenných moří, nebo k jejich vzniku mohla alespoň přispět.. V delších časových obdobích se tento fenomén proměňuje a zřejmě se jedná o reversibilní proces (jsou známé fotografie holých vrcholů kopců na počátku minulého století – vliv odlesnění a intenzivní pastvy s následnými projevy eroze, zejména ISE – které jsou v současnosti opět pokryty lesem). Proto je pohled a přístup orgánů a odborných organizací ochrany přírody a krajiny diferencovaný. V lokalitách ponechaných přirozenému vývoji je ISE z hlediska ochrany přírody a krajiny v horských oblastech jedním z faktorů ovlivňujících tento vývoj a rozmanitost krajiny. Často je tento stav dán vrcholovým ekofenoménem, jak jej popisuje např. Kučera 2005 nebo Ložek (2000 a 2005). ISE tak může přispívat k zachování anebo i zvyšování rozmanitosti neživého prostředí, tedy tzv. „geodiverzity“, která je určována především rozmanitostí horninového prostředí (Ložek, 2011). Cílek (2000) uvádí, že geodiverzita je substrátová a morfologická rozmanitost určitého území a substrátem se rozumí horninový podklad. Na geodiverzitu je pak přímo vázána biologická rozmanitost (biodiverzita), která se v posledních letech stává hlavním objektem a zájmem ochrany přírody u nás i ve světě (Ložek, 2011). Rok 2010 byl dokonce vyhlášen Mezinárodním rokem biodiverzity a nejrůznější akce měly přiblížit a vysvětlit tento pojem veřejnosti a zvýraznit potřebu ochrany biologické rozmanitosti pro člověka a kvalitu jeho života.

Ložek (2005) připomíná, že při hodnocení vlivu geodiverzity na biosféru nelze opomenout skutečnost, že i stav neživé přírody, i když se zdá být poměrně stálý, prodělává dlouhodobý vývoj s řadou dopadů na živý svět. V naší zeměpisné poloze

to byly především změny podmíněné čtvrtohorním klimaticko-sedimentačním cyklem, jehož hlavním projevem bylo střídání studených (ledových) a teplých období – glaciálů a interglaciálů. Ve stejném článku zároveň upozorňuje, že geodiverzita je do určité míry závislá i na typu hospodářského využití krajiny, neboť aspoň v hrubých rysech platí, že maloplošné hospodářství geodiverzitu spíše zvyšuje, zatímco velkoplošné snižuje. Proto by geodiverzitě jak v rámci velkých environmentálních programů tak speciální ochrany přírody měla být věnována daleko vyšší pozornost než doposud. Podle mého názoru platí toto upozornění především pro území národních parků (méně také pro chráněné krajinné oblasti). Koncept geodiverzity se v poslední době rychle rozvíjí a propracovává jak u nás tak i v západní Evropě a stává se významnou součástí ochrany přírody a krajiny (Bajer, 2010). Často je důraz kladen také na výukovou, vědeckou, kulturní a ekonomickou hodnotu konkrétní geologické lokality s přesahem a využitím v cestovním ruchu (geoparky).

Velký význam sutí a kamenných moří pro biodiverzitu a existenci velmi specifických živočišných druhů, často glaciálních reliktnů (zejména ze skupiny pavoukoců) byl doložen také v ČR, a to nejen v horských oblastech (blíže viz Růžička 1993, Růžička a Zacharda 1994 a Růžička a Zacharda 2009).

Jak je patrné z předchozího textu, problematikou ISE se zabývají především badatelé z lesnického výzkumu. Dále se tohoto problému dotýkají výzkumníci neživé přírody, geologové či odborníci na vývoj naší přírody a vegetačního pokryvu u nás (příležitostně také zoologové nebo půdní biologové). V této souvislosti je třeba ještě zmínit zajímavý článek Ložka (2008), který se věnuje ISE a některým souvislostem. Přímou uvádí, že v souvislosti s holinami, jež vznikají v důsledku imisí, se v posledních letech začala věnovat pozornost také introskeletové erozi. V meziprostorech hrubých sutí ve vyšších polohách je vymývána jemnozem tak dlouho, až nakonec zůstane jen pusté pole holých balvanů. Tento proces patří do problematiky vzniku a vývoje svahovin, jež tvoří na rozsáhlých plochách geologický a půdní podklad lesních porostů. Dále se v článku podrobněji věnuje významu svahovin, které se zatím netěšily hlubšímu zájmu geologického a ekologického výzkumu, ačkoli jde o uloženy u nás velmi rozšířené a pestře vyvinuté.

V další části stati autor uvádí, že v geologických, a především geomorfologických dílech se při popisu svahových procesů obvykle zapomíná na biotický faktor, který

hraje významnou roli právě v lese. Všeobecně převládá názor, že les chrání půdu proti erozi. Ve skutečnosti je to však jen polopravda, záleží totiž na tom, v jakém časovém rámci. Co se týče krátkodobých událostí, jako jsou průtrže mračen nebo rychlé tání sněhu, obvykle to odpovídá skutečnosti. Zato v dlouhodobém výhledu je tomu naopak. Stromy svými kořenovými systémy dovedou silně narušit stabilitu geologického podkladu, někdy i v poměrně krátké době. Daleko důležitější než tyto aktivní bioturbace jsou ovšem bioturbace pasivní, především velké vývraty po orkánech a tornádech. Materiál z vývratů ve stráních se vždy posune po svahu a spočítáme-li jeho objem v dlouhodobém, řekněme tisíciletém výhledu, jde opravdu o významný faktor, který umožňuje i pohyb hrubých sutí pod lesním krytem.

V horských polohách se pak běžně setkáváme s hrubými, často balvanitými sutěmi, s chudou jemnozeminou (matrix) z rozpadlých místních hornin. Pokud je pokrývá les, zejména jehličnatý, především smrkový, je jejich povrch často překryt i poměrně mocnými vrstvami silně humózních půd, které se po plošném odlesnění mnohdy rychle rozkládají. Za čas pak zůstane jen obnažená balvanitá suť, která je plně vystavena vlivům drsného horského klimatu. V tom lze spatřovat podstatu introskeletové eroze. Tato eroze zdaleka není jen mechanickým vymytím jemné matrix, nýbrž složitým pochodem spojeným s rozpadem surového humusu a vázaným na horské prostředí. Obnažené sutě v horském stupni nelze srovnávat s drolinami v nižších polohách, které vytvářejí primární bezlesí a na mnoha místech (zvláště na vulkanických kopcích Českého středohoří) se tvoří dodnes (Ložek, 2008).

Lze tedy shrnout, že obecně existence lesního porostu zabraňuje jevům ISE (lesní porost chrání lesní půdu před degradací), v článku jsou však popsány zvláštní případy, kdy lesní porost může přispívat k poškozování lesní půdy a erozi (prudké stráně a vývraty stromů v porostu – následně eroze a vznik svahovin).

## 9. Závěr

Eroze je přírodní jev, který ovlivňuje zemský povrch odedávna. S rozvojem cíleného zemědělství se stává eroze škodlivým činitelem a člověk podniká aktivní protierozní opatření na ochranu zemědělské půdy. Podobný přístup je i v lesním hospodářství k ochraně lesních pozemků před erozí. Specifickým jevem na kamenitých a skeletovitých lesních půdách je ISE. V ČR se tomuto negativnímu jevu věnuje v posledních desetiletích zvýšená pozornost, zejména v horských oblastech, modelovým územím jsou Krkonoše. Výzkum a sledování ISE je zaměřeno i na praktické otázky a doporučení pro praxi. Z pohledu aktivní lidské činnosti byla jako kritická fáze pro iniciaci introskeletové eroze identifikována těžba lesního porostu (ISE je v ohrožených oblastech doprovodným jevem intenzivního hospodaření v lese), z hlediska přírodních jevů je kritickou fází rozpad lesních porostů vlivem škodlivých činitelů, biotických i abiotických (imise, vítr, hmyz atd.).

Pro lesnickou praxi jsou důležitá zejména preventivní opatření při provádění těžebních prací (způsob a intenzita těžby) a doporučení pro obnovu porostů (způsob a rychlost zalesňování). Jsou popsány i doporučeny doplňující a meliorační opatření a postupy pro obnovu lesa v oblastech ohrožených ISE (použití geotextilie, včetně hnojení a přidávání zeminy a bazické moučky).

Specifický přístup se uplatňuje v chráněných územích ponechaných samovolnému vývoji a přirozeným procesům probíhajícím v ekosystémech.



## Přehled literatury

- BAJER A., 2010: *Geodiverzita - významný faktor v ochraně přírody a krajiny*. In: BRTNICKÝ M., BRTNICKÁ H., FOUKALOVÁ J., KYNICKÝ J. & MICKOVÁ Ž.: *Degradace a regenerace krajiny a dílčích krajinných sfér*. 1. vyd. Brno: MENDELU, s. 11. ISBN 978-80-7375-456-3.
- CÍLEK V., 2000: *Geodiverzita. Geologická rozmanitost Čech*. Vesmír 79 (2): 95-97.
- DOSTÁL T., VÁŠKA J. & VRÁNA K., 1998: *Metody hodnocení vodní eroze*. Ochrana půdy před erozí, Sborník podkladů k projektování protierozní ochrany při komplexních pozemkových úpravách. Dům techniky České Budějovice spol. s r.o.: str. 3/-3/9.
- DUMBROVSKÝ, M., MEZERA, J., STRÍTECKÝ, L. 2004: *Metodický návod pro vypracování návrhů pozemkových úprav*. Brno: Českomoravská komora pro pozemkové úpravy. 190 str.
- ELLISON W.D., 1947: *Soil erosion studies: Soil detachment hazard by raindrop splash*. *Agricultural Engineering*, 1947, 28: 197-210.
- EMMER I. M., 1996: *Forest soils and humus forms of the Krkonoše mts. – a review*. Report Dept. of Physical Geography and Soil Science, University of Amsterdam: 31 str.
- GORŠENIN N.M., 1974: *Erozija gornych lesnych počv i borba s nej*. Lesnaja promyšlenost', Moskva:126 str.
- HAUPTMAN I., KUKAL Z. & POŠMOURNÝ, K. (EDS.), 2009: *Půda v České republice*. Consult Praha, Praha: 256 str. ISBN 80-903482-4-6.
- HOLÝ M., 1994: *Eroze a životní prostředí*. Vydavatelství ČVUT, Praha. 383 str., ISBN 80-01-01078-3.
- HRUŠKA J. & CIENCIALA E. (eds.): *Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví*. Ministerstvo životního prostředí, Praha 2001
- JANEČEK M., 2002: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. ISV, Praha.
- JANEČEK, M. et al., 2008: *Základy erodologie*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha: 172 str., ISBN 978-80-213-1842-7.

- KRIEGEL H., 1999: *Technology of reforestation on soils suffered from introskeletal erosion*. In: SOLDIČÁK M. (ED.): *Regeneration and stabilization of mountain forests*. Ministry of Agriculture of the Czech republic:95-100.
- KUČERA T., 2005: *Koncept ekologických fenoménů v interpretaci středoevropské vegetace*. *Malacologica Bohemoslovaca* 3: 47-77.
- LAFLEN et al., 1991: *A new generation of erosion prediction technology*. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1991, 46, 1: 34-38.
- LOŽEK V., 2000: *Biodiverzita, ekofenomény a geodiverzita*. *Vesmír* 79 (2): 97-98.
- LOŽEK V., 2005: *Geodiverzita a biodiverzita*. *Ochrana přírody* 60(7): 195-200.
- LOŽEK V., 2008: *Hynutí lesů, hrozba eroze a svědectví svahovin*. *Archiv pádných svědectví*. *Vesmír* 87 (12): 856-861.
- LOŽEK V., 2011: *Po stopách pravěkých dějů. O silách, které vytvářely naši krajinu*. Dokořán s. r. o., 184 stran.
- MIKESKA M. ET AL., 2000: *Oblastní plán rozvoje lesů – PLO 22 – Krkonoše*. Brandýs nad Labem, ÚHÚL – pobočka Hradec Králové, 2000: 376 str.
- NĚMEČEK J., SMOLÍKOVÁ L. & KUTÍLEK M., 1990: *Pedologie a paleopedologie*. Academia, Praha: 546 str., ISBN 80-200-0153-0.
- NĚMEČEK K. 2004: *Systematický soupis půd v České republice*. - <http://www.klasifikace.pedologie.cz>
- NÁROVEC V. & ŠACH F. 1996: *Ochrana půdy proti introskeletové erozi aplikací přírodních melioračních hmot při zalesňování*. In: *Monitoring, výzkum a management ekosystémů na území Krkonošského národního parku*. Opočno 15.-17.4.1996: 180 – 185.
- NÁROVEC V. & ŠACH F., 1994: *Přehled poznatků o využívání silikátových horninových mouček k zúrodnování půd a hnojení lesních kultur v České republice*. Opočno, VÚLHM-VS 1994. 18 str.
- NÁROVEC V. & ŠACH F., 2004: *K aplikacím bazických mouček po deseti letech*. *Lesnická práce* 83 (3): 130-131.
- NÁROVEC V., ŠTĚTIČKA S., BURIÁNEK M. & KALLISTA L, 1995: *Zlepšování produkčních vlastností půd bazickými silikátovými horninami. [Improvement of soil productive properties using basic silicate rocks]*. In: *Strom a jeho životní podmínky ve městě*.

- Sborník přednášek 21. semináře Životní prostředí a veřejná zeleň ve městech a obcích. Klatovy, 6. - 8. září 1995. Klatovy, Městský úřad 1995, s. 17 - 28.
- NĚMEČEK J., MACKŮ J., VOKOUN J., VAVŘÍČEK D. & NOVÁK P., 2001: *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. ČZÚ Praha spolu s VÚMOP Praha: 78 str., ISBN 80-238-8061-6
- PACOLA M., 2002: *Degradační procesy zemědělské půdy zjištěné v rámci aktualizace BPEJ*. Půda a voda, 1/2002, Vědecké práce, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha: 73-80.
- PODRÁZSKÝ V., 1996: Vliv odlesnění na půdní chemizmus a pedobiologické charakteristiky na lokalitách ohrožených introskeletovou erozí. IN: VACEK S. (ED.): *Monitoring, výzkum a management ekosystémů na území Krkonošského národního parku*. Sborník příspěvků z mezinárodní konference ...Opočno, 15. – 17. 4. 1996. Opočno, VÚLHM – Výzkumná stanice: 101 – 107.
- PODRÁZSKÝ V. & ŠACH F. 1992: *Degradace lesních půd na extrémně kamenitých horských svazích*. In: MATĚJKA K. (ed.): *Studium horských lesních ekosystémů a jejich poškození v České republice*. Ústav krajinné ekologie ČSAV, České Budějovice: 69 – 75.
- PODRÁZSKÝ V. & VACEK S., 1994: *Půdy ochrany lesů Krkonoš*. Opera Corcontica,31:5-21.
- PODRÁZSKÝ V., VACEK S. et al., 2010: *Půdy lesů a ekosystémů nad horní hranicí lesa v národních parcích Krkonoš*. Lesnická práce, s.r.o.: 302 str. ISBN 978-8087154-98-4.
- POSCHER, G. & PATZELT G., 1996: Erdfälle in den Lockersedimenten des Ötztales. Internationales Symposium INTERPRAEVENT 1996 – Garmisch-Partenkirchen, Tagungspublikation, Band 1: 419-433.
- QUITT E., 1971: *Klimatické oblasti Československa*. STUDIA GEOGRAPHICA , 16: 1-84.
- REMEŠ J., VIEWEGH J., PODRÁZSKÝ V. & VACEK S., 2004: *Výsledky aplikace hnojiv řady SILVAMIX v lesních porostech*. Lesnická práce 83 (2).
- RŮŽIČKA V., 1993: *Ekosystémy kamenitých sutí*. Ochrana přírody 48 (1993/1), 11–15.
- RŮŽIČKA V. & ZACHARDA M.: 1994: *Arthropods of stony debris in Krkonoše Mountains, Czech Republic*. Arct. Alp. Res. 26(4): 332-338.

- RŮŽIČKA V. & ZACHARDA M., 2009: *Kamenité suti a skalní stěny – biotopy významné pro biodiverzitu*. Živa 62 (2009/2): 75-77.
- SCHWARZ O., 1988: *Ochranářský plán SPR Prameny Úpy - západní část*. Vrchlabí, Správa KRNAP: 38 str.
- SCHWARZ O., 1993: *Speciální management lesních ekosystémů Krkonoš*. Disertační práce. Brno, MZLU, 233 str.
- SCHWARZ O., 1997: *Rekonstrukce lesních ekosystémů Krkonoš*. Vrchlabí, Správa KRNAP, 1997: 174 str.
- SOUČEK J., 2010: *Možnosti umělé obnovy lesa na lokalitách ohrožených introskeletovou erozí*. Opera Corcontica 47/2010, Suppl. 1: 57–62.
- SOUČEK J., KRIEGEL H., NÁROVEC V. & ŠACH F., 2010: *OBNOVA LESA NA LOKALITÁCH OHROŽENÝCH INTROSKELETOVOU EROZÍ*. Recenzovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Lesnický průvodce, 2: 1-35.
- SVOBODA et al., 1966 *Atlas Československé socialistické republiky*. Československá akademie věd, Ústřední správa geodézie a kartografie, Praha.
- ŠACH F. 1990a: *Nebezpečí introskeletové eroze na kamenitých svazích*. Lesnická práce, 69, 7: 304-309.
- ŠACH F. 1990b: *Vnitropůdní eroze – nebezpečný proces na kamenitých lesních pozemcích po imisních těžbách*. Zprávy lesnického výzkumu, 35: 13-15.
- ŠACH F. 1990c: *Vliv lesní dopravní sítě na odtokové poměry imisních holosečí*. Lesnictví, 36, 1990, 2: 139 – 158.
- ŠACH F. 1990d: *Těžebně dopravní technologie a eroze půdy na holosečích v horských lesích*. Lesnictví, 36, 11: 895 – 910.
- ŠACH F., 1999: *Problematika introskeletové eroze v izerských horách ve vazbě na poznatky z Krkonoš*. IN: SLODIČÁK M. (ed.): *Obnova a stabilizace horských lesů*. Sborník z celostátní konference s mezinárodní účastí, Bedřichov v Jizerských horách, 12. –13. 10. 1999, Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 89-94.
- ŠACH F., 2010: *Introskeletová eroze na výzkumných plochách*. – In: Podrázský V., Vacek S. et al., 2010: *Půdy lesů a ekosystémů nad horní hranicí lesa v národních parcích Krkonoš*. Lesnická práce, s.r.o.: 274-277.
- ŠACH F. & PAŠEK M., 1996: *Rozsah a dynamika introskeletové eroze v Krkonoších*. In: Vacek S. (Ed.): *Monitoring, výzkum a management ekosystémů na území*

- Krkonošského národního parku. Sborník příspěvků z mezinárodní konference ...*, Opočno, 15. – 17.4.1996, Opočno, VÚLHM – Výzkumná stanice, 1996: 79-88.
- TIPPL M., JANEČEK M. & BOHUSLÁVEK J., 2003: *Vliv organické hmoty v půdě na povrchový odtok a erozi*. *Půda a voda*, 2/2003, vědecké práce, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha: 129-137.
- UHLÍŘOVÁ H., 2000: *Monitoring zdravotního stavu lesa v České republice*. Ročenka programu ICP Forests 2000. VULHM, 60 str.
- VACEK S., 1983: *Ekologie poškozených horských ochranných lesů*. *Zprávy lesnického výzkumu*, 28, 1983, 1: 29 – 33.
- VACEK S. et al., 2003: *Horské lesy české republiky*. Ministerstvo zemědělství České republiky, Praha. 319 str., ISBN 80-7084-239-3.
- VACEK S., KREJČÍ F. et al. (eds.), 2008: *Lesní ekosystémy v Národním parku Šumava*. Lesnická práce, s.r.o., Kostelec nad Černými lesy: 512 str., ISBN 978-80-87154-36-6.
- VACEK S. & MATĚJKA K., 1999: *State of forest stands on permanent research plots in the Krkonoše Mts. in years 1976 – 1997*. *J. Forest Sci.*, 45(7): 291-315.
- VACEK S., MATĚJKA K. & ŠACH F., 1999: *Vegetační změny na půdách náchylných k introskeletové erozi. [Vegetation changes on sites endangered by the introskeletal erosion]*. In: M. SLODIČÁK (ed.): *Obnova a stabilizace horských lesů*. Sborník z celostátní konference s mezinárodní účastí ... Bedřichov v Jizerských horách, 12. 10. - 13.10.1999, Jíloviště-Strnady, VÚLHM, s. 107 – 112, ISBN 80-902615-4-X.
- VACEK S. & MIKESKA M., 2010: *Introskeletová eroze v národních parcích*. – In: PODRÁZSKÝ V., VACEK S. et al., 2010: *Půdy lesů a ekosystémů nad horní hranicí lesa v národních parcích Krkonoš*. Lesnická práce, s.r.o.: 271-273.
- VACEK S., PODRÁZSKÝ V., & MIKESKA M., 2003: *Ohrožení půd introskeletovou erozí v lesích ČR*. Lesnická práce, Navigace, 82 (2003), 9: 4 str.
- VACEK S., PODRÁZSKÝ V., MIKESKA M. & MOSER W. K., 2008: *Introskeletal erosion threat in mountain forests of the Czech Republic*. *Journal of Forest Science*, 49: 313–320.
- VACEK S., PODRÁZSKÝ V., MIKESKA M. & PRAUSOVÁ R., 2008: *Ohrožení půd introskeletovou erozí*. In: Vacek S., Krejčí F. et al. (eds.): *Lesní ekosystémy*

v Národním parku Šumava. Lesnická práce, s.r.o., Kostelec nad Černými lesy: 77-82. ISBN 978-80-87154-36-6.

VACEK S., ŠACH F. & MIKESKA M., 2010: *Introskeletová eroze*. In: PODRÁZSKÝ V., VACEK S. et al., 2010: *Půdy lesů a ekosystémů nad horní hranicí lesa v národních parcích Krkonoš*. Lesnická práce, s.r.o.: 18-22.

ZACHAR D., 1965 : Zalesňovanie nelesných pôd. Bratislava, Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, Bratislava:. 230 str.

ZACHAR D., 1982: *Soil Erosion (Developments in Soil Science 10)*. VEDA, Bratislava: 548 str . ISBN 0-444-99725.

## **Internetové zdroje**

<http://www.infodatasys.cz/lesnioblasti/default.htm>

<http://www.klasifikace.pedologie.cz>

<http://www.mzp.cz>