

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie



Diplomová práce

Vývoj vegetace na povodňových murách v Jizerských horách

Vegetation development on debris avalanches in Jizerske hory Mts.

Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Vilém Pavlů

Vypracovala: Bc. Jitka Krykorková

PRAHA 2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ekologie

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jitka Krykorková

Aplikovaná ekologie

Název práce

Vývoj vegetace na povodňových murách v Jizerských horách

Název anglicky

Vegetation development on debris avalanches in Jizerské hory Mts

Cíle práce

Cílem práce je analyzovat vývoj druhového složení rostlin na murových drahách na výškovém gradientu v Jizerských horách.

Metodika

Experiment byl založen v roce 2011 na dvou povodňových murách v Jizerských horách. V každé povodňové muře jsou fixované transekty v odlučné, tranzitní a akumulární zóně na výškovém gradientu ve vzdálenosti 200 m. V každém transektu bude ve fytoocenologických snímcích 5x5m zaznamenávána vegetace dle Braun-Blanqueta.

Doporučený rozsah práce

cca 50 str.

Klíčová slova

sukcese, mury, vegetace, Jizerské hory

Doporučené zdroje Informací

- CHYTRÝ M. (ed.) 2007. Vegetace České republiky. 1. Travinná a keříčková vegetace. Academia, Praha, CZ.
SÝKORA, T., 1971: Lesní rostlinná společenstva Jizerských hor. Severočeské muzeum, Liberec, 60 s.
GRIME J.P., HODGSON J.G. & HUNT R. 1988: Comparative plant ecology: a functional approach to common British species, Unwin Hyman Ltd, London, UK.
LEPŠ, J., MICHÁLEK, J., RAUCH, O., UHLÍK, P., 2000: Early succession on plots with the upper soil horizon removed. Journal of Vegetation Science 11: 259-264.
WALKER, L. R., DEL MORAL, R., 2003: Primary Succession and Ecosystem Rehabilitation. Cambridge University Press, Cambridge, 458 s.

Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

Vedoucí práce

prof. Dr. Ing. Vilém Pavlů

Konzultant

Vendula Ludvíková

Elektronicky schváleno dne 20. 3. 2015

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2015

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 22. 04. 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci na téma „Vývoj vegetace na povodňových murách v Jizerských horách“ vypracovala samostatně a použila jsem pramenů jen citovaných, které uvádím v přiložené bibliografii.

V Praze, dne 22. 4. 2015

.....

Poděkování

Děkuji prof. Dr. Ing. Vilému Pavlů za vedení práce a Ing. Lukáši Dragounovi za pomoc při sběru a zpracování dat. Dále bych chtěla poděkovat rodině, známým a všem, kteří mě ve studiu podporovali.

Abstrakt:

V podmínkách České republiky potažmo Evropy se jen výjimečně setkáme s možností pozorovat zákonitosti průběhu sukcese od iniciálního stádia, a pokud ano, jedná se zpravidla o pozorování samovolné či řízené sukcese na antropogenních půdách těžebních oblastí či jiných uměle disturbovaných plochách. Práce se zabývá studiem druhového složení a trendů sukcesního vývoje vegetace na dvou murových drahách v Jizerských horách přirozeně vzniklých v důsledku extrémní disturbance mimořádně intenzivními srážkami. Cílem práce je analyzovat vývoj druhového složení vyšších rostlin na lokalitě s ojedinělou možností sledovat rozvoj vegetace po celkové destrukci lokality od iniciálního stádia. Experiment probíhal v letech 2011 - 2014. Na každé muře byly vytvořeny trvalé výzkumné plochy, na kterých byly každoročně zaznamenávány fytoecologické snímky. Výstupem práce je ucelená analýza vývoje pokryvnosti a početnosti vegetace v počátečních 4 letech po mimořádné epizodní disturbanci, vyskytující se v našich podmínkách velmi zřídka. Celkem bylo během let na 51 fytoecologických snímcích zaznamenáno 78 druhů vyšších rostlin. Pokryvnost i počet druhů se během let významně zvyšovali. Úspěch v osidlování mur závisí především na míře zachovalosti původního půdního pokryvu a schopnosti rostlin přežít v nepříznivých klimatických a stanovištních podmínkách.

Klíčová slova:

Sukcese, mury, vegetace, Jizerské hory

Abstract:

In the Czech Republic or Europe we rarely encounter a possibility to observe patterns of succession during the initial stages, and if so, this usually involve observation of spontaneous or controlled succession on anthropogenic soils in mining areas or other artificial surfaces. This study deals with a species composition and successional trends of vegetation development on two debris avalanches in the Jizera Mountains, naturally resulting from extremely intense rainfall. The aim is to analyze the evolution of the species composition of higher plants in the locality with the unique opportunity to watch the development of vegetation after total destruction of the site from the initial stage. The experiment was conducted in the years 2011 - 2014. At each debris avalanche permanent research plots were made on which phytocenological relevés were recorded annually. The output of the work is a comprehensive analysis of the evolution of coverage and abundance of vegetation in the initial 4 years after an episodic disturbance occurring in our conditions very rarely. Altogether over 51 phytocenological relevés were recorded with 78 different species of higher plants. Coverage and the number of species over the years significantly increased. Success in settlement of debris avalanches depends primarily on the level of preservation of the original soil cover and the ability of plants to survive in adverse climatic and habitat conditions.

Keywords:

Succession, Debris avalanches, Vegetation, Jizera Mountains

OBSAH

1 Úvod	11 -
1.1 Cíl práce.....	12 -
2 Sukcese	13 -
2.1 Faktory iniciující sukcesí.....	15 -
2.2 Analýza trendů postupu sukcese.....	17 -
3 Růstové strategie	21 -
4 Mury	24 -
4.1 Příčiny vzniku.....	24 -
4.2 Typy mur	25 -
5 Charakteristika lokality	26 -
5.1 Klima	26 -
5.2 Geologie.....	27 -
5.3 Půdní charakteristiky	28 -
5.4 Biotop	30 -
5.5 Mury v Jizerských horách.....	31 -
5.6 Inhibiční faktory ovlivňující sukcesí na dané lokalitě.....	32 -
6 Metodika	34 -
6.1 Založení trvalých výzkumných ploch (TVP)	34 -
6.2 Metodika fytoocenologického snímku	35 -
6.3 Určení vegetace	37 -
6.4 Zpracování dat	37 -
7 Výsledky	38 -
8 Diskuze	51 -
9 Závěr	59 -
10 Seznam literatury	60 -

Seznam obrázků

Obrázek 1: Postup primární sukcese v čase	- 14 -
Obrázek 2: Model sukcese po sesuvu půdy na příkladu z Puerta Rica ukazuje různé postupy sukcese na stabilních či nestabilních stanovištích	- 16 -
Obrázek 3: Mura 2	- 24 -
Obrázek 4: Mura 1	- 24 -
Obrázek 5: Odlučná zóna mury.....	- 25 -
Obrázek 6: Zasazení lokality do mapy.....	- 26 -
Obrázek 7: Typický okraj murového skluzu vyšších poloh.....	- 28 -
Obrázek 8: Skeletovitost půd na lokalitách mur	- 29 -
Obrázek 9: Nalétnutý semenáček jeřábu na muře.....	- 31 -
Obrázek 10: Označení transektu v terénu	- 34 -
Obrázek 11: Vývoj průměrné pokryvnosti na murách.	- 38 -
Obrázek 12: Vývoj průměrné početnosti druhů na murách.	- 39 -
Obrázek 13: Graf celkové průměrné pokryvnosti a početnosti v čase.	- 39 -
Obrázek 14: Průměrná pokryvnost pro jednotlivé taxony rostlin.	- 40 -
Obrázek 15: Průměrná početnost pro jednotlivé taxony rostlin.	- 41 -
Obrázek 16: Průměrná pokryvnost v závislosti na pozici snímku.	- 42 -
Obrázek 17: Průměrná početnost v závislosti na pozici snímku.....	- 42 -
Obrázek 18: Průměrná pokryvnost na murových zónách.	- 43 -
Obrázek 19: Průměrná pokryvnost v závislosti na nadmořské výšce.	- 44 -
Obrázek 20: Průměrná početnost v závislosti na nadmořské výšce.....	- 44 -
Obrázek 21: Průměrná pokryvnost na různých typech podloží.	- 45 -
Obrázek 22: Průměrná početnost na různých typech podloží.....	- 46 -
Obrázek 23: Průměrná pokryvnost druhů podle životních strategií.....	- 46 -
Obrázek 24: Výskyt druhů v návaznosti na podloží.	- 48 -

Obrázek 25: <i>Galium saxatile</i>	- 48 -
Obrázek 26: Průměrná pokryvnost více zastoupených druhů.....	- 49 -
Obrázek 27: Průměrná pokryvnost méně zastoupených druhů.....	- 50 -
Obrázek 28: Murové dráhy na Smědavské hoře.	- 69 -
Obrázek 29: Schéma jednotlivých mur s rozmístěním transektů.....	- 70 -

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled metodického členění práce.	- 35 -
Tabulka 2: Číselné hodnoty početnosti.	- 41 -
Tabulka 3: Průměrné hodnoty Ellenbergových ekočísel.	- 47 -
Tabulka 4: Vědecké názvy a zkratky druhů.	- 68 -

1 ÚVOD

Ekologická sukcese představuje proces, kdy se struktura biologických společenstev vyvíjí a mění v čase. Primární sukcese se objevuje v oblastech, kde předtím nebylo možno přežití živých organismů v důsledku působení například lávových proudů, přetváření písčiny nebo působení ledovce. Sekundární sukcese se vyskytuje v oblastech, kde byla společenstva, která dříve existovala, odstraněna působením menších disturbancí, které neodstraňují veškerý život a živiny z prostředí (Thompson, 2014).

Sukcese vytváří neustále se měnící směs druhů v rámci společenstev, tak jak poruchy s různou intenzitou, velikostí a frekvencí mění krajinu. Druhové a strukturální změny během sukcese nejsou náhodné. V každé fázi se vyvíjejí druhy, které jsou díky svým životním strategiím schopné využívat konkrétní podmínky stanoviště. Tato situace ukládá částečně předvídatelný sled změn v druhové složení společenstev při sobě. Zpočátku je jen malý počet druhů z okolních stanovišť schopný přežít v narušeném prostředí. Jakmile tyto organismy změny minerální složení půdy, světlostní podmínky atp. jsou nové druhy schopné stanoviště osídlit a nahradit stávající konkurenčně slabší druhy (Thompson, 2014).

Dnešní ekologové využívají zkušenosti z primární sukcese v mnoha ohledech (např. k vytvoření nových stanovišť, rehabilitaci těžené krajiny). Efektivní manipulace s naším životním prostředím vedoucí ke zlepšení úrodnosti, produktivity nebo rozmanitosti a schopnost zmírnit nežádoucí okolnosti, vše jasně závisí na naší schopnosti porozumět sukcesi (Walker & del Moral, 2003). V podmínkách České republiky potažmo Evropy se jen výjimečně setkáme s možností pozorovat zákonitosti průběhu sukcese od iniciálního stádia, a pokud ano, jedná se zpravidla o pozorování samovolné či řízené sukcese na antropogenních půdách těžebních oblastí či jiných uměle disturbovaných plochách. Přírozená samovolná sukcese na ojedinělém jevu murových drah je jedinečnou příležitostí ke sledování zákonitostí přirozeného vývoje vegetačního pokryvu v extrémních, ale přírodních podmínkách.

Mury vzniklé z různých příčin se vyskytují po celém světě, především v hornatých oblastech od nepaměti. Při pozorném sledování krajiny lze na mnoha místech najít pozůstatky po sesuvných událostech, jako jsou akumulace kamenů a deluvií či zarostlé svahové rýhy. Dříve ojedinělé jevy v posledním století získávají

na významu kvůli stále častějšímu výskytu a větším škodám, které působí. Velká část dostupného výzkumu se proto soustředí v hustě zalidněných podhorských oblastech Číny a Japonska, kde svahové sesuvy představují největší riziko a kromě materiálních škod zapříčiňují především časté ztráty na životech (vizte Takahashi, 1981; Tianchi, 1994).

Svahové pohyby ale nejsou pouze negativní přírodní fenomény. Iniciují procesy, během kterých se formují nové a diversifikovanější tvary reliéfu. Vzniklá mozaikovitá struktura mikrostanišť umožňuje sukcesi více rostlinných společenstev než na stejnorodých stanovištích, což vede k podstatnému zvýšení biodiverzity těchto ploch (Alexandrowicz & kol., 2003; Tilman, 1985).

1.1 Cíl práce

Cílem práce je v návaznosti na bakalářskou práci charakterizovat vývoj druhového složení vyšších rostlin na murových drahách v Jizerských horách metodou dlouhodobého pozorování a fytoecologického snímání na trvalých výzkumných plochách. Dále je cílem analyzovat vliv gradientu nadmořské výšky, podmínek podloží a dalších environmentálních faktorů.

OTÁZKY: Cílem práce bylo zodpovědět následující otázky o počátečním vývoji pokryvnosti vegetace a počtu druhů na murách a) Roste pokryvnost vegetace a počet druhů během let? b) Jak se liší vývoj při okrajích a v samém středu mury? c) Liší se pokryvnost v odlučné, tranzitní a akumulární zóně mur? d) Závise rozvoj vegetace na nadmořské výšce? e) Jaké životní strategie mají druhy obsazující mury? f) Jaké jsou ekologické vlastnosti stanoviště murových drah? Variabilita v datech byla dále vysvětlována podle environmentálních proměnných jako sklon, nadmořská výška a charakter podloží.

2 SUKCESE

Sukcese je v ekologické praxi velmi běžný pojem. Je to ústřední koncept pro ekologii, stejně tak jako evoluce pro biologii (Margalef, 1968). Studium sukcese zahrnuje koncepty a nástroje ze studia ekosystémů, společenstev, populací, ekologie organismů, půdoznalství, geologie, meteorologie, ochrany přírody a dalších oborů. Existuje přemíra definic pro ekologickou sukcesi, všechny však mají společný směrodatný proces rozvoje společenstva v návaznosti na narušení. Rostlinná sukcese je spořádané nahrazení jednoho rostlinného společenstva druhým. Obecně platí, že dočasná rostlinná společenstva jsou nahrazována stabilnějšími společenstvy, dokud nedojde k dynamické rovnováze mezi rostlinami a prostředím (Harold & Hocker, 1979).

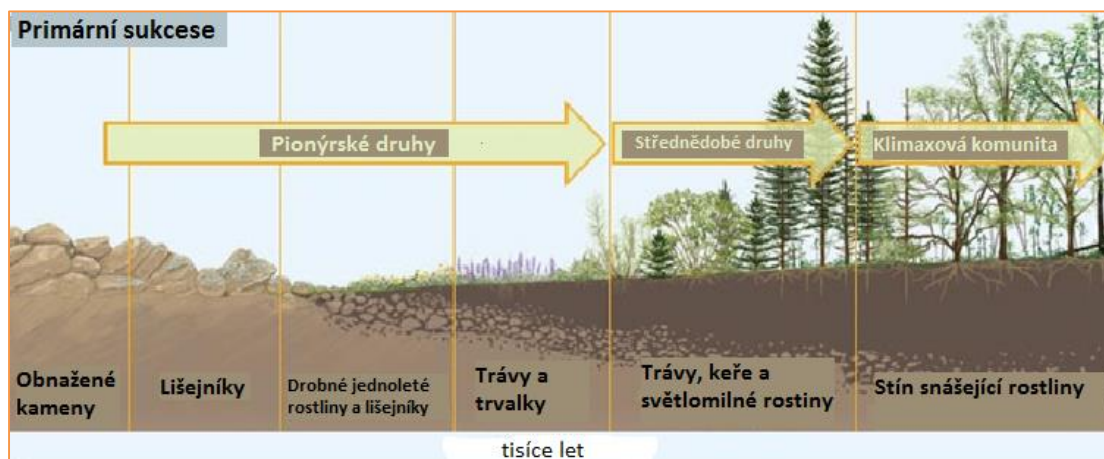
Prvním, kdo se zabýval studiem sukcese vegetace, a kdo formuloval své poznatky o sukcesi, byl F. E. Clements (Verheyen, 2002). Studium sukcese zahrnuje různé techniky přizpůsobené široké škále časových a prostorových měřítek. Přímé pozorování časových změn na trvalých plochách se osvědčilo nejvíce, a to zejména v kombinaci s experimentálními manipulacemi (Prach & kol., 1993). Opakované snímkování je užitečné k identifikaci změn v populacích rostlin s dlouhou životností (Hastings & Turner, 1980) a nezahrnuje údržbu trvalých ploch. Je-li však sledování nutné v řádu desetiletí a staletí, musí vědci použít nepřímý přístup, kde podobná stanoviště různého věku představují různá stádia vývoje v aktuálním pořadí. Hlavní nevýhodou této metody je, že různá starší a mladší stanoviště mají různou historii (Pickett, 1989). Rozdíly mezi stanovišti tak mohou mít více příčin, včetně náhodných událostí, změn krajinné struktury nebo klimatu v průběhu času nebo iniciace sukcese v různých ročních obdobích. Všechny tyto příčiny mohou mít vliv na druhy interakcí, končící odlišnými sukcesními výstupy (Walker & del Moral, 2003).

Jsou rozeznávány dvě hlavní formy sukcese, **primární** a **sekundární**.

Primární sukcese je proces vývoje ekosystému na holých plochách, kde závažné disturbance odstranily většinu biologické aktivity; jde tedy proces zotavení ekosystému po narušení (Walker & del Moral, 2003). Podle Begona & kol., (1997) můžeme jednoduše říci, že pokud obnaženou část povrchu dříve neovlivňovalo žádné společenstvo, nazýváme daný sled druhů sukcesí primární. Patří sem vývoj složitých systémů od jednoduchých abiotických a biotických složek, který znázorňuje

obrázek 1. Předpokladem je, že působení rostlin upravuje prostředí tak, že se stává stále příznivějším a časem je předmětem osídlení relativně náročných rostlinných druhů, než které byly přítomny za počátku sukcese (Harold & Hocker, 1979). Dnes jsou všechny společenství rostlin, živočichů a půda výsledkem primárních sukcesí (Walker & del Moral, 2003).

Sekundární sukcese se liší od primární v několika ohledech. Hlavním rozdílem je skutečnost, že vyšší rostliny jsou vždy schopny téměř okamžitě kolonizovat místa vhodná k sekundární sukcesí. Tyto místa nejsou nikdy dostatečně narušeny, aby nemohly být v krátké době obsazeny travami, stromy nebo keři (Harold & Hocker, 1979). Jestliže se z oblasti částečně či úplně odstranila vegetace, ale zachovala se dobře vyvinutá půda se semeny a sporami, nová vegetace dokáže obsadit místo do jednoho roku. Existují však případy, kdy nová kolonizace může být pomalejší a na stanovišti pak dochází k degradaci (Harold & Hocker, 1979; Begon & kol., 1997).



Obrázek 1: Postup primární sukcese v čase (Encyclopaedia Britannica Kids, 2006)

Sukcesi tedy můžeme rozlišovat na primární či sekundární dle míry disturbance. Pokud bylo narušení velmi silné s kritickými dopady, bude následovat sukcese primární, pokud se jedná jen o drobné narušení, budeme mluvit o sukcesí sekundární. Někdy se také můžeme setkat s chápáním primární sukcese jako následku disturbance a sekundární sukcese jako postupného zákonitého vývoje rostlinného společenstva spějícího ke stabilitě probíhajícího ve všech společenstvech přirozeně v průběhu času.

Je také důležité si uvědomit, že mnohem větší oblast prochází změnami sekundární sukcesí než oblasti hostící sukcesí primární. Je proto nutné znát faktory,

kteřé ji spouštějí a modely vyskytující se při sekundární sukcesi (Harold & Hocker, 1979).

2.1 Faktory iniciující sukcesi

Podmínky pro sukcesi mohou vytvořit povodně, zemětřesení, meteorologické jevy nebo třeba vulkány. Lépe je však používat neutrální a více obsáhly termín disturbance. Faktory iniciující sukcesi lze rozdělit do čtyř skupin podle klasických elementů: země, vzduch, voda a oheň, způsobující zemětřesení, vichřice povodně a požáry (Walker & Willig, 1999). Disturbanci lze očekávat ve všech společenstvech, ale s rozdílnou intenzitou, četností a odlišnými důsledky na společenstvo (Harold & Hocker, 1979).

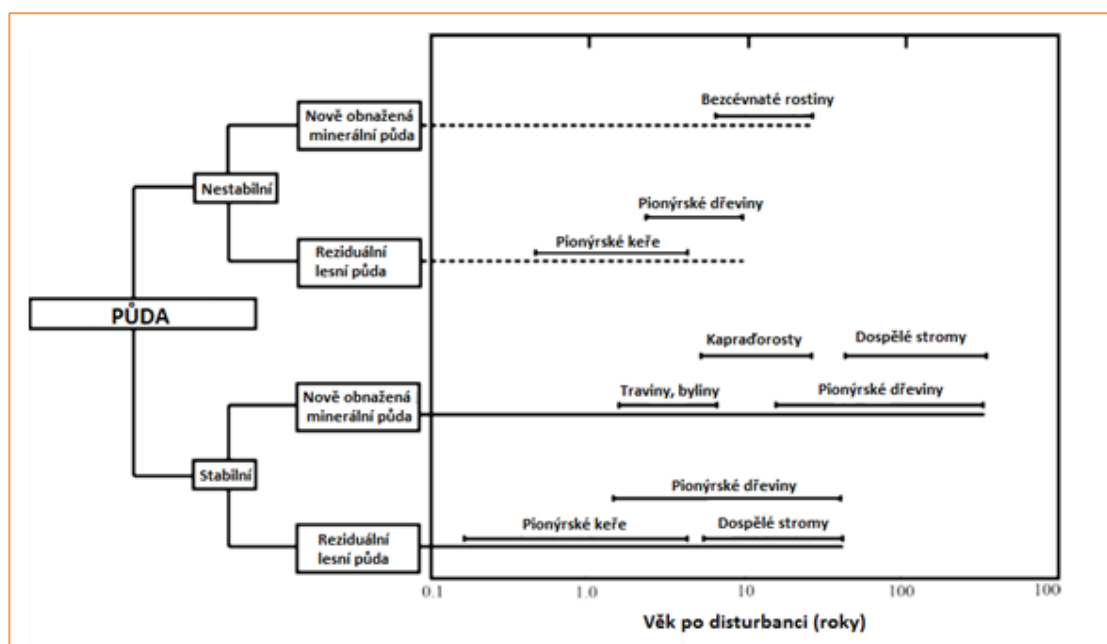
Z faktorů, které ovlivňují prostředí společenstva, jsou klimatičtí a biotičtí činitelé zodpovědní za velké i malé disturbance, které pozměňují jejich strukturu (Harold & Hocker, 1979). Nicméně právě lidé jsou zodpovědní za rostoucí řadu disturbancí, jako jsou kyselá deště, poškozování ozonové vrstvy, jaderné výbuchy a globální oteplování. To všechno může zhoršit přírodní jevy, jako eroze a záplavy. Rozdíly mezi přírodními a člověkem vyvolanými poruchami se vzhledem k rostoucímu rozsahu a dopadu lidských činností stírají (Walker & del Moral, 2003).

Eroze

Eroze je přirozený proces, např. podél vodních toků, na strmých svazích (v závislosti na srážkách) a ve vyprahlých oblastech (díky větru). Velká území na Zemi jsou formována erozí (např. říční údolí, delty, kaňony, aluviální roviny, mořská dna). Lidská činnost výrazně zrychlila průběh eroze po celém světě. Odstraněním stromů a keřů pro palivo a přístřeší (Wilmshurst, 1997), zakládáním polí a využíváním rušivé zemědělské techniky (např. orba, intenzivní pastva) se zvýšila přirozená rychlost eroze více než 100 násobně (Pimentel & Harvey, 1999). I mnoho dalších lidských činností způsobuje erozi (např. staveniště, zásahy ve svazích a zpevňování terénu, které urychluje tok povodňové vody). Narušování povrchu nepřirozenou erozí může být zastaveno tím, že se sníží škodlivé využívání půdy a dojde k obnově erodovaných půd pomocí procesů primární sukcese (Walker & del Moral, 2003).

Sesuvy půdy

Sesuvy půdy jsou druhem rychlé eroze způsobené gravitací, která vyplývá z destabilizace svahu vlivem sopečné činnosti, zemětřesení, zářezů silnic, staveb, těžby, ztráty vegetačního pokryvu a v našem případě silných dešťů (Sharpe, 1960). Když dojde k pohybu deluvií, následuje primární sukcese, lišící se ve svém postupu podle vlastností stanoviště a míry případných následných disturbancí (obrázek 2). Sesuvy půdy se liší ve velikosti od několika metrů čtverečních po mnoho čtverečních kilometrů. Bahenní proudy a špinavé sněhové laviny (ty s úlomky hornin a zeminou) mohou přepravit stovky kubických metrů sutě za rok (Keylock, 1997).



Obrázek 2: Model sukcese po sesuvu půdy na příkladu z Puerta Rica ukazuje různé postupy sukcese na stabilních či nestabilních stanovištích. Tečkovaná čára značí případy, kdy následná eroze opakovaně narušovala sukcesu (Walker & kol., 1996).

Biotické faktory

Biotické faktory představují druhou skupinu činitelů, kteří jsou zodpovědní za vznik poruch vedoucích k sukcesu. Těmito činiteli jsou hmyz, choroby, zvířata a lidé. Není například těžké nalézt mezery ve smrkovém porostu, které následovaly po napadení kůrovcem. Přemnožení zvěře zase způsobuje značnou změnu ve složení lesních porostů (Harold & Hocker, 1979). Ovlivněny mohou být celé lesní plochy a složení a hustota porostů může být v důsledku napadení dramaticky změněna.

Lidé ve snaze o zemědělské a jiné využívání krajiny změnilы tvář vegetace více než kterékoliv jiné zvíře. Vypalování, nemoci, hmyz, těžba a pastva domácích a lovných zvířat jsou všechny spojeny s lidskou činností. Lidé jsou schopni měnit své

prostředí tak, aby vyhovovalo jejich potřebám více než jakýkoliv jiný organismus, a proto mohou přispět k jeho zničení (Harold & Hocker, 1979).

2.2 Analýza trendů postupu sukcese

Pochody a výsledky sukcese se dají pochopit jedině při znalosti druhu a rozsahu poruch. S velikostí narušené plochy se mění zejména mikroklimatické podmínky a ztěžuje se možnost vysemenění ze sousedních porostů. Které dřeviny v průběhu sukcese se budou více rozvíjet, to závisí především na diasporách, které jsou přítomny v půdě, či na semenném roku, kdy se mohou semena na lokalitě objevit a prosadit proti konkurenci přizemní travní a bylinné vegetace (Poleno & kol., 2007). Přisun diaspor na jednotku plochy stanoviště je funkcí několika proměnných. Výsledky řady měření ukazují především závislost mezi počtem semen a jejich vzdáleností od zdroje. V případě anemochorie lze očekávat jednoduchou exponenciální funkci. Pravděpodobná vzdálenost disperze diaspor při rychlosti větru 4m/s byla zjištěna u břízy 90m, u smrku 6m (Slavíková, 1986). K rozšiřování diaspor přispívá též svažité terén, ale i ptáci (zejména sojky) a hraboši. Tato "světlinová" sukcese vytváří v lesních porostech zpravidla mozaikovou strukturu s vyšší druhovou diverzitou (Poleno & kol., 2007).

Vývojová stádia osídlení

Sukcese vychází ze stádia, kde je druhové složení určováno dostupností diaspor, ke stádiu, kdy je druhová skladba více závislá na podmínkách prostředí. Faktory, jako jsou změny v počasí, intenzita disturbancí a kolonizační potenciál jsou důležitější v raných stádiích, zatímco důležitost charakteristik samotného stanoviště se zvyšuje se sukcesním věkem (např. Christensen & Peet, 1984).

Postupným šířením světlomilných pionýrských dřevin dochází k formování tzv. **přípravného lesa**. Iniciální stádia trvají často velmi dlouhou dobu (zpravidla delší než jedno decenium). Následné rozšiřování keřových a stromových druhů vyvolává pro většinu bylinných druhů iniciálního stadia přílišné omezování světelného požitku i silnou konkurenci v kořenové vrstvě. V tomto typu tzv. **přechodného lesa** se postupně uchycují stinnější dlouhověké dřeviny tzv. **závěrečného lesa** (klimaxu). Tím se velký vývojový cyklus lesa uzavírá (Košulič, 2010; Poleno & kol., 2007).

Strukturální a funkční změny

Při sukcesi probíhají tyto hlavní strukturální a funkční změny:

- Stoupá pokryvnost a listová plocha, vyplnění prostoru společenstvem se zvyšuje, a tím se zdokonaluje využití sluneční zářivé energie primárními producenty.
- Dominance druhů zaměřených na rychlý růst (pionýrské druhy) se přesouvá k druhům zaměřeným na úspěch v mezidruhové kompetici.
- Celková hrubá produkce biomasy stoupá a v klimaxovém stadiu se stabilizuje.
- Čistá produkce se v klimaxovém stadiu blíží nule, protože roční přírůst biomasy se přibližně rovná jejímu odumírání a ztrátám respirací.
- Rozklad opadu je v průběhu sukcese stále významnějším faktorem tvorby půd. Množství živin poutaných v živé i odumřelé biomase v klimaxu vrcholí.
- Strukturnost celého ekosystému se v průběhu sukcese zvyšuje a vrcholí v klimaxu.
- Rychlost výměny živin mezi biotickým a abiotickým subsystémem zprvu roste, v pozdních stádiích sukcese značně klesá. Minerální koloběhy se tím v průběhu sukcese uzavírají; výstupy jsou v klimaxu minimální.
- Stoupá odolnost rostlinného společenstva i celého ekosystému vůči narušení zvenčí (Odum, 1977).

Pedogeneze a dynamika půdního chemismu

Po narušení je obnova předchozích půdních podmínek (pokud k ní vůbec dojde) často nesouvislým procesem, některé proměnné reagují rychleji než jiné (Walker & del Moral, 2003). Jako hlavní půdotvorné činitele možno označit matečnou horninu, vegetační kryt (resp. celou biocenózu), reliéf krajiny, klima nebo mikroklima, výšku hladiny podzemní vody a zásahy člověka (Pelíšek, 1968). V rámci mozaikových struktur velmi diverzifikovaných biotopů se vytváří především chudé iniciální půdy jako litozemě a regosoly (Alexandrowicz & kol., 2003).

Vegetace značně urychluje zvětrávání hornin, a to zejména působením kořenového systému a vlivem humusu. Kořenový systém rostlin zasahuje často hluboko do půdních spodin a podél kořenů se pak dostává do půdy více vody a vzduchu (Pelíšek, 1968). Mnohé kořeny každoročně odumírají a jejich hmota se

postupně mění v půdní humus (Hauptman & kol., 2009). Lesní porosty s rostlinným krytem ovlivňují rovněž jakost povrchového humusu. Jehličnaté porosty dávají svým opadem vždy humusy kyselější (Pelíšek, 1968). Analýzy ukázaly, že struktura půdy je nejdůležitějším faktorem ovlivňujícím průběh sukcese. Její vliv na druhové složení se zvyšuje s věkem sukcesního rostlinného společenstva (Lepš & kol., 2000).

Bezprostředně po narušení dochází vlivem změněných mikroklimatických podmínek ke zvýšení mikrobiální aktivity, projevující se zvýšenou mineralizací organické hmoty a v ní poutaných živin. Ovlivněna je i dynamika dusíku, roste zejména podíl nitrifikace, později dojde k vyčerpání lehce rozložitelných látek a zpomalení reakcí. Spolu se ztrátou dusíku ve formě nitrátů dochází k vyplavování bází, zejména Ca a Mg. Draslík a do jisté míry fosfor je na druhé straně účinně selektivně recyklován travinnou vegetací. Na lokalitách náchylných k introskeletové erozi postupem času dochází ke ztrátám organické hmoty a vystupování sutí a dále ke značným ztrátám dusíku i ostatních živin (Podrázský, 1999a).

Diverzita a stabilita

Svahové pohyby iniciují procesy, během kterých se formují nové a diversifikovanější tvary reliéfu (Alexandrowicz & kol., 2003). Mozaiková struktura reliéfu typického pro sesunuté svahy umožňuje sukcesi rostlinných společenstev vedoucí k podstatnému zvýšení biodiverzity těchto ploch (Tilman, 1985). Diverzita biologická začíná na nízké úrovni, roste do středních sukcesních stádií a ve vývojově vyspělém ekosystému opět poněkud klesá (Poleno & kol., 2007). Počet druhů na místě se bude lišit nejen v důsledku sukcesních změn, ale i dle kvality stanoviště. Rozmanitost nemusí nutně představovat maximální možnou produkci stanoviště, maximální čistá roční produkce se obvykle objevuje ke konci dominance pionýrských nebo subklimaxových druhů. Po tomto bodě roční produkce poklesne a později se celková produkce stabilizuje. Předpokládá se, že stanoviště bude produkci udržovat, dokud nebude narušeno nějakým klimatickým či biotickým činitelem (Harold & Hocker, 1979).

Není jisté, zda stabilita stanoviště (ve smyslu, že je stanoviště schopno znovu získat svou druhovou skladbu v minimální době po disturbanci) je charakteristikou diverzity. Horn (1974) tvrdí, že komplexní stanoviště, ta s největší druhovou pestrostí, mohou být stabilní nejméně. Uvádí, že stanoviště s nejmenším počtem

druhů mohou dosáhnout jejich předchozího stavu před disturbancí rychleji než ta s maximální diverzitou. Složité systémy představují křehkou rovnováhu mezi přítomnými druhy a disturbance, která rozruší tuto rovnováhu, přinese dlouhotrvající následky vyžadující mnoho let pro dosažení původní diverzity (Harold & Hocker, 1979).

3 RŮSTOVÉ STRATEGIE

Příroda musí být nějak vybavena k překonávání destrukcí společenstev a k osídlování dosud organismy neobsazených míst. Setrváme-li v rostlinné říši, zjistíme, že k danému evolučnímu procesu disponuje rostlinami různých vlastností, umožňujících postupné šíření rostlin v sukcesi. Poznatky o evolučních vlastnostech rostlin vyjádřili v šedesátých letech američtí ekologové Mac Arthur a Wilson v teorii r a K bionomické strategie. "Strategie druhu" jsou v jejich pojetí geneticky fixované soubory vlastností, které se projevují podobnými nároky na prostředí (Míchal, 1994).

R strategie

Ruderální **R-stratégové**, běžně označovaní jako **pionýrské druhy**, snášejí malý stres, ale odolávají vysokému narušování biomasy. Jsou adaptováni k rychlému osídlování volných ploch jako „první“ v sukcesní vegetační řadě (Košulič, 2010). Jsou to druhy se specifickými biologickými a ekologickými vlastnostmi, které jim umožňují:

- využívat extrémních podmínek k realizaci svých životních funkcí
- přizpůsobit se extrémním podmínkám
- změnit extrémní podmínky na podmínky, které jsou optimální pro jednotlivce a celé biocenózy
- předběhnout jiné druhy v procesu kolonizování nových oblastí
- určit průběh počátečních fází primární nebo sekundární sukcese a obvykle ustoupit, zejména když ekologický systém dosáhne plné stability (Falinski, 1995).

Vyznačují se vysokou plodností, rychlým růstem a vývojem v mládí, krátkověkostí, rychlým šířením, malou konkurenční schopností a nesnášenlivostí k zástině. Snadno přežívají změny prostředí. Jsou typickou součástí "velkého" vývojového generačního cyklu, vznikajícího na holině. Vytvářejí přípravný les se specifickou růstovou dynamikou a vyznačují se v něm značnou odolností typu resilience (Míchal, 1994). Pionýrské druhy svými kořeny otevírají (či připravují) půdu, svou odumírající nadzemní i podzemní biomasou vytvářejí humus a poskytují citlivým následným druhům ochranu proti mrazu a výparu. Jejich krátká životnost je předpokladem pro vytváření nových nástupních porostů (Poleno & kol., 2007).

C strategie

Konkurenční **C-stratégové**, běžně označovaní jako **klimaxové druhy**, jsou nejlépe adaptováni na svoje stanoviště, kde se dlouho vyvíjela jejich předešlá pokolení stabilizující selekcí. Jsou přísně adaptováni na prostředí vrcholného stadia - klimaxu, v němž poskytují maximální produkci. Jsou to druhy dlouhověké; později dosahují plodnost, ve svých nárocích na prostředí jsou velmi vyhraněné, proto mají jejich populace při stabilních podmínkách silně redukovanou genetickou proměnlivost, v bohatých společenstvech klimaxu však mají pestřejší genetickou výbavu. Ta jim pomáhá odolávat různým formám konkurence různých druhů. Ve srovnávacích pokusech rostou populace těchto druhů pomaleji než flexibilnější r-stratégové, a to hlavně v mládí. Dominují v trvalých ekosystémech často v silné mezidruhové konkurenci a ve složitějších strukturách lesních společenstev. Na svém stanovišti se vyznačují vysokým fitness, zdatností, přežíváním a vysokou stabilitou typu rezistence. Zpočátku rostou pomalu, kulminace růstu se dostavuje později a udržuje se dlouho na vysoké úrovni. Jsou hlavní součástí tzv. "malého" vývojového generačního cyklu. V něm se uplatňuje typická vývojová dynamika klimaxového lesa střídáním stadií dorůstání, zralosti - optima a rozpadu (Míchal & kol., 1992).

S strategie

Stres snášející **S-stratégové** snášejí velký stres, avšak za nízkého narušování biomasy. Stresem se rozumí odchylování od hodnot ve zdrojích výživy, záření, vody. S-stratégové mají takový komplex vlastností, které jsou adaptacemi k trvale nepříznivým podmínkám prostředí: pomalá rychlost růstu, nízká produkce, vytrvalost, květy a semena netvoří každým rokem, šíří se často také vegetativně (Slavíková, 1986).

Některé druhy mají schopnost smíšené strategie, proto se musí vždy hodnotit relativně k podmínkám, kde rostlina roste.

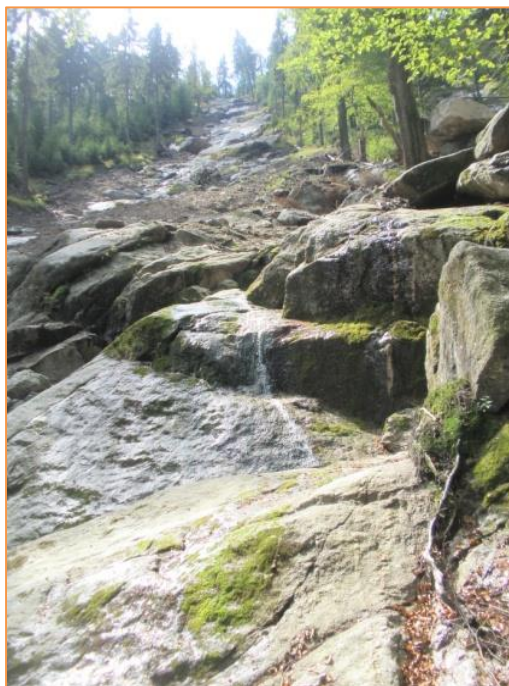
C-R stratégové – konkurenčně ruderální stratégové jsou úspěšní na produktivních stanovištích, kde je konkurence snižována mírnou intenzitou narušování biomasy (Slavíková, 1986).

C-S stratégové – stres snášející konkurenční stratégové jsou adaptováni na mírně neproduktivní stanoviště, tj. na mírnou intenzitu stresu, nesnášejí velké narušování biomasy (Slavíková, 1986).

C-S-R **stratégové** jsou adaptováni na stanoviště, na nichž je konkurence snižována jak mírnou intenzitou stresu, tak narušováním biomasy (Slavíková, 1986).

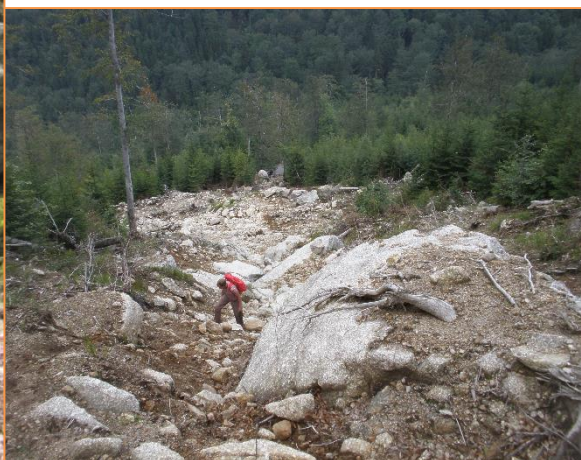
4 MURY

Název “mura“ je původně lidový název pro tento jev v tyrolských Alpách. Mury (lidově zemní laviny, na obrázku 3 a 4) jsou definovány jako hlinitokamenité přívalové proudy, nebo též blokovobahenní proudy, patřící z hlediska geomorfologie mezi soliflukční jevy. Jedná se o rychlý pohyb horninových hmot ve vizkózním stavu, v nichž se vedle jemnozrnného materiálu nacházejí i úlomky a bloky skalního podloží mnohdy značných rozměrů. Mury vznikají při velmi intenzivních přívalových srážkách nebo velmi rychlým táním sněhu na svazích o sklonu minimálně 30°. Důležitým faktorem vzniku je též typ skalního podloží. Ve zvětralinové vrstvě nad skalním podložím dojde k extrémnímu zvýšení obsahu vody a přetížená masa sjede po svahu i s lesním porostem a smete vše, co jí stojí v cestě. Jedná se o jednorázový gravitační svahový proces, nikoli o stržovou erozi.



Obrázek 4: Mura 1 (foto autor)

Rychlost pohybu masy je značná (4 – 8 m/s), z čehož vyplývá silný hřmot a katastrofické následky (ČHMÚ, 2011; Pilous, 1978; Pilous, 2011b).



Obrázek 3: Mura 2 (foto autor)

4.1 Příčiny vzniku

Hlavní příčiny vzniku mur jsou dobře známy a zahrnují přívalové deště, seismickou aktivitu, terénní úpravy, přírodní erozní procesy podryvající svahy a lidské konstrukční aktivity (Keefer & Larsen, 2007). Terénní pozorování, laboratorní experimenty a teoretické analýzy ukazují, že se murové dráhy mobilizují a vytvářejí třemi procesy: a) rozšíření Coulombova selhání v rámci půdy na šikmém svahu. Coulombova model se používá ke stanovení kombinace smykového

a normálového napětí, které způsobí narušení pevnosti zemin a hornin (Juvinal & Marshek, 2012) b) částečné nebo úplné zkapalnění hmoty díky vysokému tlaku vody v pórech c) převedení energie translačního pohybu mury do vnitřní vibrační energie svahu (Iverson & kol., 1997).

Příčinou vzniku zdejších mur nejsou s jistotou geologické, resp. litologické poměry. Horniny ani vlastnosti jejich deluvií zřejmě žádnou zásadnější roli nehráli. Z geologického hlediska měla podstatně větší význam poměrně mocná vrstva (0,5 – 2m) svahových zvětralin v podobě kombinovaných, hlinitokamenitých až hlinitobalvanitých nebo i blokových deluvií na strmých tektonických svazích, schopných v krátké době pojmout velké množství vody (Pilous, 2011b). Pod svahovou hranou se voda vnořila do poměrně velkých meziprostorů v balvanité zvětralině, kterou tak velmi rychle přetížila a současně zapříčinila pokles tření mezi částicemi udržující se jeho vlivem pohromadě (Pilous, 2011a).

4.2 Typy mur

Vznik mur může probíhat ve dvou variantách, podle toho dělíme mury na dva základní typy turbulentní a strukturní. **Turbulentní** mury vznikají plošným smyvem zvětralin na slabě zarostlých horských svazích za silného deště. Mají větší podíl vody než pevné složky, a proto



Obrázek 5: Odlučná zóna mury (foto autor)

často pokračují ve svém pohybu i po dosažení dna údolí. Mohou být dlouhé několik kilometrů, u nás takové známé nejsou. V našich podmínkách se vyskytují **strukturní** typy mur menších rozměrů. Vznikají na strmých svazích se sklonem přes 28° a na dně údolí se obvykle zastavují. Vznikají taktéž při průtržích mračen, ale nikoliv stékáním povrchových stružek, ale utržením podmáčené zvětralině a jejím sjetím po svahu (Pilous, 1978).

V podélném smyslu se člení dráha mury na tři zóny, a to **odlučnou** (obrázek 5), kde mura vznikla, **tranzitní**, nejdelší, kde probíhá vlastní pohyb a poslední **akumulační**, kde se mura zastavuje a hromadí se unášený materiál (Pilous, 1978)..

5 CHARAKTERISTIKA LOKALITY

Povodňové mury se nachází na severním a severovýchodním svahu Smědavské hory v Jizerských horách (obrázek 6). Jejich odlučnou hranu najdeme pod Pavlovou cestou ve výšce okolo 900 m. n. m., ve své spodní části přetínají silnici mezi Smědavou a obcí Bílý potok a končí v korytě říčky Smědé. Jedná se o prudký svah 40 až 60 % (přibližně 22 – 31°), který je



Obrázek 6: Zasazení lokality do mapy (Regionální produkt Jizerské hory, 2012)

expozičně orientován severně až severovýchodně (Krykorková, 2012). Lesy zde patří do hospodářského souboru 01 a 02, tedy mezi lesy ochranné. Soubor lesních typů je převážně kamenitá kyselá smrková bučina (6N - *Piceeto - Fagetum lapidosum acidophilum*), ale na lokalitě jsou zastoupeny také: zakrslá (6Z), skeletovitá (6Y) a skeletová (7Y) buková smrčina (*Fageto - Piceetum saxatilis*). Území spadá mezi lokality s evidovaným kritickým sklonem svahu a do kategorie imisních lesů B (Oblastní plány rozvoje lesů, 2011).

5.1 Klima

Klimaticky patří území Jizerských hor k oblastem mírně chladným a bohatým na srážky. Leží na rozvodí Odry a Labe. Území je pramennou oblastí toků příslušejících do povodí Nisy, Smědé a Jizery. Vzhledem k charakteru oblasti (horský masiv s lokalitami v nadmořských výškách od 350 do 1124 m. n. m.) se zde nachází značné diference v klimatických podmínkách (Kulasová & Bubeníčková, 2009). Průměrná celoroční teplota zde činí 5,8 °C, teplota vzduchu ve vegetačním období 10,8 °C. Osada Jizerka je jedním z nejchladnějších míst v republice, teploty tam v zimě klesají až hluboko pod -30 °C (Slodičák & Novák, 2005).

Jizerské hory jsou velmi bohaté na srážky, v žádném pohoří v ČR nepadne ve stejné nadmořské výšce tolik srážek (Sýkora, 1971). Je známo, že mají drsné počasí, a že celá jejich vrcholová část bývá často zasažena intenzivními srážkami,

kteře dávájí vzniknout četným povodňovým situacím. Srážkové situace s velkými úhrny se v Jizerských horách vyskytují v letních měsících, nejčastěji v červenci a srpnu (Kulasová & Bubeníčková, 2009).

Centrum srážek bývá nejčastěji lokalizováno na rozvodí toků Smědě, Kamenice a Jizerky nebo na území těsně pod ním. Celé hlavní těleso pohoří (nad 500 m. n. m.) má roční srážkový úhrn větší než 900 mm, v oblasti Jizery (1123 m. n. m.) spadne ročně průměrně 1600 mm. Na náhorní plošině, zhruba od 900 m. n. m., spadne od 1000 mm do 1200 mm srážek (Sýkora, 1971). Celoroční průměrný srážkový úhrn je uváděn v hodnotách nad 1000 mm (Slodičák & Novák, 2005). Jizerské hory si stále drží rekord z roku 1897, kdy byl naměřen nejvyšší denní srážkový úhrn v České republice, a to na Nové Louce v nadmořské výšce 780 m. n. m., který činil 345,1 mm/den (Kulasová & Bubeníčková, 2009).

5.2 Geologie

Jizerské hory jsou součástí krkonoško – jizerského krystalinika, obklopeného dalšími útvary luga. Na západě přechází tato jednotka do žulových hornin lužického masivu a na jihozápadě sousedí s Ještědským hřebenem. Na severu tvoří hranici významný vnitrosudetský zlom (horizontální posun), kterým je krkonoško – jizerský blok oddělen od zhořelecko–kačavského pásma (Knotek, 2009).

Značnou část plochy Jizerských hor zaujímá žulový pluton variského stáří, který je jádrem krkonoško-jizerského bloku a představuje po své krystalizaci jeho nedeformovanou a konsolidovanou část. Plutonem nazýváme těleso vyvřelé horniny utuhlé v hloubce pod povrchem (Knotek, 2009). V dnešní denudační úrovni má tvar protáhlé, uprostřed zaškrčené elipsy (osmičky) s delší osou ve směru V-Z. Východní část masivu leží z většiny na polském území. Vcelku masiv zaujímá plochu kolem 685 km². Je obnažen hlavně v nejvyšších horských hřebenech Jizerských hor a Krkonoš (Chaloupský & kol., 1989).

Petrograficky není masiv příliš pestrý, a to zejména ve své jizerské oblasti. Široko převládajícím a zároveň na lokalitě se vyskytujícím typem je výrazně porfyrická středně zrnitá biotitická žula až granodiorit, která směrem do hlubších úrovní přechází pozvolna do porfyrické hrubozrné biotitické žuly (Klomínský, 1969). Ta je v typickém vývoji odkryta v okolí Liberce, kde se těží jako vynikající stavební a dekorační kámen (Chaloupský & kol., 1989). Geologický podklad tvořený

žulami má velký vliv na vegetaci hlavně díky tvorbě snadno propustných písčitých půd (Sýkora, 1971).

Zásoba živin v půdách vzniklých na žulách je všeobecně nedostatečná. Zásobování žul dvojmocnými bázemi (CaO, MgO) je nedostačující, stejně jako zásobení fosforem. Tyto horniny mají málo i barvivotvorných látek (Fe₂O₃, FeO, MnO), jejich extrémní nedostatek vykazují zejména subtypy žul a rul. Zásobení alkáliemi (Na₂O, K₂O) je bohaté díky převaze draslíku nad sodíkem (Smejkal & kol., 2009).

5.3 Půdní charakteristiky

Důležitou hrozbou pro půdní prostředí nejen Jizerských hor se stala průmyslová a energetická znečištění, jejichž emise postupně vzrůstala po několik let, ale dramatický vývoj v tomto směru nastal od poloviny 20. století. Zvláště hrozné se ukázaly emise SO₂ způsobující tzv. kyselé deště, a také emise některých těžkých kovů. Do dnešního dne dosahuje koncentrace Pb v povrchovém humusu horských půd dokonce 200 mg/kg, i když by neměla překračovat 50 mg/kg. Průmyslové znečištění a jiné nepříznivé jevy způsobily koncem sedmdesátých a na začátku osmdesátých let minulého století hromadné odumírání smrkových porostů všeobecně nazývané ekologickou katastrofou (Konca, 1990).

5.3.1 Půdní typy v zájmovém území

Půdy v Jizerských horách jsou velmi různorodé. Nejdůležitějšími příčinami jsou zde prostorové rozrůzněnosti, odlišnost hornin a půdotvorných substrátů, bohatství morfologických forem a mozaikovitost vodního režimu (obrázek 7) (Smejkal & kol., 2009).



Obrázek 7: Typický okraj murového skluzu vyšších poloh (foto autor)

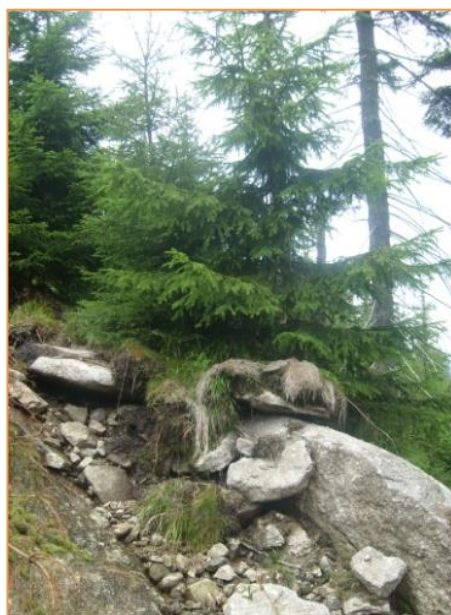
Na zkoumaném území se nachází především 3 typy půd a jejich subtypy, a to **ranker podzolový**, **podzol modální** až **histický** a **kryptopodzol rankerový**. Podrobnější popis půdních typů vizte Krykorková (2012); Smejkal & kol. (2009).

5.3.2 Skeletovitost a introskeletová eroze

Introskeletová eroze je definována jako převážně vertikální propadávání a proplavování půdních částic do dutin mezi kameny a balvany především na sut'ových stanovištích (Mezi stromy, 2007; podrobněji vizte Krykorková, 2012).

Zdejší kamenité půdy typu rankeru a rankerových subtypů podzolu, kryptopodzolu a kambizemí jsou introskeletovou erozí potenciálně ohroženy nejvíce (Šach, 1999). Jejich výskyt ve svažitých terénech (vizte obrázek 8) nepříznivé dopady introskeletového propadání dále zvyšuje. Skeletovitost půd

v zájmové oblasti je vysoká, obsahují větší jak 50 % podíl hrubých částic s průměrem zrn > 2 mm, a to přes kategorie hrubý štěrk (10–50 mm) až po balvany (> 500 mm) (Hauptman & kol., 2009). Celkem je introskeletovou erozí ohroženo cca 18 % lesní oblasti Jizerské hory (Šach, 1999).



Obrázek 8: Skeletovitost půd na lokalitách mur (foto autor)

5.3.3 Současný stav půd na murách

Následkem obrovské síly a rychlosti pohybu hlinitokamenitého proudu byla půda z většiny území odplavena; především v horních partiích mur je zcela obnažena matečná hornina bez přítomnosti půdních částic. V nižších polohách mury (akumulační oblast) se objevuje směs promíchaných půdních horizontů spolu s pískem, kamením a balvany, organickou hmotou a vyvrácenými kmeny. Ve středních polohách můžeme nalézt místa s akumulovanými ostrůvky splavené hmoty a suti, s větší či menší půdní vrstvou a naplavenými drny (Krykorková, 2012). Mělké vrstvy půdy na murách tvoří většinou jen výplň mezi balvanitou suti a retenční schopnost těchto půd je vzhledem k jejich relativně malé mocnosti také patřičně malá (Lhotský, 1963). Půda na sklonitých svazích je výrazně ovlivněna různou silou splachování půd. Půdy na svazích západních a zejména severních jsou výrazně vlhčí a chladnější než na svazích východních a jižních (Pelíšek, 1968).

Na lokalitě bude následovat tvorba půdy v závislosti na mateční hornině. Každá hornina ovlivňuje půdotvorný proces zejména svým chemickým složením, zrnitostním charakterem horninových zvětralin a hloubkou zvětralin (Pelíšek, 1968). Zvětrávání žul je obtížné. Usnadněno je však drťovým rozpadem, tj. mrazovým větráním v pleistocénu. Zvětralininy jsou písčitého charakteru díky vysokému obsahu křemene. Půdy jsou písčité až hlinitopísčité, zvláště ve svazích často drolinovité. Nápadný je nízký obsah skeletu střední velikosti (štěrku a kamenů) (Smejkal & kol., 2009). V prvním stádiu rozpadu jsou to obrovité balvany, které často vylučují existenci normálně vyvinutého bylinného patra (někdy i stromového) a umožňují sestup přirozených smrkových porostů až do 800 m. n. m. V dalších stupních rozpadu žuly ovlivňuje vegetaci tvorba písčitých, snadno propustných půd, jejichž složení podporuje rychlé ochuzení svrchních horizontů o přístupné živiny (Sýkora, 1971).

5.4 Biotop

Pojem biotop se vždy vztahuje ke konkrétnímu druhu či společenstvu. Okolní společenstvo mur, a tedy i společenstvo, které se vyskytovalo na území mur před jejich vznikem, je dle Katalogu biotopů (Chytrý & kol., 2001) příslušné do kategorie L9.1 Horské třtinové smrčiny.

Třtinové smrčiny rostou na svazích a vrcholech kopců v montánním až supramontánním stupni v nadmořské výšce 950 - 1350 m. n. m. Tvoří horní hranici lesa, v jejíž blízkosti jsou porosty následkem extrémních podmínek klimatických poměrů rozvolněnější. V našem případě se vyskytují v nižších nadmořských výškách, zde však bývá jejich charakter silně ovlivněn smrkovým hospodařením, takže většinou splývají s okolními kulturními smrčinami (Chytrý & kol., 2001)

Druhové složení

Ve stromovém a keřovém patře se v původním biotopu kromě smrku ztepilého (*Picea abies*) uplatňují i listnáče javor klen (*Acer pseudoplatanus*), buk lesní (*Fagus sylvatica*) a jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*) na obrázku 9. Bylinné patro bývá zastíněné a jeho pokryvnost je tak kolísavá. Dominantními druhy třtinových smrčin jsou metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*), třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*), kaprad' rozložená (*Dryopteris dilatata*) a brusnice borůvka (*Vaccinium*

myrtilus). Dále se vykytují montánní druhy např. žebrovice různolistá (*Blechnum spicant*), podbělice alpská (*Homogyne alpina*), sedmikvítek evropský (*Trientalis europaea*). Mechové patro dosahuje pokryvnosti až 90 % (Chytrý & kol., 2001). Vědecké názvy druhů vizte tabulku 4 na straně 68.

5.5 Mury v Jizerských horách

V srpnu roku 2010 došlo k tragickým záplavám na několika územích v ČR. Za mimořádně intenzivních srážek (až 40,1 mm/hod. – dle nejbližší srážkoměrné stanice



Obrázek 9: Nalétnutý semenáček jeřábu na muře (foto autor)

Smědava) došlo k pohromě i v povodí říčky Smědé v Jizerských horách. Zatímco místní lidé s hrůzou obcházelí své domy a počítali škody, do centra pozornosti se dostaly i ohromné murové dráhy, které zbrázdily svah nad obcí. Na strmých svazích v prostoru Smědavské hory a v údolí horní Smědé vznikly čtyři mury a čtyři svahové nátrže. Tím se ukázalo, že uvedený prostor má dispozice pro vznik těchto rychlých gravitačních svahových procesů (Pilous, 2011b). Nejedná se zde však o první událost. Oficiálně zde sice starší mury popsány nejsou, nicméně Nevrlý (1981) uvádí stručnou informaci právě o Smědavské hoře, kde údajně po povodních v červenci roku 1958 “sjely ze severovýchodního úbočí 4 jakési blátokamenné laviny“.

5.5.1 Meteorologické příčiny vzniku mur

Nejintenzivnější déšť se vyskytoval na severu Čech v noci z pátku 6. na sobotu 7. srpna. V sobotních ranních a dopoledních hodinách se vlivem návětrí generovaly konvekční pohyby, které uvnitř oblasti trvalých srážek způsobovaly lokálně vymezená centra se srážkami, které svým charakterem odpovídaly přívalovým srážkám. Odpoledne a v následujícím dni pak srážková činnost postupně zeslábla. Nejvyšší extrémy srážek byly vyhodnoceny pro stanici Hejnice, kde během hodiny od 9 do 10 h SELČ (středoevropského letního času) napadlo 57,6 mm srážek, během 3 hodin 115,8 mm, během 6 hodin 143,1 mm a během 24 hodin 220,5 mm. Ve všech případech se jedná o srážky, které se v dané stanici vyskytují méně často než jednou za 100 let.

Nasycenost území, která významně ovlivňuje reakci povodí na spadlé srážky a průběh odtoku, byla vyšší než 0, tj. nasycení území bylo vyšší než retenční vodní kapacita půdy. Extremitě srážek odpovídala i následná odtoková odezva, která byla velmi ovlivněna předchozím silným nasycením postižených povodí, a to zvláště Jeřice a Smědé, kde extremita kulminačních průtoků byla nejvýznamnější a výrazně překročila dobu opakování 100 let (více vizte ČHMÚ, 2010).

5.6 Inhibiční faktory ovlivňující sukcesí na dané lokalitě

Mezi hlavní inhibiční faktory na lokalitě patří imise, lidská činnost, vlhkostní podmínky, klima a biotičtí činitelé (především zvěř).

Imise

Od konce 70. let je v Jizerských horách doloženo výrazné poškozování lesních porostů imisemi (Podrázský, 1999b). Jedním z hlavních následků je acidifikace a nutriční degradace půd způsobená dlouhodobou kumulovanou kyselou depozicí a depozicí eutrofizujících sloučenin dusíku (Mze, 2001). Spad SO_2 dešťovými srážkami do půdy působí jako slabá kyselina, která postupně degraduje půdu, zvyšuje přirozenou kyselost půd a vyvolává vyluhování živin, především hořčíku a vápníku, a přispívá též k uvolňování iontů hliníku, který je pro kořeny dřevin toxický. Obnažení půdy ještě urychlí vymývání živin a mobilizaci toxicky působících iontů. Rostliny iniciálních stadií sukcese musejí věnovat značnou energii na vyrovnání nedostatku živin, toxického působení náhle mobilních prvků, konkurence nižších rostlin adaptovaných i na překonání klimatických extrémů holiny, snížených teplot, tlaku herbivorů atd. Takové energetické investice si semenáčky klimaxových dřevin dokáží sotva zajišťovat (Poleno & kol., 2007). S ohledem na nízký stupeň resilience lesních ekosystémů (včetně lesních půd) může docházet i při relativně nízkém působení stresových faktorů (např. klimatické výkyvy) k náhlým epizodám poškození lesních ekosystémů (Slodičák & Novák, 2005).

Lidská činnost

Jelikož se vzniklé mury, snadno viditelné ze silnice i z projíždějícího auta, staly pro mnoho zvědavců "atrakcí", může být území dotčeno dodatečnou erozí lidským faktorem při pohybu po lokalitě. Kamení spolu s půdou může být dále uvolňováno a posouváno dolů do akumulární zóny, což může zapříčinit další obnažování a odnos zachycených diaspor ve vyšších, extrémnějších podmínkách.

Sucho

Přestože se zdá nepravděpodobné, že by vegetace v nejvlhčí oblasti České republiky (viz 5.1 Klima- 26 -) mohla trpět suchem, opak může být pravdou. Geologický podklad tvořený zcela nepropustnou žulou není schopen zadržet sám ani sebemenší množství vody. Z roku 2003 je mimo jiné na Smědavské hoře popsán negativní vliv chronického sucha projevující se deficitem ve výživě hořčíkem a tedy žloutnutím starších ročníků jehličí (Slodičák & Novák, 2005).

Mrazy

Především mladé lesní dřeviny mohou být poškozeny silnými mrazy zmrznutím nezdřevnatěných letorostů, a tím vznikem deformovaných korun. Nebezpečnější pro obnovu lesů v zájmovém území Jizerských hor jsou však pozdní mrazy. Vyskytují se zjara a mohou těžce poškodit nově vyrašené výhony lesních kultur, kde dochází k nekrotám plochy asimilačního aparátu (Slodičák & Novák, 2005).

Zvěř

Přirozená sukcese v Jizerských horách je zcela blokována působením tlaku zvěře (Podrázský, 1999b). Díky tomu dochází ke snižování odolnosti lesních ekosystémů a ohrožení trvalosti jak produkčních, tak mimoprodukčních funkcí lesa. Příčinou vysokých škod je nevhodné myslivecké hospodaření a neochota výrazně snížit stavy spárkaté zvěře. Škody na lese, náklady na ochranu lesa a ztráty na produkci a kvalitě jsou v současné době odhadovány na miliardy korun ročně. Újma na ekosystému, který je zvěří trvale destruován, je těžko vyčíslitelná. Nutno dodat, že poškození rostlin je normálním projevem příjmu potravy býložravé zvěře, je však důležité stanovit hranici její únosnosti, která je v zájmovém území překročena (Tuma, 2008).

Hlavními inhibičními faktory jsou: okus, ohryz a loupání. Následkem může být úplná likvidace přirozené obnovy, deformace kmínků, snížení přírůstku a vitality, infekce dřeva dřevokaznými houbami a celkové oslabení jedinců (Tuma, 2008)

6 METODIKA

Pro výzkum byly vybrány dvě největší murové dráhy na Smědavské hoře v Jizerských horách. Zaměření bylo provedeno vlastním měřením pomocí GPS přístroje ProMark 100/120/200/220 a srovnáno s daty v publikaci Pilous, 2011b. Lokalizace dvou studovaných mur včetně jednotlivých TVP byla zpracována v prostředí programu ArcGIS 9.3 na mapovém podkladu z mapového serveru geoportal.gov.cz (Krykorková, 2012).

6.1 Založení trvalých výzkumných ploch (TVP)

Na každé muře byly založeny TVP v příčných transektech (vizte obrázek 28 na straně 68 v přílohách). Transekty byly rozmístěny odspoda nahoru tak, aby zahrnovaly akumulaci, tranzitní i odlučnou zónu mury. Vzájemná vzdálenost transektů od sebe činila přibližně 200 metrů. V některých případech je



Obrázek 10: Označení transektu v terénu (foto autor)

vzdálenost upravena pro lepší zachycení některých skutečností (např. široká plocha na styku dvou ramen).

Velikost, tedy délka příčných pásů, se liší podle změn šířky mury v jejich částech, kde probíhalo pozorování. Šířka každého pásu činí 5m.

K označení TVP bylo využito vysoce odolného lesnického označovače, kdy byly na patě stromu (z důvodu případné těžby) při obou krajích transektu či na kamenech v jeho průběhu vyznačeny barevné pruhy (obrázek 10). Takto trvalé označení stromů umožňuje kdykoliv určit linii určující spodní hrany pásu, od které jsou směrem do svahu kladeny fytoecologické snímky. TVP je označena třemi symboly: první symbol označuje číslo mury, druhý značí číslo transektu a poslední číslice udává pořadí fytoecologického snímku v rámci transektu, u kterého bylo označování prováděno. Transekty jsou číslovány zespoda nahoru, v rámci první mury 1A až 1F, v rámci druhé 2A až 2D.

6.2 Metodika fytoocenologického snímku

Plocha snímků byla zvolena na 5x5 metrů. U každého snímku bylo zapisováno datum pořízení, sklon (%), nadmořská výška (m. n. m.), pozice v příčném směru, umístění v rámci murových zón a charakter podloží (tabulka 1), popř. doplněno poznámkami. Žádoucí bylo, aby snímky zachycovaly jak samotnou muru, tak i okrajový efekt v místech odtržení povrchu. Z takto koncipovaných snímků bude následně možno zjistit rozdíly ve vývoji vegetace v různě příznivých podmínkách mikrostanoviště. Stejně tak různé zóny v podélném smyslu dráhy mohou vykazovat odlišné podmínky pro zakládání nové vegetace. Další zaznamenávanou proměnou byl charakter podloží, jež je na muře v každém místě náhodně jiný následkem neřízeného destruktivního pohybu unášeného materiálu po svahu.

kategorie	popis (zkratka)	převažující charakter
podloží	kámen (K)	skály a kameny zabírající > 70 % snímku
	suť (S)	drobné kameny, směs půd. horizontů > 70 % plochy snímku
	zemina (Z)	zachované původní svrchní půd. horizonty > 70 % plochy snímku
	kombinace (KS, SK, ZS, ZK, SZ, KZ)	kombinované podloží v součtu > 70 % plochy snímku; první písmeno představuje převažující podloží, druhé písmeno podloží s 2. největším zastoupením
zóny	odtrhová	oblast mury, kde samotný odtrh svahu vznikl
	tranzitní	oblast mury, kde probíhá vlastní proudový pohyb
	akumulační	oblast mury, kde se zastavuje a hromadí unášený materiál
pozice	okraj	část mury částečně zasažená disturbancí
	střed	část mury plně zasažená disturbancí

Tabulka 1: Přehled metodického členění práce.

Základní parametry fytoocenologických snímků

Snímky byly umístěny těsně vedle sebe v předem určených transektech a číslovány odleva doprava např. 1A1 až 1A5, zobrazeno na mapách na straně 70 - v přílohách.

Snímky byly vytyčovány pomocí pásma a přenosného provazového čtverce, který bylo možno uchytit v zemi pomocí kolíků.

Sklon se liší jak mezi různými transektami, tak v jejich rámci. Na okrajových snímcích je vždy větší, jelikož se nachází na prudké části, kde došlo k odtrhnutí svahu.

Určení pokryvnosti

Hlavním smyslem zakládání fytoecologických snímků bylo zjištění pokryvnosti jednotlivých druhů rostlin na murové lokalitě.

Pokryvnost byla odhadována a třizena do stupnice podle **Braun-Blanqueta** (van der Maarel, 1979):

r – 1 až 2 jedinci s nepatrnou pokryvností (0,02 %)

+ – pokryvnost pod 1 % plochy (0,1 %)

1 – pokryvnost 1 až 5 % plochy (2,5 %)

2m – pokryvnost kolem 5 % plochy (5 %)

2a – pokryvnost 5 až 15 % plochy (8,75 %)

2b – pokryvnost 15 až 25 % plochy (18,75 %)

3 – pokryvnost 25 až 50 % plochy (37,5 %)

4 – pokryvnost 50 až 75 % plochy (62,5 %)

5 – pokryvnost 75 až 100 % plochy (87,5 %)

Pokryvnost druhů byla zjišťována v patře E0 a E1.

Patrovitost vegetace

E0 - mechorosty a lišejníky

E1 - bylinné patro (do 1 metru)

Určení Ellenbergových ekočísel a životních strategií

U druhů, pro které jsou známa Ellenbergova ekočísla a životní strategie (obecně byliny a traviny), byly hodnoty převzaty z publikace Frank & kol. (1988) a Křižo & kol. (1996). Dřeviny byly z klasifikace záměrně vynechány, jelikož strategie se během růstu dlouhověkých dřevin mění a neodpovídá na ploše se vyskytujícím semenáčkům, ale vývojově starším jedincům.

6.3 Určení vegetace

Vegetace byla určena dle následujících publikací a konzultována s Ing. Karlem Boublíkem, doc. RNDr. Janou Kocourkovou, CSc., Ing. Lucií Zemanovou, Ing. Lenkou Pavlů. Ph.D. a Ing. Vendulou Ludvíkovou, Ph.D. Použité publikace byly Kubát (2010); Kučera & Váňa (2005); Liška & kol. (2008); Kremer & Muhle (1998).

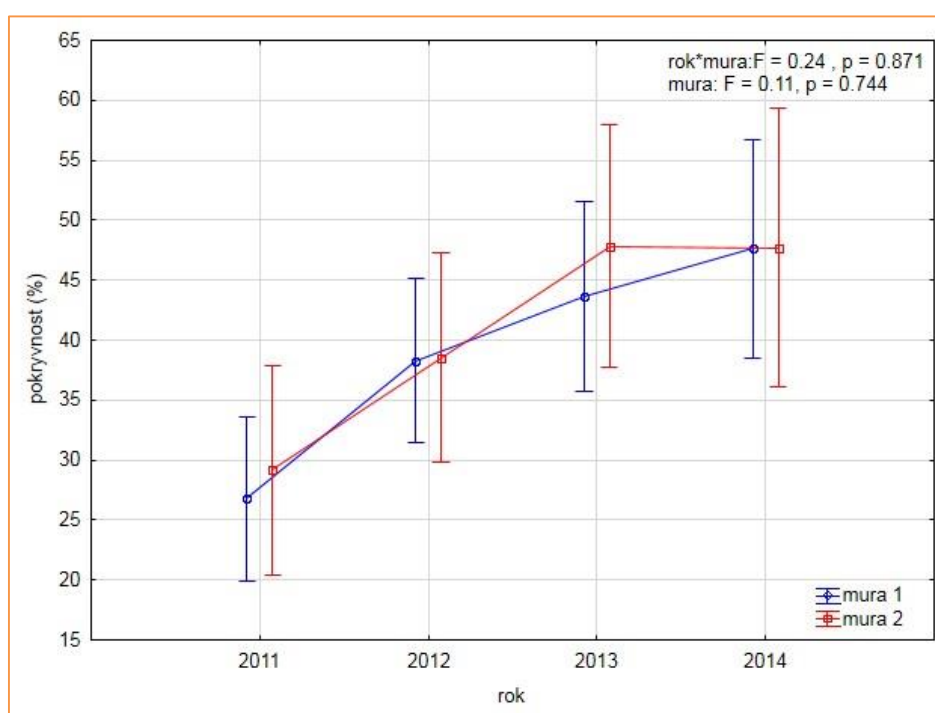
6.4 Zpracování dat

Pro většinu analýz představovala vstupní data pokryvnosti jednotlivých druhů rostlin, v některých případech byly pokryvnosti seskupeny do bloků například podle obecného taxonomického zařazení druhů (byliny, dřeviny, traviny, mechorosty, lišejníky, kapradiny nebo podle preferovaných životních strategií). Pomocí statistického programu CANOCO 5 (Canoco, 2012) a STATISTICA 12 (StatSoft, 2012) byly testovány zvolené hypotézy a prováděna porovnání. V programu STATISTICA byla zpracována většina dat analýzou rozptylu pro opakovaná měření (ANOVA for Repeated Measures). Data pro prosté porovnání pokryvností v letech byla zpracována jednofaktorovou analýzou rozptylu (ANOVA for a Single Factor). V programu CANOCO byla použita kanonická korespondenční analýza (partial CCA).

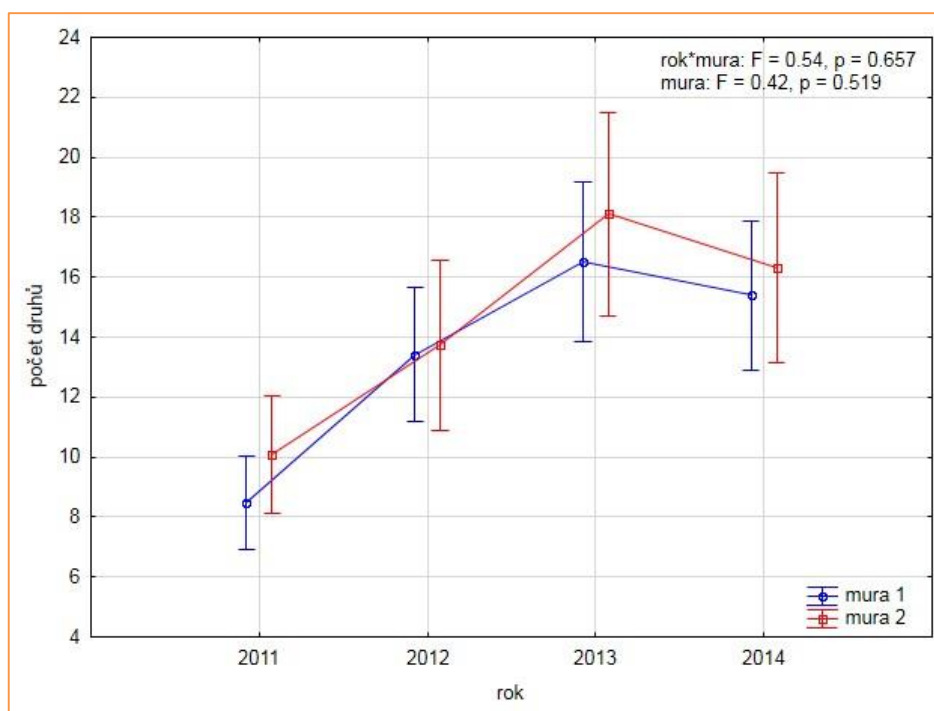
7 VÝSLEDKY

Celkem bylo na 2 murách v každém roce zpracováno 51 fytologických snímků, na kterých bylo během čtyřletého výzkumu nalezeno 78 druhů vyšších rostlin.

Jelikož byla data sebrána na více murových lokalitách, bylo nejdříve třeba porovnat mury mezi sebou. Rozdíl mezi nimi se nepředpokládal, z hlediska jejich krátké vzájemné vzdálenosti a stejnými podmínkami před a po vzniku události. Rozdílnost v pokryvnosti i v početnosti druhů se neprokázala (obrázek 11 a 12). Nadále bylo proto s fytocenologickými snímky pro účely zjištění vývoje murové vegetace pracováno bez rozdílu, na které muře se vyskytovaly.

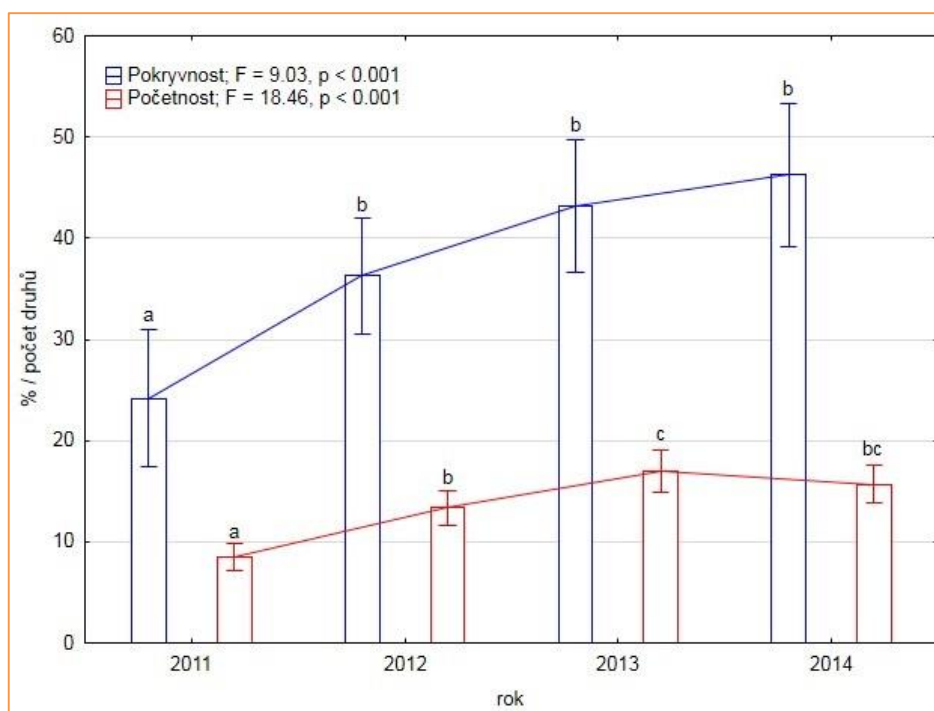


Obrázek 11: Vývoj průměrné pokryvnosti na murách.



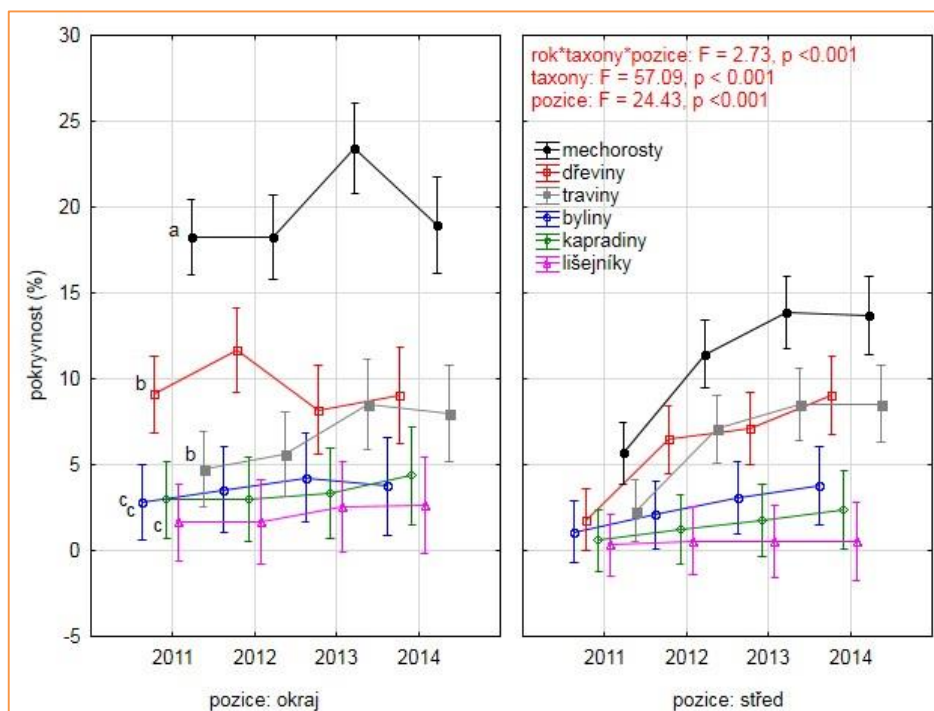
Obrázek 12: Vývoj průměrné početnosti druhů na murách.

První otázkou bylo porovnání vývoje celkové pokryvnosti a početnosti za celou dobu výzkumu. Obrázek 13 znázorňuje očekávaný nárůst pokryvnosti v čase. Početnost v posledním roce 2014 oproti roku 2013 mírně klesla.



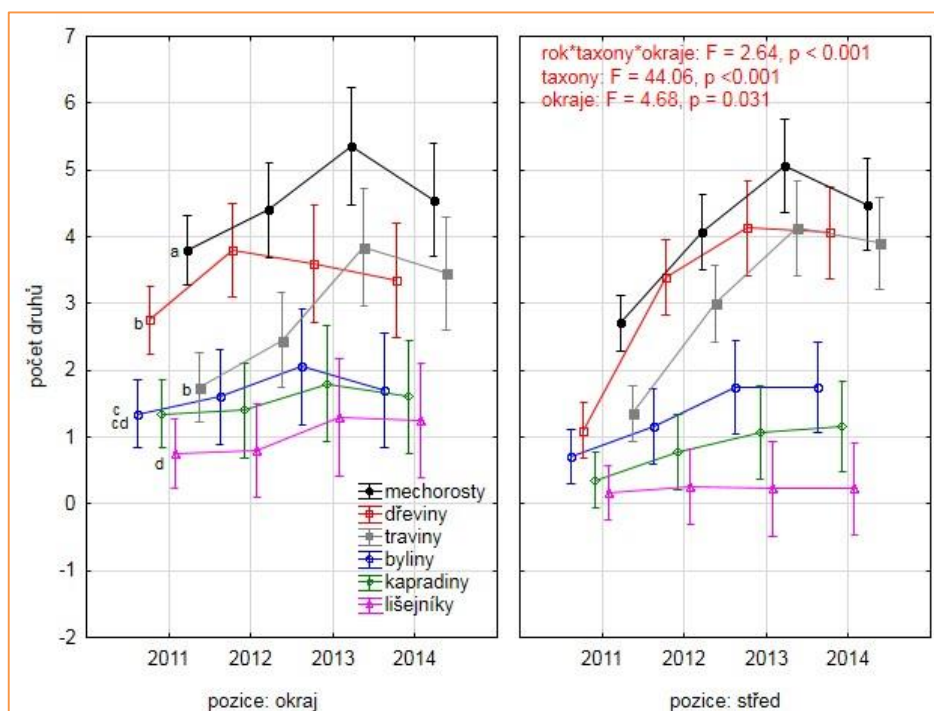
Obrázek 13: Graf celkové průměrné pokryvnosti a početnosti v čase.

Vyjádření, které taxony se na muře vyvíjí rychleji, obsahuje obrázek 14. Nejvyšší nárůst pokryvnosti vykazují mechorosty a traviny (u obou o 5 procentních bodů). Největší změny během 4 let pak mechorosty a dřeviny. Největší pokryvnost tvoří mechorosty (15 %), poté dřeviny (7 %) a traviny (7%), nejméně byliny (3 %), kapradiny (2 %) a lišejníky (1 %). Rozdíly jsou patrné i mezi středovými a okrajovými snímky, především u mechorostů, kteří rostou významně více na okrajích mur.



Obrázek 14: Průměrná pokryvnost pro jednotlivé taxony rostlin.

Změny v početnosti taxonů vyšších rostlin vidíme na obrázku 15. Početnost bylin, kapradin a lišejníků se téměř nemění, zatímco výrazněji přibývá druhů dřevin, travin a mechorostů. Ve středových snímcích dochází k výraznější změně v počtu druhů než v okrajových. Číselné hodnoty průměrných a maximálních početností pro jednotlivé taxony obsahuje tabulka 2.

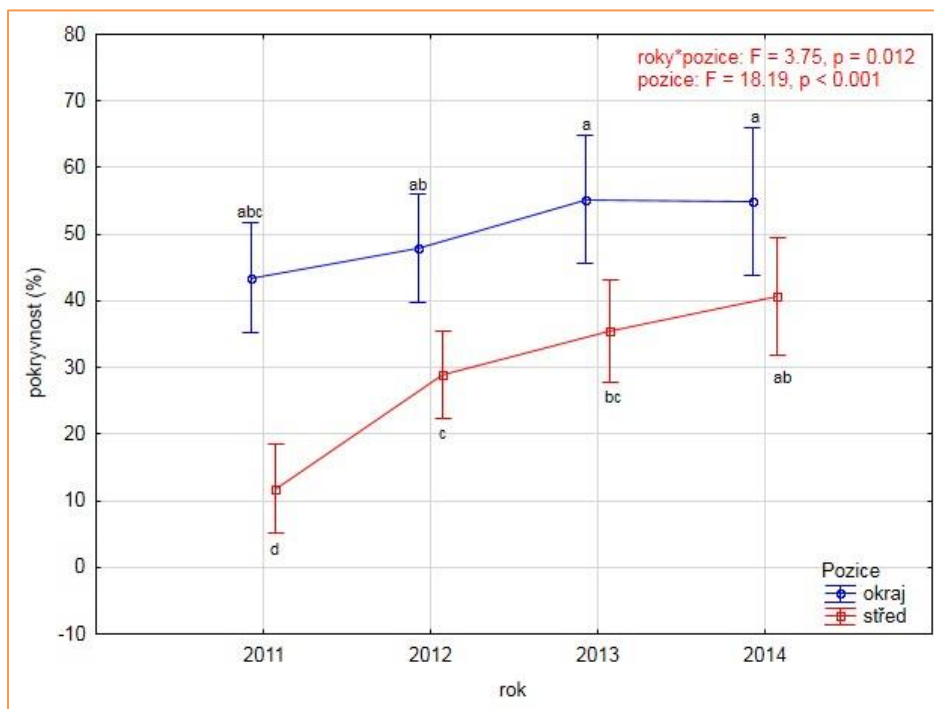


Obrázek 15: Průměrná početnost pro jednotlivé taxony rostlin.

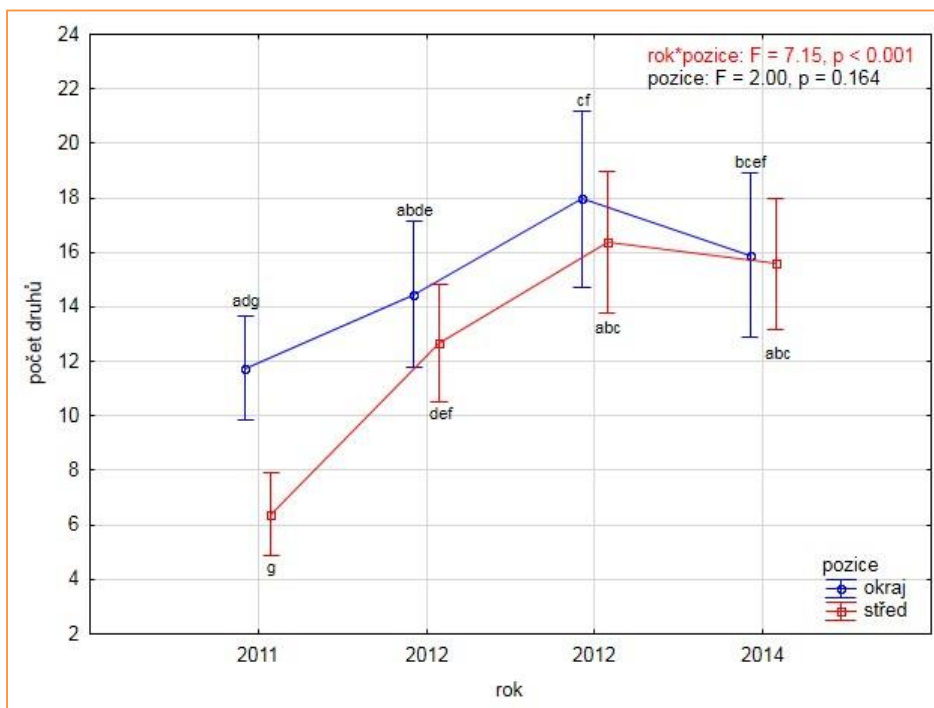
rok	pozice	byliny	dřeviny	kapradiny	lišejníky	mechorosty	traviny
2011	okraj	1,4 (4)	2,8 (6)	1,4 (3)	0,8 (5)	3,8 (6)	1,8 (5)
	střed	0,7 (4)	1,1 (5)	0,4 (2)	0,2 (3)	2,7 (5)	1,4 (4)
2012	okraj	2,1 (6)	4,3 (8)	1,5 (3)	0,7 (5)	4,6 (8)	3,1 (8)
	střed	0,4 (2)	2,7 (7)	0,4 (2)	0,2 (2)	3,7 (7)	2,3 (6)
2013	okraj	2,6 (9)	4,4 (9)	1,8 (5)	0,9 (7)	5,8 (11)	4,5 (11)
	střed	0,7 (3)	3,2 (8)	0,6 (2)	0,3 (1)	4,3 (9)	3,2 (6)
2014	okraj	2,4 (7)	4,4 (9)	1,7 (3)	0,8 (7)	4,9 (10)	4,2 (10)
	střed	0,5 (2)	2,6 (6)	0,5 (2)	0,3 (1)	3,7 (9)	2,8 (6)

Tabulka 2: Číselné hodnoty početnosti. Legenda: Průměrná početnost (maximální početnost)

Porovnání změn pokryvnosti a početnosti v závislosti na pozici snímku v rámci mury zobrazuje obrázek 16 a 17. Mezi pozicemi je v pokryvnosti významný rozdíl, stejně jako mezi lety na středových snímcích. Na snímcích umístěných uprostřed mury v druhém roce stoupla průměrná pokryvnost výrazněji než na okrajích. Pokryvnost na okrajových snímcích se v letech významně nemění. V případě počtu druhů mezi okrajem a středem rozdíl není, avšak v prvním roce bylo ve středu mury méně druhů než na okraji. Během následujících let se počty srovnaly.

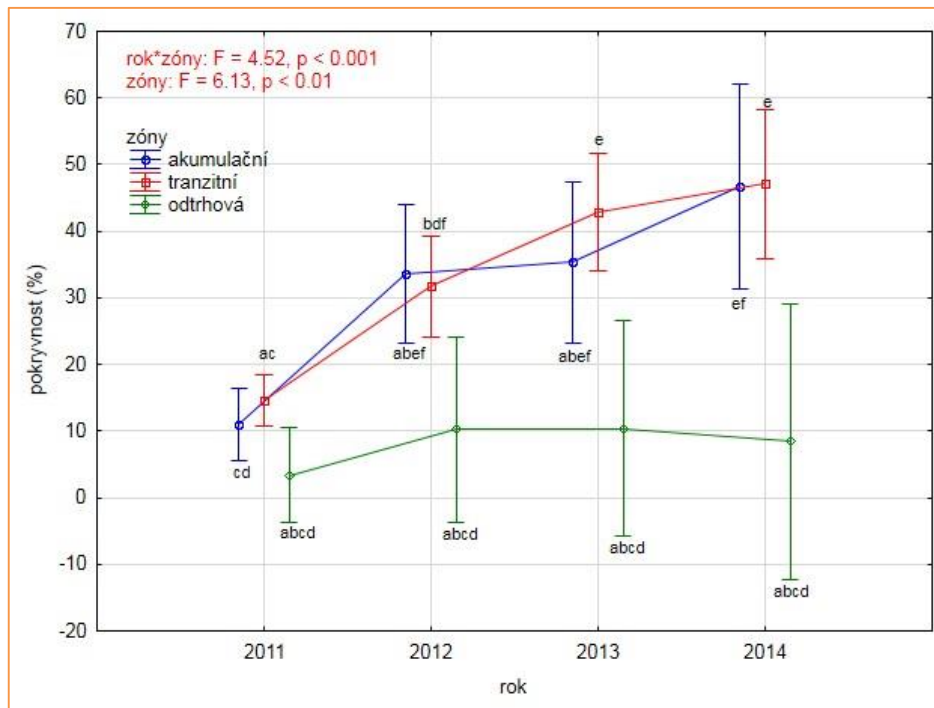


Obrázek 16: Průměrná pokrývnost v závislosti na pozici snímku.



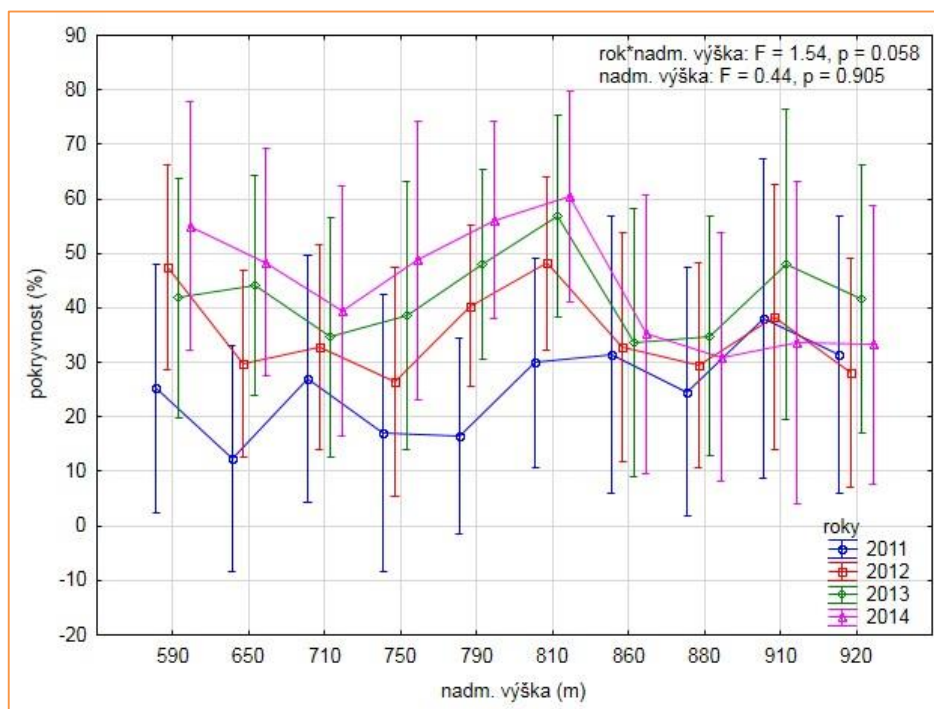
Obrázek 17: Průměrná početnost v závislosti na pozici snímku.

Z hlediska pokrývnosti v murových zónách byl u odtrhové zóny nalezen statisticky významný rozdíl od srovnatelných zón akumulální a tranzitní. V rámci let nedocházelo u odtrhové zóny k nárůstu pokrývnosti, u akumulální a tranzitní zóny ano (obrázek 18).

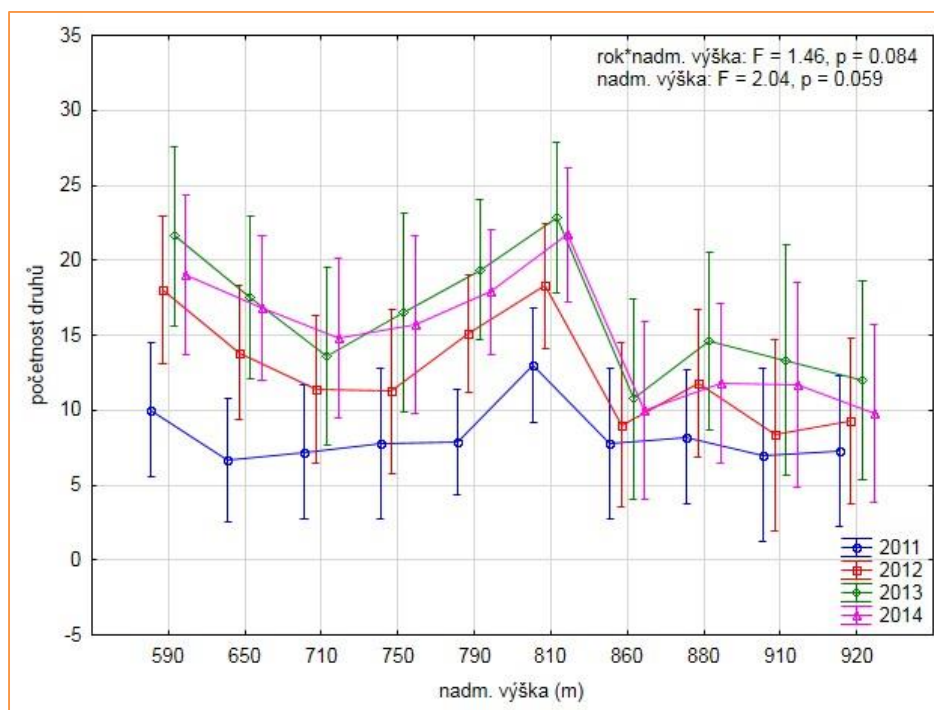


Obrázek 18: Průměrná pokrývnost na murových zónách (z analýzy vyloučeny snímky z okraje mur).

Změna či závislost pokrývnosti či početnosti na nadmořské výšce nebyly prokázány (obrázek 19 a 20).

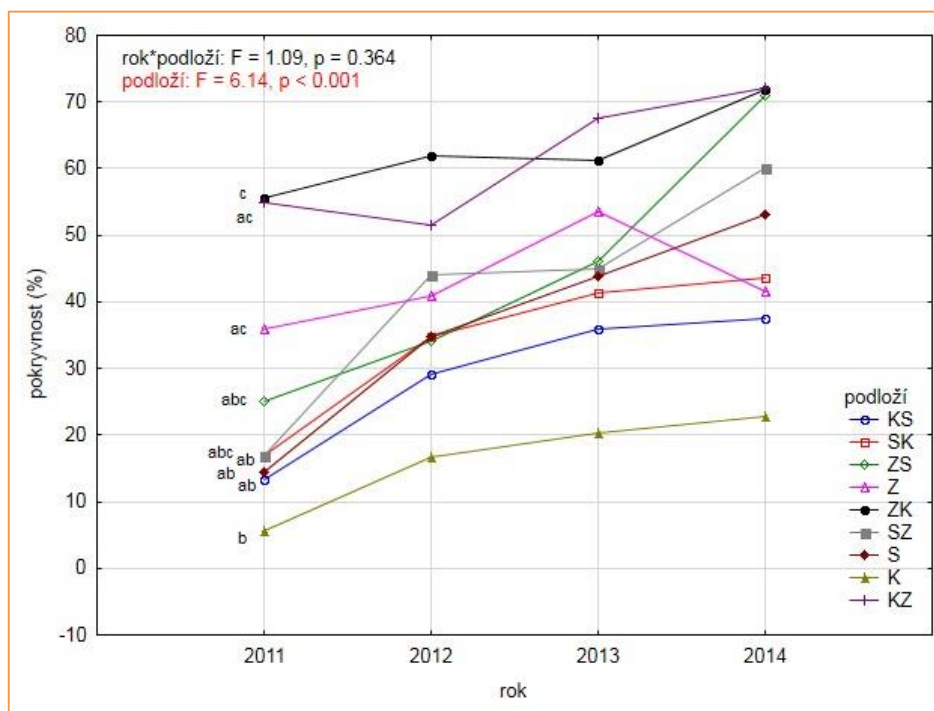


Obrázek 19: Průměrná pokrývnost v závislosti na nadmořské výšce.



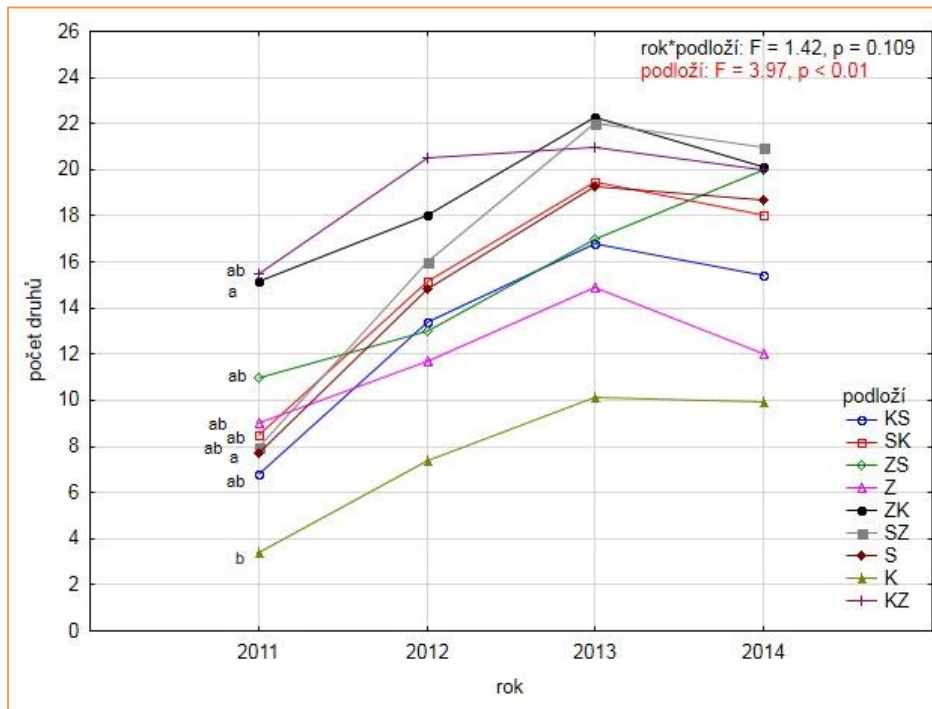
Obrázek 20: Průměrná početnost v závislosti na nadmořské výšce.

Z hlediska testování vývoje pokrývnosti a početnosti v závislosti na podloží pokrývajícím fytoecologické snímky se opět dle logického předpokladu ukázalo, že na různých kategoriích podloží se pokrývnost (početnost) vyvíjí jinak a během let se na daných kategoriích výrazně nemění. Nejpomalejší vývoj byl pozorován na snímcích s převahou kamene, nejrychlejší pak na snímcích s vysokým podílem zeminy v kombinaci s kamenem (obrázek 21 a 22).

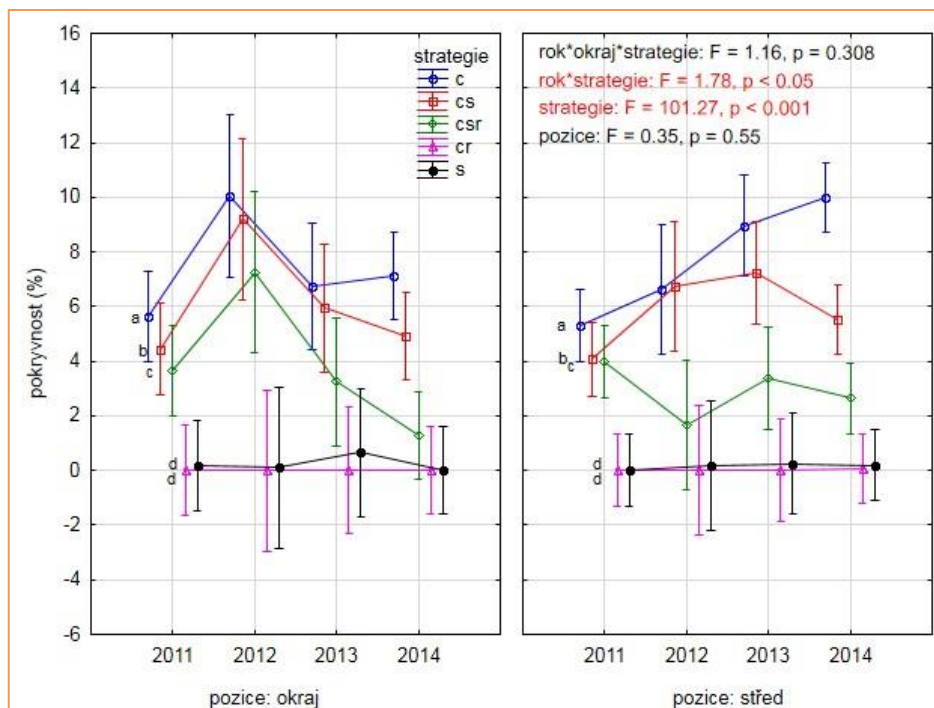


Obrázek 21: Průměrná pokrývnost na různých typech podloží. K-kámen, S-suť, Z-zemina, první písmeno představuje převažující podloží, druhé písmeno podloží s 2. největším zastoupením.

Další testovanou proměnnou byly životní strategie zastoupených druhů a rozdíly v jejich zastoupení v okrajových a středových snímcích mury (obrázek 23). Převažující strategií je celkově konkurenční strategie C, poté CS a CSR. Rozdíly v jejich pokrývnosti jsou statisticky významné, mění se i v průběhu let. Nejméně jsou zastoupeny kategorie CR a S, které se vyskytují jen u 3 druhů. Strategické rozdíly mezi okrajem a středem nebyly prokázány.



Obrázek 22: Průměrná početnost na různých typech podloží. K-kámen, S-suš, Z-zemina, první písmeno představuje převažující podloží, druhé písmeno podloží s 2. největším zastoupením.



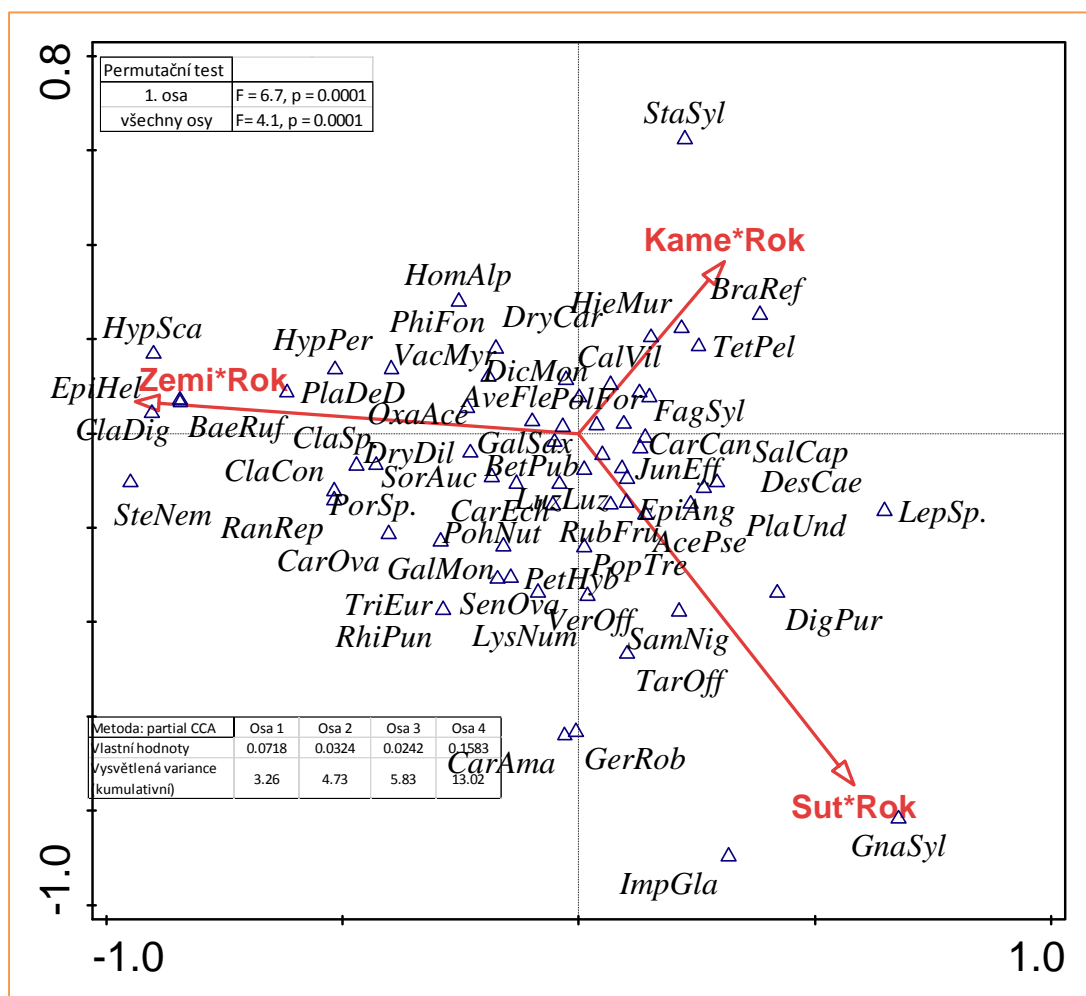
Obrázek 23: Průměrná pokryvnost druhů podle životních strategií.

Za účelem zjistit, jaké jsou vlastnosti murového stanoviště, byly vyhodnoceny indikátory stanoviště podle Ellenbergových ekočísel. Čísla jsou uvedena pro každý rok, což umožňuje srovnání, zda se v letech nějak mění podmínky stanoviště dle rostlin, které se na něm vyskytují. U druhů, pro které je Ellenbergovo ekočíslo známo, byly určeny průměrné hodnoty jednotlivých indikátorů stanoviště pro celou muru v jednotlivých letech. Určeno bylo i celkové průměrné ekočíslo pro murové stanoviště (tabulka 3).

rok	2011	2012	2013	2014	celkově
světlo	5.2	5.3	5.5	5.5	5
teplota	1.4	1.4	1.8	1.7	2
kontinentalita	3.0	2.8	2.7	2.6	3
vlhkost	3.2	3.7	4.3	4.5	4
půdní reakce	2.4	2.1	2.1	2.1	2
půdní dusík	3.9	4.1	3.9	3.9	4

Tabulka 3: Průměrné hodnoty Ellenbergových ekočísel.

Pomocí kanonické analýzy byla zobrazena preference podloží jednotlivých druhů v interakci s přibýváním druhů během let. Na obrázku 24 vidíme tři hlavní viditelně odlišné kategorie podloží - zeminu, kámen a suť (vizte kapitolu metodika 6.2. na straně 35). Většina druhů se vyskytuje na styku os, a tedy významně nepreferuje žádnou kategorii podloží. Kamenité podloží preferují mechorosty *brachythecium reflexum*, *tetraphis pellucida*, *polytrichastrum formosum*, podloží tvořené převážně ze suti pak *luzula luzuloides*, *rubus fruticosus*, dřeviny *sambucus nigra*, *acer pseudoplatanus*, *populus tremula*, a podloží s převážně zachovanou původní zeminou *oxalis acetosella*, *vaccinium myrtillus*, *hypericum perforatum*, *epipactis helleborine*, *baeomyces rufus*. V posledních letech přibyly duhy například *gnaphalium sylvaticum*, *stellaria nemorum* či *hieracium murorum*.



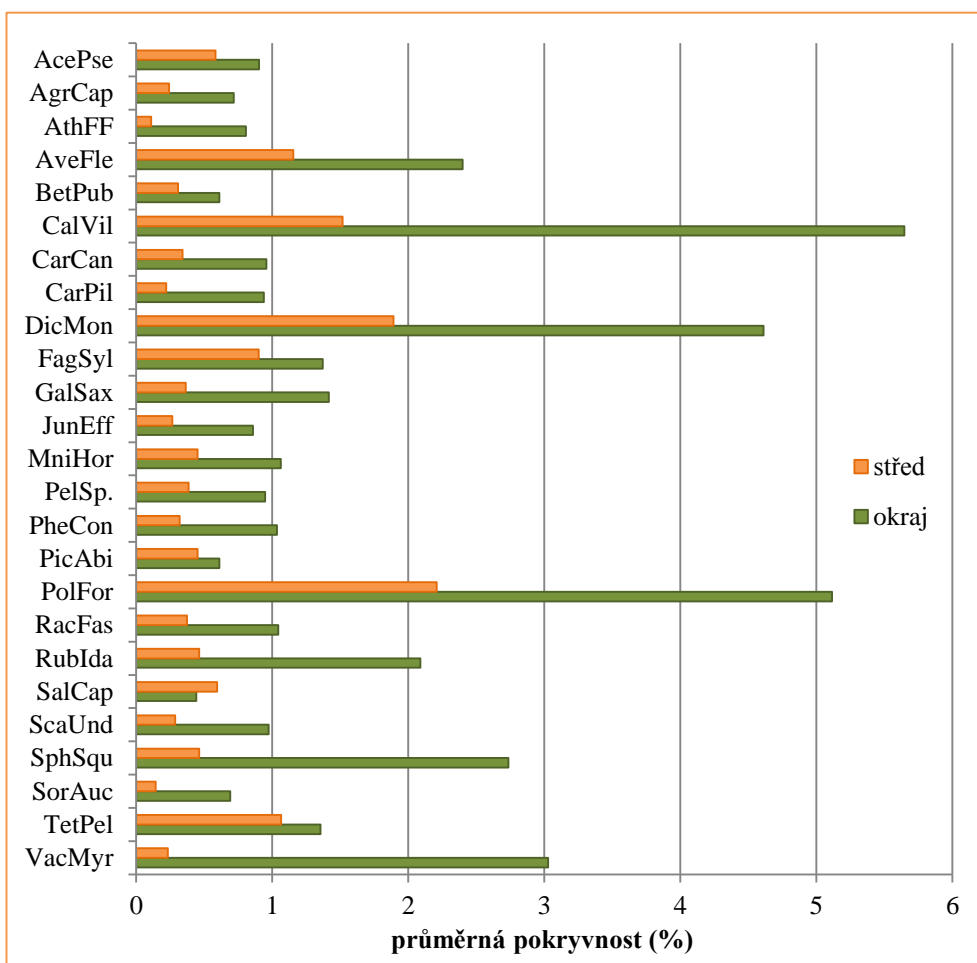
Obrázek 24: Výskyt druhů v návaznosti na podloží.

Druhové složení a porovnání pokryvnosti druhů v okrajových a středových snímcích ukazuje obrázek 26 a 27. Hlavní zastoupené druhy na lokalitě jsou *Calamagrostis villosa*, *Polytrichastrum formosum*, *Dicranum montanum*, *Vaccinium myrtillus*, *Sphagnum squarrosum*, *Avenella flexuosa*, *Rubus idaeus*. Z dřevin se zde vyskytuje nejvíce *Fagus sylvatica*, *Sorbus aucuparia*, *Betula pubescens*. Z bylin dále *Galium saxatile* (obrázek 25), *Oxalis acetosella*, *Veronica officinalis*. V pokryvnosti kapradin dominovala *Phegopteris connectilis*, *Athyrium filix-femina*, *Blechnum spicant*, *Dryopteris dilatata*, v pokryvnosti lišejníků *Lepraria* sp., *Cladonia* sp. a *Porpidia* sp. Jen v několika

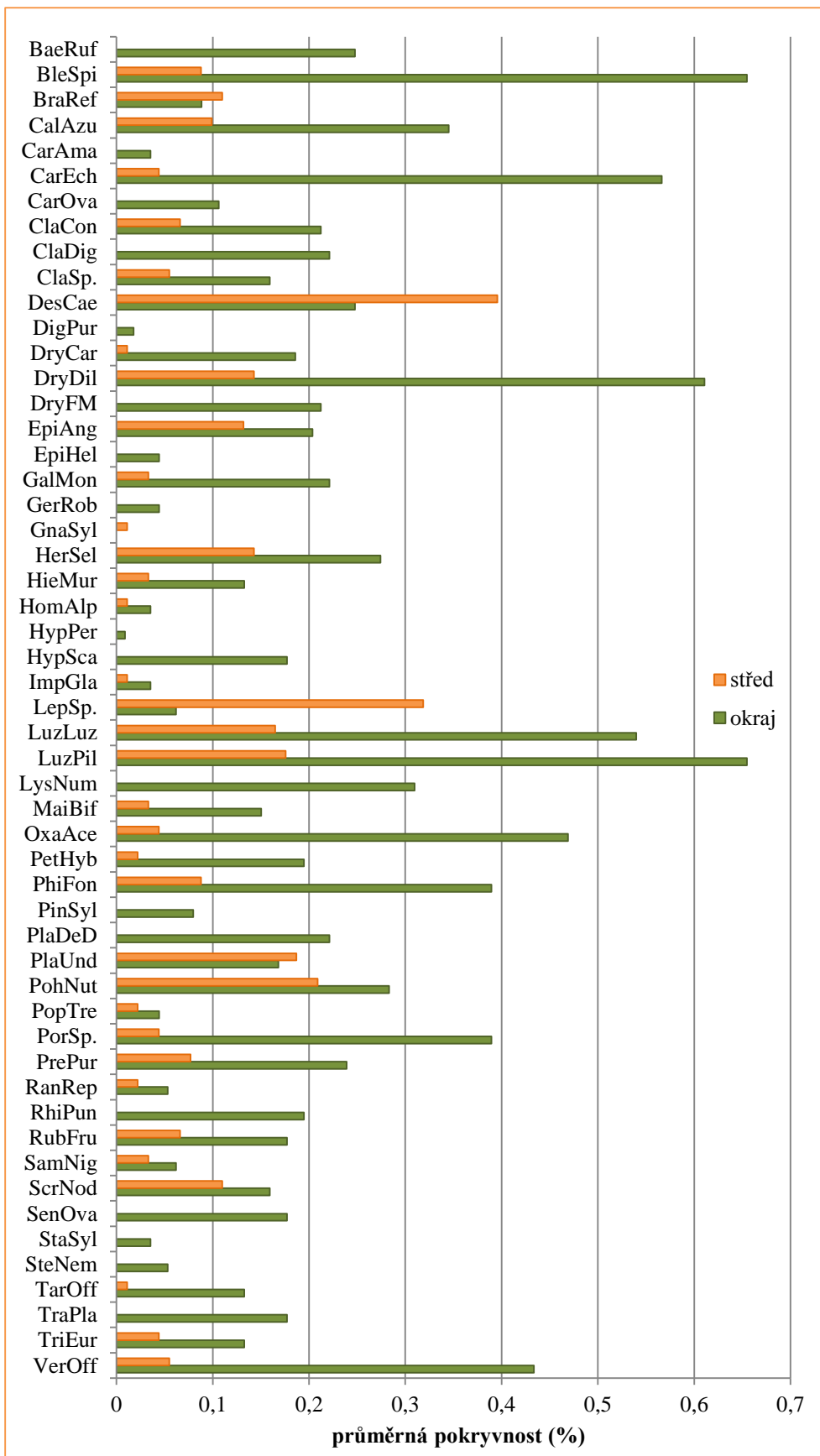


Obrázek 25: *Galium saxatile* (foto autor)

případech byla pokryvnost druhu na středu větší než v okraji, jednalo se o druhy *Deschampsia caespitosa*, *Brachytheceium reflexum*, *Lepraria sp.*, *Plagiothecium undualtum* a *Salix caprea*.



Obrázek 26: Průměrná pokryvnost více zastoupených druhů.



Obrázek 27: Průměrná pokrývnost méně zastoupených druhů.

8 DISKUZE

V České republice se mury vyskytují pouze v nejvyšších pohořích, tj. v Krkonoších, Hrubém Jeseníku, Kralickém Sněžníku, na Šumavě a v Jizerských horách (Pilous, 2011b). Také v Moravskoslezských Beskydech byly prokázány terénní pozůstatky cca 60 murových drah vzniklých v pleistocénu a mladším holocénu (Pánek & kol., 2009). Předpovídání vzniku mur je i přes rostoucí zájem o výzkum těchto lokalit stále velmi obtížné, protože složení zemních materiálů a podmínky svahů se výrazně liší již na malé vzdálenosti a načasování, lokace a aktivace sesuvů jsou těžko předem odhadnutelné (Keefer & Larsen, 2007).

Svahové sesuvy spolu s následnou pedogenezí jsou obvykle uváděny jako příklady pro nástup primární sukcese, kdy se předpokládá razantní změna stanoviště spolu s odstraněním veškeré vegetace a narušením půdního pokryvu. Gleeson & Tilman (1990) uvádí, že je řada dějů v ekosystému, které lze jen těžko zařadit do primární nebo sekundární sukcese. Sekundární sukcese na živinami chudých substrátech se může podobat primární sukcesí na úrodných substrátech. Mury nelze např. srovnávat s plochami po ústupu ledovce, kde je následovná sukcese bezpochyby primární, jelikož zde předtím vegetace nevyskytovala. I když jsou na murách místa, která byla půdního pokryvu zcela zbavena, stále zde zůstává dostatek substrátu obsahujícího diaspory, nehledě na relativně malé rozměry mur z hlediska dostupnosti diaspor z bezprostředního okolí. Vzhledem k tomu byla sukcese na murách celkově pojata jako sekundární (Krykorková, 2012).

Příčinami vzniku současných mur na Smědavské hoře byly v první řadě intenzivní srážky. Pokud se však blíže podíváme na uspořádání Smědavské hory, zjistíme, že po celém obvodu hory nedaleko jejího vrcholu vede lesní šterková cesta s podélným odvodněním kopírující vrstevnici. Tento lidský konstrukční zásah pravděpodobně také přispěl k odtržení svahu. Cesta je opatřena vždy po 100 – 200 metrech odvodňovacími propustmi, a tvoří tak nepřirozenou hráz a akumulaci pro stékající vodu. Všechny murové dráhy vznikly právě pod těmito propustmi. Při silném přivalovém dešti se všechna voda stékající od vrcholu hory soustřeďovala do zmíněných propustí a ve smyslu rovnice kontinuity se její proudění v odvodňovacích trubkách zrychlovalo. Její erozní působení se tak stalo na několika místech pro prudký svah neúnosným (Krykorková, 2012).

Často se diskutuje o tom, zda je možné vzniku mur zabránit. Ve většině případů to možné není, protože jde v horském reliéfu o zákonitý přírodní jev. Asanace a různé technické a biotechnické zásahy mohou v podstatě jen zmírňovat škody (Gába, 1992).

Co se týče úvah o působení a následcích dodatečné eroze, která by mohla být způsobena stékající vodou, Pilous (2011b) tvrdí, že i přesto, že zde v omezené míře došlo ke vzniku erozních rýh činností “dotékající“ vody, nehrozí zde rozvoj následné plošné, stružkové či dokonce stržové eroze. Na murách byl proveden odvoz spodních akumulací zavalujících cestní síť a obnova zničené mostní konstrukce. V tranzitní zóně bylo zpracováno kůrovcové dříví, z něhož většina odkorněných kmenů zůstala ležet na místě. Žádné další technické či pěstební zásahy jako potřebné neshledávám. Mury podle zkušeností ze sousedních Krkonoš (Pilous, 2011b) pozvolna samy zarůstají, a to bez jakýchkoliv umělých protierozních a rekultivačních zásahů, které by se pro svou technickou a finanční náročnost mohly minout účinkem. V případě opakování extrémní srážkové situace se voda nejspíš soustředí do stávajících drah, kde již není mnoho materiálu k odnosu a případné škody tak již bude působit hlavně voda. Ke zmírnění soustředění vody by mohla případně přispět vhodná technická úprava cesty a jejího systému odvodnění vedoucí nad murami.

Druhové složení

Hlavní zastoupené druhy na lokalitě jsou *Calamagrostis villosa*, *Polytrichastrum formosum*, *Dicranum montanum*, *Vaccinium myrtillus*, *Sphagnum squarrosum*, *Avenella flexuosa*, *Rubus idaeus*. Ve středních částech mury rostou na koluviích vlhkomilné rostliny (*Cardamine amara*, *Impatiens glandulifera*, *Petasites hybridus*, *Maianthemum bifolium*, *Trientalis europaea*) a na bažinatějších podkladech různé ostřice (*Carex sp.*). Poleno & kol., (2007) uvádějí, že na narušených lesních plochách se v našich podmínkách zpravidla jako první objevují některé jednoleté starčky (*Senecio sp.*), které však již druhým rokem ustupují souvislým porostům nachově kvetoucí vrbky úzkolisté (*EpiIobium angustifolium*), která se šíří stejně rychle. Avšak i její nadvláda je pouze přechodná, neboť se dostavují stále nové druhy (*Rubus sp.*, *Salix caprea*), které se sice již tak rychle nešíří, zato jsou však lépe vyzbrojeny ke konkurenční soutěži. Výskyt obou druhů byl na murové lokalitě také pozorován, *EpiIobium angustifolium* během let přibývalo více než *Senecio sp.*

Lepš & kol. (2000) prováděli šestiletou studii na lokalitách v Krušných horách, kde byl uměle odstraněn svrchní humusový horizont za účelem ozdravení stanoviště degradovaného imisním spadem. Sukcese na minerálním horizontu, vzniklém ze zvětralé žuly, tedy probíhala v podobných podmínkách jako na murové lokalitě. Autoři uvádějí, že nástup a přežití mnoha druhů byly potlačeny vysokým pokryvem *Calamagrostis villosa* a *Avenella flexuosa*, jejichž těžko rozložitelný drn a konkurenční schopnost umožňují výskyt jen velmi mála jiných druhů (Pyšek, 1991). Stejně tak mluví o nadvládě *Calamagrostis villosa*, *Avenella flexuosa* či ostřice (*Carex sp.*) Poleno & kol. (2007). V hustých trsech travin na murách je skutečně málo ostatních druhů, daří se sem proniknout například *Galium saxatile*, nalézt se dají ale i semenáčky jeřábu (*Sorbus aucuparia*) a břízy (*Betula pubescens*), které jsou schopny odolávat i silné buření (Zerbe, 2001).

Z dřevin se na murách vyskytuje nejvíce *Fagus sylvatica*, *Sorbus aucuparia* a *Betula pubescens* (vizte také Alexandrowicz & kol., 2003). Studie Lepše & kol. (2000) ukázala, že metoda odstranění svrchního půdního horizontu byla pro obnovu dřevin jen zřídka úspěšná. Uchycené semenáčky *Betula sp.*, *Salix sp.* i *Picea sp.* vykazovaly extrémně pomalý růst a ostatní semenáčky např. *Sorbus sp.* nepřežily více než 1 rok. Na murách se semenáčky vyskytují stále poměrně hojně, nicméně většina z nich skutečně není starší než 1 rok. Jen asi 20 % jich bylo starších, maximálně však 3 letých. To svědčí o extremitě lokality, kdy je sice v půdě nebo okolí dostatek semen schopných každý rok klíčit, nicméně přetrvat do dalších let se dřevinám téměř nedaří.

V pokryvnosti kapradin dominovala *Phegopteris connectilis*, *Athyrium filix-femina*, *Blechnum spicant*, *Dryopteris dilatata*. Exponované kamenné povrchy i vlhké dřevo jsou příznivým místem pro lišejníky např. *Lepraria sp.*, *Cladonia sp.* a *Porpidia sp.* Jen v několika případech byla pokryvnost druhu na středu větší než v okraji, jednalo se o druhy *Deschampsia caespitosa*, *Brachythecium reflexum*, *Lepraria sp.*, *Plagiothecium undulatum* a *Salix caprea*.

Co se týče hodnocení biodiverzity na murové lokalitě oproti okolním porostům, je na jednotku plochy bezpochyby větší. Jak uvádí Tilman (1985), mozaiková struktura reliéfu typického pro sesunuté svahy umožňuje sukcesi rostlinných společenstev vedoucí k podstatnému zvýšení biodiverzity těchto ploch. Nicméně, na lokalitě nebyly nalezeny žádné druhy, které by se nevyskytovaly v okolí

mur. Po vizuálním zhodnocení formou pochůzky byly v širším okolním terénu nalezeny všechny druhy vyskytující se na murách, nicméně murová lokalita představovala jakousi koncentraci všech druhů z okolí. Například *Petasites hybridus* se obvykle vyskytoval jen v nižších polohách v okolí cest. V otevřeném prostoru mur byl však schopen dostat se i do vyšších poloh, kde by se jinak v zapojeném prostoru neuplatnil. Do budoucna je možné, že zde budou nalezeny i druhy v okolí se nevyskytující či vzácné, prozatím však lokalita reprezentuje celkové druhové složení Smědavské hory a umožňuje vedle sebe existenci množství druhů, které by se jinak společně na tak malé ploše neuplatnily.

Interpretace výsledků

Celková pokryvnost na murách i početnost vyskytujících se druhů vyšších rostlin se během let dle očekávání zvyšovala. Poslední 3 roky sice nejsou pokryvnosti statisticky významně odlišné, nicméně lze pozorovat stoupající trend. Početnost druhů v roce 2014 mírně klesla oproti roku 2013. Obecně i v dalších výsledcích práce můžeme vidět v posledním roce statisticky nevýznamný pokles či stagnaci pokryvnosti či početnosti. Domnívám se, že toto může být způsobeno buď pomístním následným sesuvem v částech mury v důsledku běžných dešťů a běžné erozní činnosti na nestabilním svahu, nebo přirozenou mortalitou jedinců a druhů, kteří v extrémních podmínkách stanoviště nejsou schopni přežít víc než 1 rok. Rozdílné biologické vlastnosti druhů v iniciálním stádiu v souvislosti s měnícím se prostředím vedou k rychlému střídání druhů a jejich početnosti (abundance). Druhy s krátkou životností a druhy s velkými nároky na podmínky volných ploch postupně vymírají a vznikající mezery zaplňují nově nastupující druhy (Poleno & kol., 2007). Je třeba si uvědomit, že data zjištěná výzkumem se pohybují ve velmi malých absolutních hodnotách. Při takto velké disturbanci bude úspěšná obnova lokality trvat desítky až stovky let, kterou magisterský výzkum nestačí pokrýt. Tudíž změny v iniciálním stádiu po 4 letech výzkumu jsou v měřítku celkové doby na obnovu a celkové změny pravděpodobně zanedbatelné, nicméně v měřítku iniciálního stádia sukcese je považují za zajímavé a pozorovatelné. Úbytek početnosti, popř. pokryvnosti v posledním roce tak neznamená zhoršování podmínek stanoviště či pokles biodiverzity, svědčí spíše o proměnlivosti stanoviště a probíhajících restrukturalizačních procesech typických pro iniciální stádia sukcese.

Dle předpokladů byl prokázán významný rozdíl v pokryvnostech mezi okrajovými a středovými snímky mury. Při okrajích mur jsou zachované příznivější půdní podmínky pro růst rostlin, avšak konkurence ostatních rostlin je větší než na středu. Na snímcích umístěných uprostřed mury tak v druhém roce stoupla průměrná pokryvnost výrazněji než na okrajích, pravděpodobně díky absenci konkurence okolních rostlin. Počet druhů však byl v obou pozicích srovnatelný.

Když rozčleníme druhy podle jejich základních taxonů, vidíme, že nejvyšší pokryvnost snímků tvoří mechorosty (15 %), poté dřeviny (7 %) a traviny (7 %) a nejméně k celkové pokryvnosti přispívají byliny (3 %), kapradiny (2 %) a lišejníky (1 %). Pokryvnost je na okrajových snímcích celkově vyšší. I když je druhové složení všude stejné, při okrajích se objevují viditelně souvislejší koberce mechů a rozsáhlé trsy kapradin a travin, schopných se zde šířit i vegetativně, zatímco ve středu jsou především byliny a kapradiny zastoupeny jen několika jedinci a lišejníky téměř vůbec. Pro hodnoty maximální početnosti na snímku, pohybující se v absolutních číslech v intervalech 1 – 11 druhů, vizte tabulku 2 na straně 41.

Stagnaci vývoje pokryvnosti a rozdíly v pokryvnosti odtrhové zóny od zóny akumulární a tranzitní vysvětluje fakt, že v místě odtrhu došlo k nasycení a zkapalnění zvětralin vodou, následkem čehož se půda kompletně oddělila od dosud nezvětralé horniny. V odtrhové zóně se tak vyskytuje především neúrodná holá hornina jen s velmi málo zbytky zeminy, tvořící nepříznivé stanoviště pro osídlení jinou vegetací než mechorosty a lišejníky a částečně travinami. Ani její pokryvnost se během let téměř neměnila. Autoři Kociánová & kol. (2003) zabývající se účinky lavinových drah v Krkonoších na změny reliéfu a vegetačního krytu v jednotlivých zónách hovoří v odlučné oblasti stejně jako v našem případě o dominanci *Calamagrostis villosa* a *Avenella flexuosa*. Podle autorů obnažená plocha směřuje k postupnému zarůstání s dominancí uvedených travin s přimísenou *Vaccinium myrtillus* a brusnicí brusinkou (*V. vitis-idaea L.*). V tranzitní zóně došlo během jejich výzkumu ke změnám druhového složení a k několikanásobnému zvětšení celkové pokryvnosti. Tranzitní zóna v obou případech má více narušený zvětralinový plášť než odlučná zóna, tyto plochy obsahují více nepravidelně rozmístěného půdního materiálu a zarůstají především travinami a semenáčky dřevin. Akumulační zóna se jeví zajímavější. Podle autorů výzkumu (Kociánová & kol., 2003) se na mnohých drnech přinesených do akumulárních zón z tranzitní část zachovaly zbytky původní

vegetace, které dále přežívaly, ovšem krátkodobě. Po dvou, třech letech získávají převahu druhy, které se na drnech objevily jako semenáčky. Také postupem času dochází k rozpadání a rozdrobování drnů. Mezi akumulární a tranzitní zónou na murách nebyly rozdíly. Díky častým změnám sklonu svahu a zachytávání materiálu o okolní stromy a v prohlubních se množství akumulací zeminy a vegetace vyskytuje i v tranzitní zóně.

Změna v nadmořské výšce se neprokázala, na vývoj pokryvnosti nemá vliv. V početnosti druhů můžeme i přes neprůkaznost pozorovat úbytek druhů ve vyšších nadmořských výškách, což je následek výrazného nedostatku substrátu v odtrhových zónách.

Snímky byly taktéž rozčleněny do skupin podle typu podloží, na kterém se vyskytovaly. Sesuté svahy představují velmi heterogenní substráty s množstvím půdy a rostlin střídající oblasti s téměř sterilním podložím a oblasti ukládání neuspořádané organické hmoty a minerální půdy shora. Tato mozaika materiálů může vést k různým modelům vývoje půdy a rostlinné sukcese. V místech, kde se zachovala stabilní lesní půda, je navrácení do předchozího stavu o řád rychlejší než na odkryté minerální půdě (Walker & del Moral, 2003). Na některých místech, kde se půdní pokryv nevyskytuje vůbec, musí nejprve následovat pedogeneze s postupným nástupem vegetace, půda je zde však výrazně degenerována vymýváním živin následkem imisního spadu, uchycování rostlin a dřevin je navíc ztíženo introskeletovým propadáním (Poleno & kol., 2007; Šach, 1999). Na snímcích, kde více jak 70 % povrchu tvoří kámen, byla pokryvnost nejnižší. Přestože kameny často hojně obrůstá mech, v případě exponovaných vysýchavých stanovišť na muře bez zastínění vegetací zůstávají kameny a balvany často holé. V kombinaci s akumulací zeminy však tvoří na muře zatím nejvhodnější podmínky pro pokrytí vegetací, kdy zemina zlepšuje vlhkostní podmínky snímku a umožňuje růst i jiných taxonů než mechorostů a lišejníků. Podobně to platí i u rozdílů v počtu druhů na jednotlivých podložích. Nejprudší nárůst pokryvnosti byl zaznamenán mezi lety u všech snímků s podílem suti. V suti se nahromadilo množství diaspor, které měli po uvolnění a prosvětlení lokality šanci vyklíčit. Suťové akumulace mají taky potenciálně největší stabilitu v kombinaci s úrodností ze všech ostatních typů podloží. Můžeme předpokládat, že kolonizující rostliny rozšiřující svůj kořenový systém v půdě mohou dále zlepšit stabilitu svahu (Coppin & Richards, 1990).

Výskyt druhů na murách je také zajímavý z hlediska jejich strategií. Přestože bylo očekáváno množství pionýrských strategií, nejvíce druhů vykazuje konkurenční strategii C. Vzhledem ke klimaxovému stádiu okolních lesů se na muře v první řadě vyvíjí druhy zastoupené v okolních porostech, jež se sem snadno šíří a jejichž diaspory jsou na murách obsaženy, což jsou právě konkurenční strategové. Striktní ruderálové se na lokalitě nevyskytují vůbec, pravděpodobně díky jejich nízké toleranci stresu jako je nedostatek živin, střídání sucha a vlhka a klimatické podmínky (Krykorková, 2012). Další zastoupené strategie stres snášejících konkurentů CS a nevyhraněných CSR stratégů schopných volit strategii podle podmínek stanoviště dokládají existenční podmínky na murách. Významní stratégové z hlediska dřevin vyskytující se na murách ve větším počtu než v okolí byli jeřáb (S) a bříza (R). Stres snášející semenáčky jeřábu jsou známé svou schopností růst ve velmi špatných světelných podmínkách na tenkých vrstvách půdy. Bříza preferuje vlhké plochy s relativně vysokou intenzitou světla a odstraněnou svrchní vrstvou půdy. Jako ruderální stratég je velmi úspěšná v kolonizování disturbovaných ploch, kde je schopná rychlého růstu (Zerbe, 2001). Integrace pionýrských stádií lesa může zvýšit druhovou i strukturální diverzitu a biologickou aktivaci svrchních humusových vrstev (Zerbe & Meiwes, 2000).

Za účelem zjistit, jaké jsou vlastnosti murového stanoviště, byly vyhodnoceny indikátory stanoviště podle Ellenbergových ekočísels jednotlivých druhů rostlin. Vyjádřeno bylo jedno souhrnné číslo, popisující podmínky na murách (světlo 5, teplota 2, kontinentalita 3, vlhkost 4, půdní reakce 2, půdní dusík 4). Druhy na murách jsou v průměru hemisciofytní, v průběhu let je vidět, že se na muře vyskytují stále více světlomilné druhy. Z hlediska teploty zde rostou druhy charakterizující chladné polohy a kontinentalita se stále více blíží k oceánické, pravděpodobně díky velkému množství srážek. Vlhkostně se lokalita od druhů spíše sušších půd blíží k čerstvým půdám. Oproti stavu před disturbancí se lokalita stala vlhčí v důsledku přesměrování vodního toku do středu mury, umožňující osídlování vlhkomilnějšími druhy. Rostliny charakterizují půdní reakci jako kyselou, což odpovídá vlastnostem místních půd vytvářených na žulovém podloží. Na půdní dusík je zdejší stanoviště chudé až středně bohaté. Bezprostředně po narušení dochází zejména ke zvyšování nitrifikace, později dojde k vyčerpání lehce rozložitelných látek a zpomalení reakcí (Podrázský, 1999a). Paseková vegetace

zprvu využívá rychlého uvolňování dusíku, po několika letech však převládají druhy méně náročné, zejména traviny (Poleno & kol., 2007).

9 ZÁVĚR

Současné svahové pohyby jsou považovány za události způsobující destrukce budov, komunikací, infrastruktury, hydrologických režimů, orné půdy a lesů. Proto jsou obecně pokládány za události nežádoucí pro lidské aktivity a ekonomiku. Přesto však mají tyto procesy i opačný aspekt. Podobně jako většiny fenoménů vyskytujících se v přírodě, mury mohou mít pozitivní vliv na konstruktivní přeměnu horské krajiny a přírodního prostředí. Odlišná morfologie mur, vlhkost, slabá vrstva půdního pokryvu vytváří příznivé podmínky pro mnoho druhů schopných zde žít vedle sebe, přestože obvykle jsou jejich habitaty odlišné (Mickiewicz, 1969; Alexandrowicz & kol., 2003).

Úspěch v osidlování mur závisí především na míře zachovalosti původního půdního pokryvu a schopnosti rostlin přežít v nepříznivých klimatických a stanovištních podmínkách. V prvních letech po nástupu vegetace byl pozorován rychlý nástup vegetace a zvýšení počtu druhů oproti původnímu stavu na lokalitě. Pokud na lokalitě nedojde k další významné disturbanci, početnost druhů se bude pravděpodobně do budoucna snižovat, jak se bude stanoviště stabilizovat a blížit ke klimaxovému stádiu. Les na murách poroste na strmých a kamenitých svazích s minimem půdního pokryvu, v porovnání s okolními porosty tak bude pravděpodobně i v konečném stádiu znatelně méně zapojený. Jedná se však o proces trvající desítky let, v extrémním prostředí mur možná ještě déle, jejichž dynamika se těžko odhaduje. K pochopení celkového procesu by bylo vhodné opakované měření s delším časovým odstupem na totožných lokalitách, jelikož takovéto dlouhodobé studie téměř úplně chybí.

Vzrůstající potřeba rehabilitace půdy narušené lidskou činností vyvolává o studii týkající se dynamiky přírodních procesů stále větší zájem. Zmapování iniciálního stádia sukcese na přirozeně vzniklé lokalitě murových drah, které za přirozených okolností v ČR ještě provedeno nebylo díky ojedinělosti výskytu disturbance, umožňuje lépe pochopit zákonitosti osidlování disturbovaných ploch vegetací využitelné např. pro zúrodňování, rekultivace, obnovu stanovišť, rekonstrukce biotopů atp. Tato poznání zákonitostí přírody směřují k nápravě následků, které jsou nedílnou součástí činnosti novodobé lidské společnosti.

10 SEZNAM LITERATURY

- ALEXANDROWICZ, Z., MARGIELEWSKI, W., PERZANOWSKA, J., 2003: *European ecological network NATURA 2000 in relation to landslide areas diversity: a case study in the Polish Carpathians*. Ekológia (Bratislava), 22 (4): 404 – 422.
- BEGON, M., HARPER, J. L. & TOWNSEND, C. R., 1997: *Ekologie – jedinci, populace a Společenstva*. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc, 628 s. (Begon & kol., 1997)
- CANOCO, 2012: Canoco 5 [software] - package for multivariate data analysis and visualization. Petr Smilauer © 2012-2014.
- COPPIN, N. J., RICHARDS, I. G., 1990: *Use of Vegetation in Civil Engineering*. Butterworths, London, 292 s.
- ČHMÚ, 2010: *Vyhodnocení povodní v srpnu 2010. Souhrnná zpráva*. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 131 s.
- ČHMÚ, 2011 [online]: *Mury v Jizerských horách*. Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ústí nad Labem. [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: <http://www.chmuul.org>.
- ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA KIDS, 2006 [online]: © 2012 [cit. 2012-04-14]. Dostupné z: <http://kids.britannica.com>
- FALINSKI, J. B., 1995: *Les espèces pionnières ligneuses et leur rôle dans la régénération et dans la succession secondaire*. L'Université de Varsovie, Pologne, 29 s.
- FRANK, D., KLOTZ, S., WESTHUS, W., 1988: *Biologisch-oekologische Daten zur Flora der DDR*. Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg, Wissenschaftliche Beiträge 1988/60, 35 s.
- GÁBA, Z., 1992: *Mury pod Keprníkem v červenci 1991*. Severní Morava: Vlastivědný sborník 64: 43 – 50.
- GLEESON, S. K., TILMAN, D., (1990): *Allocation and the transient dynamics of succession on poor soils*. Ecology, 71: 1144–55.

- HAROLD, W., HOCKER, Jr., 1979: *Introduction to Forest Biology*. Wiley, USA, 468 s.
- HASTINGS, J. R., TURNER, R. M., 1980: *The Changing Mile: An Ecological Study of Vegetation Change With Time in the Lower Mile of an Arid and Semiarid Region*. University of Arizona Press, Tucson, U.S.A., 317 s.
- HAUPTMAN, I., KUKAL, Z., POŠMOURNÝ, K. [eds], 2009: *Půda v České republice*. Consult, Praha, 251 s.
- HORN, H. S., 1974: *The ecology of secondary succession*. *Ann. Rev. Ecol. and Systematic* 5: 25 – 37.
- CHALOUPSKÝ, J., ČERVENKA, J., JETEL, J., KRÁLÍK, F., LÍBALOVÁ, J., PÍCHOVÁ, E., POKORNÝ, J., POŠMOURNÝ, K., SEKÝRA, J., SHRBNÝ, O., ŠALANSKÝ, K., ŠRÁMEK, J., VÁCL, J., 1989: *Geologie Krkonoš a Jizerských hor*. Ústřední ústav geologický, Praha, 288 s.
- CHRISTENSEN, N. L., PEET, R., 1984: *Convergence during secondary forest succession*. *J. Ecol.* 72: 25-36.
- CHYTRÝ M., KUČERA T. & KOČÍ M. [eds], 2001: *Katalog biotopů České republiky*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha: 304 s.
- IVERSON, R. M., REID, M. E., LAHUSEN, R. G., 1997: *Debris-flow mobilization from landslides*. *Annual review of earth and planetary sciences* 25: 85 – 138.
- JUVINAL, R. C., MARSHEK, K., 1991: *Fundamentals of machine component design*. John Wiley & Sons, Inc., 899 s.
- KEEFER, D. K., LARSEN, M. C., 2007: *Assessing Landslide Hazards*. *Science* 316 (5828): 1136 – 1138.
- KEYLOCK, C., 1997: *Snow avalanches*. *Progress in Physical Geography* 21: 481 - 500.
- KLOMÍNSKÝ, J., 1969: *Krkonošsko-jizerský granitoidní masív*. *Sborník geologických věd, Geol.* 15: 7 – 133.
- KNOTEK, Z., 2009: *Geologie Jizerských hor*. In: KARPAŠ, R. [ed.]: *Jizerské hory. O mapách, kamení a vodě*. Nakladatelství RK, Liberec: 104 – 141.

- KOCIÁNOVÁ, M., ŠPATENKOVÁ, I., TONDROVÁ, A., DVOŘÁK, I. J., PILOUS, V., 2004: *Základové a smíšené laviny ve vztahu k přemísťování svahovin a dynamice vegetace*. In: ŠTURSA, J., MAZURSKI, K. R., PALUCKI, A., POTOCKA, J. [eds.]: *Geoekologické problémy Krkonoš*. Sborn. Mez. Věd. Konf., Szklarska Poreba, Opera corcontica, 41: 82 – 99.
- KONCA, B., 1990: *Przyczyny i następstwa kleski ekologicznej w Sudetach Zachodnich*. Rocznik Jeleniogorski, 33: 51-72.
- KOŠULIČ, M., st., 2010: *Cesta k přirozenému hospodářskému lesu*. FSC ČR, o. s., Brno, 452 s.
- KREMER, B., MUHLE, H., 1998: *Lišejníky, mechorosty, kaprad'orosty*. Ikar, Praha, 288 s.
- KRYKORKOVÁ, 2012: *Sekundární sukcese na povodňových murách v CHKO Jizerské hory*. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, FŽP, 77 s.
- KRIŽO, M., KRIŽOVÁ, E., BIES, R., VIEWEGH, J., 1996: *Atlas rostlin*. Skriptum. LF ČZU, Praha, 265 s.
- KUBÁT, K. [ed.], 2010: *Klíč ke květeně České republiky*. Academia, Praha, 928 s.
- KUČERA, J., VÁŇA, J., 2005: *Seznam a červený seznam mechorostů České republiky (2005)*. Příroda 23: 1 – 104.
- KULASOVÁ, A., BUBENÍČKOVÁ, L., 2009: *Podnebí a počasí Jizerských hor*. In: KARPAŠ, R. [ed.]: *Jizerské hory. O mapách, kamení a vodě*. Nakladatelství RK, Liberec: 342 – 383.
- LEPŠ, J., MICHÁLEK, J., RAUCH, O., UHLÍK, P., 2000: *Early succession on plots with the upper soil horizon removed*. Journal of Vegetation Science 11: 259-264.
- LHOTSKÝ, O., 1963: *Vodní režim a vodohospodářský význam Jizerských hor*. Severočeské muzeum, Liberec, 30 s.
- LIŠKA, J., PALICE, Z., SLAVÍKOVÁ, Š., 2008: *Checklist and Red List of lichens of the Czech Republic*. Preslia 80: 151 – 182.

- MARGLEF, R., 1968: *Perspectives in Ecological Theory*. University of Chicago Press., Chicago. Ex: WALKER, L. R., DEL MORAL, R., 2003: *Primary Succession and Ecosystem Rehabilitation*. Cambridge University Press, Cambridge, 458 s.
- MEZI STROMY, 2007 [online]: Nadace dřevo pro život, © 2007 [cit. 2012-04-14]. Dostupné z: <http://www.mezistromy.cz/>
- MICKIEWICZ, J., 1969: *Les bryophytes de la réserve Labowice dans les Beskides de Sacz* (in Polish). *Ochrona przyrody* 34: 67 – 76.
- MÍCHAL, I., 1994: *Ekologická stabilita*. Veronica, Brno, 275 s. Ex. KOŠULIČ, M., st., 2010: *Cesta k přirozenému hospodářskému lesu*. FSC ČR, o. s., Brno, 452 s.
- MÍCHAL, I., BUČEK, A., HUDEC, K., LACINA, J., MACKŮ, J., ŠINDELÁŘ, J., 1992: *Obnova ekologické stability lesů*. Academia, Praha, 172 s.
- MZe, 2001: *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky*. Mze, Praha, 124 s.
- NEVRLÝ, M., 1981: *Kniha o Jizerských horách*. Severočeské nakladatelství, Ústí nad Labem, 363 s.
- OBLASTNÍ PLÁNY ROZVOJE LESŮ, 2011 [online]: ÚHÚL, © 2003 – 2012 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://geoportal2.uhul.cz>
- ODUM, E. P., 1977: *Základy ekologie*. Academia, Praha, 733 s.
- PÁNEK, T., HRADECKÝ, J., ŠILHÁN, K., 2009: *Geomorphic evidence of ancient catastrophic flow type landslides in the mid-mountain ridges of the Western Carpathian Mountains (Czech republic)*. *International Journal of Sediment Research* 24: 88 – 98.
- PELÍŠEK, J., 1968: *Půdní poměry Jizerských hor*. Severočeské muzeum, Liberec, 51 s.
- PICKETT, S. T. A., 1989: *Space-for-time substitutions as an alternative to long-term studies*. In: LIKENS, G. E. [ed.]: *Long-term Studies in Ecology*, Springer, New York: 110–35.
- PILOUS, V., 1978: *Kapitoly z přírody: Neklidné svahy*. Krkonoše – Jizerské hory 1: 16 – 19.

- PILOUS, V., 2011(a): *Povodňové mury v Jizerských horách*. Krkonoše – Jizerské hory 7: 32 – 34.
- PILOUS, V., 2011(b): *Povodňové mury v povodí horní Smědé v Jizerských horách*. Sborník Severočeského muzea, Přírodní Vědy 29: 3 – 40.
- PIMENTEL, D., HARVEY, C., 1999: *Ecological effects of erosion*. In: WALKER, L. R. [ed.], 1999: *Ecosystems of Disturbed Ground*. Elsevier, Amsterdam: 123–135.
- PODRÁZSKÝ, V., 1999(a): *Pedologické charakteristiky na půdách náchylných k introskeletové erozi*. In: SLODIČÁK, M. [ed.]: *Obnova a stabilizace horských lesů*. Sborník z celostátní konference s mezinárodní účastí konané ve dnech 12. – 13. 10. 1999 v Bedřichově v Jizerských horách, VÚLHM Jíloviště-Strnady: 101 – 105.
- PODRÁZSKÝ, V., 1999(b): *Význam vápnění a přirozené sukcese pro obnovu jizerskohorských lesů*. In: SLODIČÁK, M. [ed.]: *Obnova a stabilizace horských lesů*. Sborník z celostátní konference s mezinárodní účastí konané ve dnech 12. – 13. 10. 1999 v Bedřichově v Jizerských horách, VÚLHM Jíloviště-Strnady: 101 – 105.
- POLENO, Z., VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., MIKESKA, M., KOBLIHA, J., BÍLEK, L., 2007: *Pěstování lesů I., Ekologické základy pěstování lesů*. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 316 s.
- PRACH, K., PYŠEK, P., SMILAUER, P., 1993: *On the rate of succession*. Oikos 66: 343 – 346.
- PYŠEK, P., 1991: *Biomass production and size structure of Calamagrostis villosa populations in different habitats*. Preslia 63: 9-20.
- REGIONÁLNÍ PRODUKT JIZERSKÉ HORY, 2012 [online]: Katalog regionálních výrobců a jejich produktů, © 2000 - 2012 [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://www.jizerske-vyrobky.cz/>
- SHARPE, C. F. S., 1960: *Landslides and Related Phenomena: A Study of Mass-movements of Soil and Rock*. Pageant Books, New Jersey, 137 s.
- SLAVÍKOVÁ, J., 1986: *Ekologie rostlin*. SPN, Praha, 366s.

- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J. [eds.], 2005: *Lesnické hospodaření v Jizerských horách*. LČR, s. p., Hradec Králové, 232 s.
- SMEJKAL, J., KABALA, C., MARZEC, M., 2009: *Půdy Jizerských hor*. In: KARPAŠ, R. [ed.]: *Jizerské hory. O mapách, kamení a vodě*. Nakladatelství RK, Liberec: 246 – 257.
- STATSOFT, 2012: Statistica 12 [software]. Praha: StatSoft CR s.r.o.
- SÝKORA, T., 1971: *Lesní rostlinná společenstva Jizerských hor*. Severočeské muzeum, Liberec, 60 s.
- ŠACH, F., 1999: *Problematika introskeletové eroze v Jizerských horách ve vazbě na poznatky z Krkonoš*. In: SLODIČÁK, M. [ed.]: *Obnova a stabilizace horských lesů*. Sborník z celostátní konference s mezinárodní účastí konané ve dnech 12. – 13. 10. 1999 v Bedřichově v Jizerských horách, VÚLHM Jíloviště-Strnady: 89 – 94.
- TAKAHASHI, T., 1981: *Debris flow*. Ann. Rev. Fluid Mech., 13: 57 – 77.
- THOMPSON, J. N., 2014 [online]: Ecological succession. Encyclopaedia Britannica, Inc. [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: <http://www.britannica.com>
- TIANCHI, L., 1994: *Landslides disasters and human responses in China*. Mountain research and development 14 (4): 341 – 346.
- TILMAN, D., 1985: *The resource-ratio hypothesis of plant succession*. Am. Natur. 125: 827 – 852.
- TUMA, M., 2008: *Škody působené zvěří*. Lesnická práce 10 - příloha: I – IV.
- VAN DER MAAREL E., 1979: *Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity*. Vegetatio 38: 97 – 114.
- VERHEYEN, K., 2002: *Dissertationes de agricultura. The relative importance of seed and recruitment limitation of vascular plants in secondary forest succession*. Katholieke Universiteit Leuven, Belgium, 194 s.
- WALKER, L. R., DEL MORAL, R., 2003: *Primary Succession and Ecosystem Rehabilitation*. Cambridge University Press, Cambridge, 458 s.

- WALKER, L. R., WILLING, M. R., 1999: *An introduction to terrestrial disturbances*. In: WALKER, L. R. [ed.], 1999: *Ecosystems of Disturbed Ground*. Elsevier, Amsterdam: 1 - 16.
- WILMSHURST, J. M., 1997: *The impact of human settlement on vegetation and soil stability in Hawke's Bay, New Zealand*. New Zealand Journal of Botany 35: 97–111.
- ZERBE, S., MEIWES, K. J., 2000: *Zum Einfluß von Weichlaubhölzern auf Vegetation und Auflagehumus von Fichtenforsten – Untersuchungen in einem zwei Jahrzehnte alten Birken-Ebereschen-Vorwald im Hochsolling*. Forstwiss. Centralbl. 119: 1–19.
- ZERBE, S., 2001: *On the Ecology of Sorbus Aucupria (Rosaceae) with special regard to Germination, Establishment and Growth*. Polish Botanical Journal 46 (2): 229 – 239.

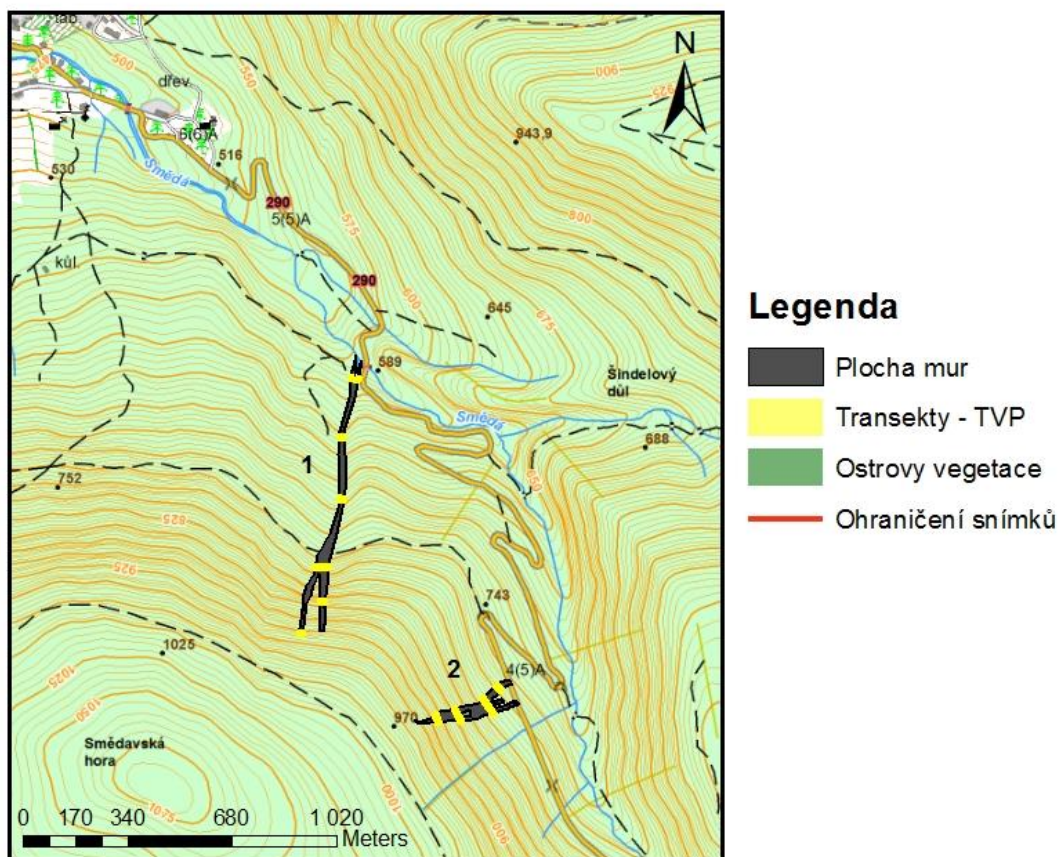
11 PŘÍLOHY

Vědecký název	český název	zkratka
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	javor klen	AcePse
<i>Agrostis capillaris</i> L.	psineček obecný	AgrCap
<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) ROTH.	papratka samičí	AthFF
<i>Avenella flexuosa</i> (L.) DREJER	metlička křivolaká	AveFle
<i>Baeomyces rufus</i> (HUDS.) REBENT.	malohubka plšivková	BaeRuf
<i>Betula pubescens</i> EHRH.	bříza pýřitá	BetPub
<i>Blechnum spicant</i> (L.) ROTH	žebrovice různolistá	BleSpi
<i>Brachythecium reflexum</i> (STARKE) SCHIMP.	baňatka zakřivená	BraRef
<i>Calypogeia azurea</i> STOTLER & CROTZ	kryjnice sleziníkovitá	CalAzu
<i>Calamagrotis villosa</i> (CHAIX.) J. F. GMELIN	třtina chloupkatá	CalVil
<i>Cardamine amara</i> L.	řeřišnice hořká	CarAma
<i>Carex canescens</i> L.	ostřice šedavá	CarCan
<i>Carex echinata</i> Murray	ostřice ježatá	CarEch
<i>Carex ovalis</i> Good.	ostřice zaječí	CarOva
<i>Carex pilulifera</i> L.	ostřice kulkonosná	CarPil
<i>Cladonia coniocraea</i> (Flörke) Spreng	dutohlávka kuželovitá	ClaCon
<i>Cladonia digitata</i> (L.) HOFFM.	dutohlávka prstítá	ClaDig
<i>Cladonia</i> sp.	dutohlávka	ClaSp.
<i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) Beauv.	metlice trsnatá	DesCae
<i>Dicranum montanum</i> HEDW.	dvouhrotec chlumní	DicMon
<i>Digitalis purpurea</i> L.	náprsník červený	DigPur
<i>Dryopteris carthusiana</i> (VILL.) H.P. FUCHS	kaprad' osténkatá	DryCar
<i>Dryopteris dilatata</i> (HOFFM.) GRAY	kaprad' rozložená	DryDil
<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) SCHOTT	kaprad' samec	DryFM
<i>Epilobium angustifolium</i> L.	vrbovka úzkolistá	EpiAng
<i>Epipactis helleborine</i> (L.) Crantz	kruštík širolistý	EpiHel
<i>Fagus sylvatica</i> L.	buk lesní	FagSyl
<i>Galeobdolon montanum</i> (Pers.) Rchb.	pitulník horský	GalMon
<i>Galium saxatile</i> L.	svízel hercynský	GalSax
<i>Geranium robertianum</i> L.	kakost smrdutý	GerRob
<i>Gnaphalium sylvaticum</i> L.	protěž lesní	GnaSyl
<i>Herzogiella seligeri</i> (BRID.) Z. IWATS.	kornice slezská	HerSel
<i>Hieracium murorum</i> L.	jestřábník zední	HieMur
<i>Homogyne alpina</i> (L.) CASS	podbělice alpská	HomAlp
<i>Hypericum perforatum</i> L.	třezalka tečkovaná	HypPer
<i>Hypocenomyce scalaris</i> (AH.) CHOISY	strupka lasturnatá	HypSca
<i>Impatiens glandulifera</i> ROYLE	netýkavka žláznatá	ImpGla
<i>Juncus effesus</i> L.	sítina rozkladitá	JunEff

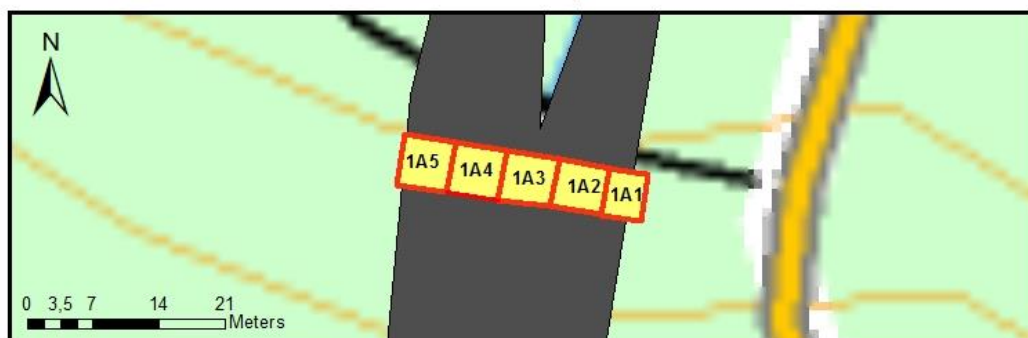
Vědecký název	český název	zkratka
Lepraria sp.	otrus	LepSp.
Luzula luzuloides (Lamk.) Dandz et Wilm.	bika hajní	LuzLuz
Luzula pilosa (L.) WILLD	bika chloupkatá	LuzPil
Lysimachia nummularia L.	vrbina penízková	LysNum
Maianthemum bifolium (L.) F. W. SCHMIDT	pstroček dvoulistý	MaiBif
Mnium hornum HEDW.	měřík trsnatý	MniHor
Oxalis acetosella L.	šťavel kyselý	OxaAce
Pellia sp.	pobřežnice	PelSp.
Petasites hybridus (L.) Gaertn., Meyer et Schreb.	devětsil lékařský	PetHyb
Phegopteris connectilis (MICHX. FIL.) WATT	bukovinec osladičovitý	PheCon
Philonotis fontana (HEDW.) BRID.	vlahovka prameništní	PhiFon
Picea abies - (L.) KARSTEN	smrk ztepilý	PicAbi
Pinus sylvestris L.	borovice lesní	PinSyl
Plagiothecium denticulatum subsp. denticulatum (HEDW.) SCHIMP.	lesklec zubatý pravý	PlaDeD
Plagiothecium undulatum (Hedw.) Schimp.	lesklec čeřitý	PlaUnd
Pohlia nutans subsp nutans. (HEDW.) LINDB.	paprutka nicí pravá	PohNut
Polytrichastrum formosum (HEDW.) G. L. SM.	ploník ztenčený	PolFor
Populus tremula L.	topol osika	PopTre
Porpidia sp.	šálečka	PorSp.
Prenanthes purpurea L.	věsenka nachová	PrePur
Racomitrium fasciculare (HEDW.) BRID.	zubkočepka svažitá	RacFas
Ranunculus repens L.	pryskyřník plazivý	RanRep
Rhizomnium punctatum (HEDW.) T. J. KOP.	měřík tečkovaný	RhiPun
Rubus fruticosus L. agg.	ostružiník křovitý	RubFru
Rubus idaeus L.	ostružiník maliník	RubIda
Salix caprea L.	vrba jíva	SalCap
Sambucus nigra L.	bez černý	SamNig
Scapania undulata (L.) DUMORT	kýlnatka zvlněná	ScaUnd
Scrophularia nodosa L.	krtičník hlíznatý	ScrNod
Senecio ovatus (G., M. et SCH.) WILLD.	starček Fuchsův	SenOva
Sorbus aucuparia L.	jeřáb ptačí	SorAuc
Sphagnum squarrosum CROME	rašeliník kostrbatý	SphSqu
Stachys sylvatica L.	čistec lesní	StaSyl
Stellaria nemorum L.	ptačinec hajní	SteNem
Taraxacum officinale Web.	pampeliška lékařská	TarOff
Tetraphis pellucida HEDW.	čtyřzoubek průzračný	TetPel
Trapelia placodioides COPPINS et P. JAMES	šálečka lemovaná	TraPla
Trientalis europaea L.	sedmikvítek evropský	TriEur
Vaccinium myrtillus L.	brusnice borůvka	VacMyr
Veronica officinalis L.	rozrazil lékařský	VerOff

Tabulka 4: Vědecké názvy a zkratky druhů.

Murové dráhy na Smědavské hoře



Detail umístění snímků na příkladu transektu 1A



© Jitka Krykorková, 2012

Obrázek 28: Murové dráhy na Smědavské hoře.

Schéma jednotlivých mur s rozmístěním transektů

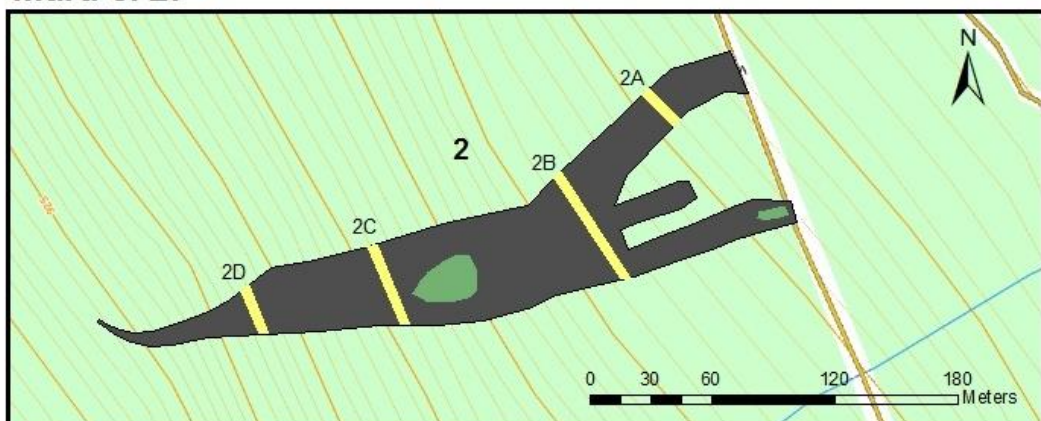
Mura č. 1:



Legenda

-  Ostrovy vegetace
-  1A Transekty
-  Plocha mury

Mura č. 2:



© Jitka Krykorková, 2012

Obrázek 29: Schéma jednotlivých mur s rozmístěním transektů.