

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Přírodovědecká fakulta



Je *Pseudotsuga menziesii* dalším invazním druhem v NP České Švýcarsko?

Magisterská diplomová práce

Bc. Tereza Dudíková

Vedoucí práce: RNDr. Věroslava Hadincová, CSc.

Fakultní garant: Prof. RNDr. Karel Prach, CSc.

České Budějovice 2009

Dudíková T. (2009): Je *Pseudotsuga menziesii* dalším invazním druhem v NP České Švýcarsko?

[*Pseudotsuga menziesii*, the new potential invasive species in the České Švýcarsko National Park? Mgr. Thesis, in Czech.] - 58 p., Faculty of Science, The University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Annotation: *Pseudotsuga menziesii*, naturalized conifer from the North America, has been planted in the area of the present-day České Švýcarsko National Park (Czech Republic) from 19th century. These surveys concentrate on the question of environmental preferences of seedlings and saplings of *Pseudotsuga*, and characterize potential distance distribution of this tree. In conclusion, *Pseudotsuga* is still only naturalized species, but danger of becoming to be invasive is very high.

Poděkování: Děkuji především své školitelce za čas, trpělivost, cenné rady a pomoc v terénu a Botanickému ústavu AVČR v Průhonicích za financování výzkumu a zapůjčení potřebného vybavení. Dále děkuji správě NP České Švýcarsko za všemožnou podporu, strejdovi za poskytnutí podrobných map a všem ostatním, kterých se to týká a kteří ví.

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Prohlášení: Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, pouze s použitím citované literatury.

V Českých Budějovicích dne 5.1.2009.

.....
Bc. Tereza Dudíková

Obsah

1. Úvod.....	1
1. 1. Problematika naturalizace a invaze rostlin	1
1. 2. Samovolné šíření anemochorních druhů rostlin.....	2
1. 2. 1. Distribuce náletů v terénu	2
1. 2. 2. Disperzní potenciál.....	4
1. 3. Cíle práce.....	4
1. 4. Charakteristika Národního parku České Švýcarsko	5
1. 4. 1. Geologie	5
1. 4. 2. Geomorfologie.....	6
1. 4. 3. Podnebí	6
1. 4. 4. Podstata ochrany NP	7
1. 4. 5. Historie lesů	7
1. 4. 6. Flóra a přirozená vegetace	8
1. 4. 7. Fauna	9
1. 4. 8. Introdukované druhy rostlin.....	9
1. 5. Obecná charakteristika druhu	10
2. Metodika.....	13
2. 1. Lokality nalezené v Lesním hospodářském plánu (LHP)	13
2. 2. Podrobně mapované lokality (S)	14
2. 2. 1. Charakteristiky mapovaných lokalit	14
2. 2. 2. Fytcenologické snímkování	15
2. 2. 3. Stáří semenáčků douglasek.....	17
2. 2. 4. Poloha semenných stromů a fytcenologických snímků (GPS souřadnice).....	17
2. 2. 5. Vzdálenost semenáčků od semenných stromů.....	17
2. 3. Teoretické šíření douglasky.....	18
2. 4. Analýzy dat v programu Canoco a Statistica	21
3. Výsledky	23
3. 1. Na kolika lokalitách douglaska zmlazuje?.....	23
3. 2. Vzdálenost šíření douglasky od mateřských stromů.....	23
3. 3. Faktory prostředí ovlivňující zmlazování douglasky	25
3. 3. 1. Zmlazení v závislosti na zastínění svahu	25
3. 3. 2. Zmlazení v závislosti na pozici na svahu	30
3. 3. 3. Zmlazení v závislosti na lesním typu	34
3. 3. 4. Zmlazení douglasky v závislosti na všech faktorech prostředí ..	36
3. 4. Věková struktura semenáčků.....	42
3. 5. Teoretické šíření douglasky	44
4. Diskuze.....	47
4. 1. Potencionální invaze douglasky v ČŠ	47
4. 2. Zmlazení v závislosti na čase a faktorech prostředí	48
4. 3. Disperzní potenciál	50
4. 4. Ochranná opatření.....	52
5. Závěr	53
6. Citované zdroje	54
7. Příloha.....	57

1. Úvod

1. 1. Problematika naturalizace a invaze rostlin

Douglaska se v ČR řadí mezi naturalizované rostliny (Pyšek, Sádlo, Mandák 2002). Naturalizované rostliny jsou rostliny v areálu nepůvodní, úspěšně se množící bez vlivu člověka, avšak jen v rámci původního ekosystému, jejich populace je stabilní a k udržení nepotřebuje další přísun semen (propagulí). Invazní rostliny mají na rozdíl od naturalizovaných potenciál šířit se dál od mateřských rostlin a do jiných ekosystémů. Podle Richardson *et al.* 2000 je rostlina šířící se semeny invazní, pokud je schopna se do 50 let rozšířit o více než 100 m. Při aplikaci této teorie je však třeba brát v potaz vysokou mortalitu semenáčků. Rostlinu lze považovat za invazní, pokud jsou ve vzdálenosti 100 m od mateřských jedinců potomci již schopni plodit další potomstvo. Přítomnost pouze juvenilních jedinců není dostatečným důkazem.

Naturalizované rostliny potřebují nějaký čas, než začnou invadovat okolní prostředí. Toto období se nazývá lag fáze a někdy při ní dochází k evolučním a genetickým změnám druhu tak, aby byl přizpůsoben k novým ekologickým podmínkám a nebyl ve vývoji omezen inbreedingem (Kowarik 1995; Sakai *et al.* 2001).

Invazní rostliny značně pozměňují ekosystém (Higgins, Richardson 1998), často zásadně snižují druhovou diverzitu (Hadincová *et al.* 2007), někdy dojde k tomu, že invazní druh hybridizuje s druhem původním a zapříčiní tak jeho vyhynutí (Sakai *et al.* 2001).

Invaznost rostlin je dána

1. Vnějšími podmínkami, zejména ekosystémem, do kterého se šíří a množstvím disturbancí usnadňujících uchycení semenáčků (Higgins, Richardson 1998).
2. Konkrétními vlastnostmi rostliny, u jehličnanů jsou za nejdůležitější považovány znaky ovlivňující životní cyklus stromu, krátký čas, než začnou semenáčky produkovat semena (< 10 let), malá hmotnost semen (< 50 mg) a krátký interval mezi velkými semennými roky (Richardson, Rejmánek 2004).

Ad 1) Za nejvhodnější ekosystém pro šíření invazních rostlin na našem území je považováno pobřežní pásmo podél vodních toků, kde jsou díky kolísavé hladině vody velmi časté disturbance a dostatek živin. V pískovcových územích se disturbance vyskytují také poměrně často, nebývají ale příliš plošně rozsáhlé. Mají spíše

charakter častých malých změn na malém prostoru v podobě erozních pohybů pískového podloží, akumulace půdy a živin na určitých místech či v podobě spásání vegetace lesní zvěří (Sádlo, Herben 2007). Tento charakter prostředí viditelně svědčí invazní *Pinus strobus* (Hadincová, Köhnleinová, Marešová 2007), otázkou je, zda je příhodné také pro douglasku, která však ještě neměla dostatek času rozvinout své invazní vlastnosti, jinak řečeno, která ještě zcela nepřekonala lag fázi.

Ad 2) V USA začínají douglasky plodit mezi 12. – 15. rokem (Hermann, Lavender – online), ve střední Evropě dokonce až kolem 25. roku (Musil *et al.* 1993). Největší semena mají kolem 20 mg, semenný rok bývá v nepravidelných intervalech, průměrně jeden silný a jeden slabý každých 7 let (Hermann, Lavender – online). Podle Richardson, Rejmánek 2004 však douglaska spolu s jehličnany jako např. *Larix decidua* nebo *Pinus strobus* splňuje všechny podmínky určující vlastnosti invazních jehličnanů (tedy počátek plodnosti stromu do 10 let věku, semena do 50 mg a krátký interval mezi velkými semennými roky).

1. 2. Samovolné šíření anemochorních druhů rostlin

Výzkum disperzních vlastností rostlin napomáhá k lepšímu pochopení ekologických charakteristik rostliny a k tvorbě prediktorových modelů šíření, použitelných např. při studiu invazí či programech na záchranu ohrožených druhů (Bullock, Shea, Skarpaas 2006). Douglaska se řadí mezi anemochorní rostliny.

Různé faktory ovlivňují distribuci náletů pod zdrojovými stromy. Obecně lze říci, že hustota semenáčků klesá se vzdáleností od mateřského stromu (Broncano, Vilà, Boada 2005), což je dáno pravděpodobností doletu semínka na určitou vzdálenost. Naopak přímo pod korunou mateřského stromu příliš semenáčků není, což je způsobeno zastíněním, nedostatkem vody a také zvýšeným výskytem houbových patogenů, hlodavců, zrnožravých ptáků, či určitého druhu hmyzu poškozujícího semena a semenáčky (Augspurger 1983; Lawrence, Rediske 1962).

1. 2. 1. Distribuce náletů v terénu

Pro zjišťování distribuce náletů v terénu se používají dvě metody, Lagrangianova a Eulerianova (Nathan *et al.* 2003). Lagrangianova metoda (*tracking method*) znamená sledování semen (propagulí) na místo, kam jsou schopna se pomocí nějakého rozšiřovacího faktoru dostat a v případě vhodného cílového prostředí vyklíčit. Lze si

tak semena různě označovat, sledovat živočichy, kteří semena rozšiřují, atd. (Zhang, Chen, Zhang 2008).

Eulerianova metoda (*trapping method*) znamená chytání semen v terénu pouze na určitých místech do tzv. pastí. Při tomto postupu je třeba promyšleně rozmístit pasti v různých vzdálenostech od mateřské rostliny a zároveň zvolit vhodný typ a velikost pasti. Lze použít např. samolepící destičky pro malá semínka, nádoby částečně zapuštěné do země pro semena větší, atd. (Nathan *et al.* 2000; Wada, Ribbens 1997).

Výhodou metody „sledovací“ na rozdíl od „chytací“ je, že tak lze podchytit a vysledovat i semínka, která se dostanou dál, než bychom čekali. Jedná se o tzv. *Long-distance dispersal* (LDD), šíření do extrémních vzdáleností. Obvykle je brán jako limit 99. percentil (Nathan *et al.* 2003).

Obě metody se také využívají, pokud sledujeme distribuci semen až podle vyklíčených semenáčků. Toto se nazývá *realised dispersal* (Bullock, Shea, Skarpaas 2006) a poskytuje nám ve skutečnosti neúplnou informaci o distribuci semen, protože ne každé semeno vyklíčí, uchytí se a přežije první roky života.

V terénu bývá často problém, jak určit, které semínko, příp. semenáček je potomkem které mateřské rostliny. Nejpřesnější metodou je ovšem genetická analýza, jednodušší, i když méně přesná je metoda „potenciální mateřské rostliny“. Vhodná je zejména v terénech, kde se semenáčky či zdroje vyskytují ve shlucích a spočívá v tom, že ke každému semenáčku přiřknu jako potenciální zdroj nejbližší mateřskou rostlinu jakožto nejpravděpodobnějšího rodiče (Bullock, Shea, Skarpaas 2006). Další metodou je předpoklad, že všechny stromy okolo semenáčku (do určité vzdálenosti) jsou rodičem se stejnou pravděpodobností. Tato metoda vede často k přehnaně vysokým číslům disperzní vzdálenosti, protože ve skutečnosti je větší pravděpodobnost dopadu semínka blíže ke zdroji. Metoda potenciální mateřské rostliny naopak může vést k podhodnocení výsledků (Nathan, Muller-Landau 2000).

Šíření do extrémních vzdáleností (LDD) může mít rozličné příčiny. Může to být např. extrémně vysoká rychlost větru, jedná-li se o šíření semen rozšiřujících se větrem. Jedna větrná bouře může zapříčinit rozšíření druhu o několik kilometrů dál za velmi krátký časový úsek (Clark 1998). U anemochorních druhů je LDD také vysvětlováno větrnými turbulencemi, které zapříčiní zdvih padajícího semínka (Tackenberg, Poschlod, Kahmen 2003) a tím překonání překážek, např. zápoje ostatních stromů (Nathan *et al.* 2002).

Disperzní vzdálenost může být ovlivněna velikostí semen, avšak u douglasky tomu tak není, protože poměr mezi semínkem a křídlem je při všech velikostech semena přibližně stejný (vlastní pozorování). Velikost a hmotnost semen nemá vliv ani na velikost a úmrtnost z nich vyrostlých semenáčků (Lavender 1958).

1. 2. 2. Disperzní potenciál

Disperzní potenciál se nejlépe znázorňuje tzv. disperzní křivkou. Metodami disperzního potenciálu se v současné době pravděpodobně nejvíce zabývá pan Nathan. Pro popsání šíření rostliny semeny se nejčastěji používají mechanistické a fenomenologické modely (Nathan, Muller-Landau 2000). Mechanistický model vychází přímo z charakteristik rostliny a údajů o šířícím faktoru, v našem případě větru. Fenomenologický model se pokouší fitovat nějaký matematický model na zjištěnou hustotu semen v určitých vzdálenostech. Nejčastěji používaná je Gaussova křivka (Nathan, Muller-Landau 2000), negativní exponenciála (Boyer 1963), tzv. *inverse power law model*. (Lavi *et al.* 2005) a Clarkův model 2Dt (fitující jak krátké tak dlouhé vzdálenosti šíření) (Clark *et al.* 1999).

Pro mechanistický model je třeba získat mnoho co nejpřesnějších údajů charakterizujících šíření rostliny, což není vždy jednoduché (Nathan, Sarfiel, Noy-Meiri 2001).

1. 3. Cíle práce

Ve své práci bych chtěla odpovědět na následující otázky:

- 1) Jak časté je zmlazování douglasky v ČŠ, opravdu je druhem zatím jen samovolně zmlazujícím – naturalizovaným - (podle Pyšek, Sádlo, Mandák 2002) nebo se již jedná o invazi?
- 2) Na jakých stanovištích zmlazuje douglaska nejlépe, jaké faktory prostředí ovlivňují její zmlazování?
- 3) Jaká je distribuce náletů douglasky v terénu? Jsou rozdíly mezi nálety z různých časových období?
- 4) Jaký je disperzní potenciál douglasky?

1. 4. Charakteristika Národního parku České Švýcarsko

(podle www.ceskesvycarsko.cz a www.npcs.cz, kde není uvedeno jinak)

Území Národního parku České Švýcarsko se rozkládá na severu Ústeckého kraje a dosahuje k česko-německé státní hranici, kde na něj navazuje německý Národní park Saské Švýcarsko (Nationalpark Sächsische Schweiz). Ze severu, jihu a západu České Švýcarsko (dále jen ČŠ) obepíná Chráněná krajinná oblast Labské pískovce, která tvoří spolu s Národním parkem na české i saské straně a rovněž se sousední Chráněnou krajinnou oblastí Saské Švýcarsko (LSG Sächsische Schweiz) jednotný orografický celek nazývaný Českosaské Švýcarsko (Sächsisch-Böhmische Schweiz) nebo Labské pískovce (Elbsandsteingebirge). Na východě přiléhá k NP České Švýcarsko CHKO Lužické hory.

Samotný Národní park České Švýcarsko byl vyhlášen 1. 1. 2000 o celkové rozloze 79 km², z čehož více než 97 % tvoří lesy. Hlavním předmětem ochrany je unikátní geomorfologie skalního města a na ni vázaná rozmanitost rostlin a živočichů.

1. 4. 1. Geologie

Geologický vývoj oblasti započal zhruba před 700 milióny lety v období mladšího proterozoika a staršího paleozoika. Výchozy ortorul, fylitů, žul a granodioritů z tohoto období se ale nacházejí pouze u západní a severozápadní hranice ČŠ a v údolí Labe a tvoří minimum celkového území. Nejstarší vrstvy cenomanu se zachovaly v západní části území.

Před více než 90 mil lety, v období svrchní křídy, bylo území díky celosvětovému zdvihu mořské hladiny zaplaveno mořem. Při neustálém poklesu mořského dna se zde usadil přes 1000 m mocný vrstevní sled hornin, tvořený hlavně pískovci a slínovci, lokálně i prachovci a slepenci. Spodní část vrstevního sledu tvoří horniny z období cenomanu, střední část, z období turonu, tvoří 350 – 420 m mocné těleso pískovců, které v současnosti pokrývá většinu území. Horniny nazýváme turonské kvádrové pískovce, „kvádrové“ podle typického blokového rozpadu.

Díky intenzivní sopečné činnosti v období třetihor se v ČŠ nachází několik většinou podpovrchových bazaltických (čedičových) vyvřelinových těles. Příkladem takového tělesa je Růžovský vrch (619 m n. m.), který tvoří dominantu jižní části ČŠ.

Čtvrtohorní horniny vytváří díky mrazovému zvětrávání rozsáhlá suťoviska a kamenná moře, díky eolickým procesům rozsáhlé sprašové pokryvy a díky činnostem řek hlinitopísčité usazeniny, vyskytující se i na vyvýšených říčních terasách.

1. 4. 2. Geomorfologie

Celá oblast Českosaského Švýcarska tvoří jeden rozsáhlý geologicko-morfologický celek, který v porovnání s geomorfologií ostatních pískovcových oblastí české křídové tabule vykazuje určité specifické rysy. K těm patří zejména existence hlubokých soutěsek, protékaných vodními toky i mohutného kaňonu Labe, četných výrazných stolových hor na saské straně území a relativně velmi nízká nadmořská výška spodního patra pískovcové oblasti (Hřensko s kótou 117 m n. m. představuje nejnižší bod ČR).

Současný morfologický vzhled ČŠ je dán erozními procesy, které započaly okamžitě po ústupu křídového moře. V průběhu třetihorní denudace se reliéf výrazně zploštil a snížil. V závěru třetihor a zejména během čtvrtohor se díky tektonickému zdvihu v důsledku alpinského horotvorného procesu i díky střídání dob ledových a meziledových vytvořil rozmanitý reliéf dnešních pískovcových skalních měst, stolových hor, kaňonů a zařízlých údolí potoků a řek.

Na křídových pískovcích a svahovinách z převážně pískovcového materiálu jsou nejčastějšími půdními typy podzol a kambizem (hnědá půda).

1. 4. 3. Podnebí

V ČŠ jsou značné srážkové i teplotní rozdíly, způsobené jak nadmořskou výškou, tak geomorfologií. V údolí Labe jsou teploty nejvyšší, prům. 8°C za rok, odtud se směrem východním i západním teploty vlivem vyšší nadmořské výšky snižují. Ve Šluknově je to 7,1°C, v německém Hinterhermsdorfu 6,9°C (údaje z let 1901 – 1950, Vesecký *et al.* 1958). V centrální části ČŠ jsou ale mikro a mezoklimatické poměry odlišné. Zejména ve skalních městech, např. Jetřichovických stěnách a v kaňonech vodních toků, např. Křinice se uplatňuje efekt inverze (Sklenář *et al.* 2007).

Srážky jsou zaznamenány pro Horní Chřibskou 934 mm ročně, Jedlovou 1015 mm, Českou Kamenici 817 mm a Jetřichovické stěny 800 mm ročně (Vesecký *et al.* 1961).

Poměr srážek ve vegetačním období (duben – září) k období mimovegetační (říjen – březen) je 55:45, což znamená, že ČŠ je subatlantského charakteru (Härtel 1999).

1. 4. 4. Podstata ochrany NP

ČŠ neoplývá velkou druhovou bohatostí, předmětem ochrany jsou zde zejména specifické ekologické poměry v geomorfologicky pestré krajině. To podmiňuje výskyt často reliktních a vzácných rostlinných a živočišných druhů. V inverzních roklích se vyskytují montánní, subalpínské, atlantské a subatlantské rostlinné druhy v extrémně nízkých nadmořských výškách – až 150 m n. m. To samé platí i pro živočichy. Výskyt vzácných druhů je rovněž podmíněn celkovým výrazně subatlantským klimatickým charakterem oblasti, který se ještě umocňuje ve vlhkých roklích.

1. 4. 5. Historie lesů

Území, původně celé zalesněné, bylo poprvé významněji osídleno lidmi na přelomu 12. – 13. stol. Zpočátku byla těžba lesa prováděna „toulavou sečí“ (tzn. v podstatě neregulovaná těžba) a obnova probíhala přirozeně a druhová skladba porostu zůstávala neměnná. Později začaly v blízkosti sídel vznikat díky kácení světliny, čímž se lokálně přeměnila druhová skladba lesa, světliny přirozeně zarůstaly světlomilnějšími druhy. V lesích se začalo pást a hrabat stelivo a přirozená obnova lesa tak byla silně potlačována.

V 16. stol., s nástupem podnikatelských plánů šlechty, začala v ČŠ intenzivní těžba dřeva. Významným odběratelem dřeva byly sklárny. Od 17. stol. vznikaly místo drobných skláren, které se po krajině stěhovaly, stabilní sklářské hutě.

Díky rozvoji průmyslu bylo třeba během 18. století přistoupit k umělému zalesňování, což vedlo k výrazné proměně druhové skladby dřevin. Experimentovalo se s metodami těžby, začaly vznikat monokulturní porosty a zaváděly se nepůvodní dřeviny. Např. borovice vejmutovka (*Pinus strobus*) byla v ČŠ poprvé vysazena v r. 1798 (Nožička 1965). To všechno vedlo k velké nestabilitě porostů, což se projevilo zejména při extrémních výkyvech počasí, kdy docházelo k velkým škodám. Byly to např. větrné bouře (v letech 1740, 1801, 1829, 1838), sněhové kalamity (např. 1883, 1884, 1888) nebo mnišková kalamita, která kulminovala ve 20. letech 20. století.

V r. 1930, po realizaci pozemkové reformy, přešla většina lesů ČŠ od jednotlivých majitelů pod státní správu. Zbytek lesa byl přidán po r. 1945. Metody péče o les se tak sjednotily.

S vyhlášením NP v r. 2000 byl zahájen program obnovy lesů, který by měl vést k obnově původní skladební a věkové různorodosti porostů.

1. 4. 6. Flóra a přirozená vegetace

(Chytrý, Kučera, Kočí 2001; Sádlo, Härtel, Marková 2007; Härtel *et al.* 2007)

Vegetace kyselých pískovcových skal je obecně druhově chudá. Lesní porosty jsou bohaté na kapradiny a mechy, flóra obecně obsahuje velké množství subatlantských druhů. Na pískovcových skalních ostrozích a hřebtech se nachází reliktní bory svazu *Dicrano-Pinion*, dubové lesy *Genisto germanicae-Quercion* a bučiny *Luzulo-Fagion*. Bory na stinných inverzních skalních stupních podmiňují výskyt typického kontinentálního druhu *Ledum palustre* (*Ledo-Vaccinietum vitis-idaeae*) a *Empetrum nigrum*, z kapradin je v ČŠ hojný výskyt např. subatlantského druhu *Blechnum spicant* či *Dryopteris dilatata*. V inverzních roklicích se nachází porosty horských třtinových smrčín svazu *Piceion excelsae*, podle lesnické typologie se jedná zejména o jedlosmrkové bučiny. Z bylin je zde typický *Trientalis europaea*, *Lycopodium annotinum*, *Viola biflora*, *Streptopus amplexifolius* a *Huperzia selago*.

V širších údolích potoků se vyskytují olšiny sv. *Alnion glutinosae*.

Čedičové výchozy představují druhově nejbohatší části ČŠ. Většina je porostlá květnatými bučinami *Eu-Fagenion*, na suťových svazích jsou pak suťové lesy s lípou a javorem *Tilio-Acerion*.

Nejvzácnější rostliny ČŠ představují dva atlantské druhy kapradin čeledi *Hymenophyllaceae*, *Hymenophyllum tunbrigense*, nalezen v Edmundově soutěsce, podle Kubát *et al.* 2002 je však jeho přítomnost nedoložená. Druhou rostlinou je *Trichomanes speciosum*, řadící se do kategorie kriticky ohrožených druhů kategorie C1, (Kubát *et al.* 2002) a na našem území se vyskytující pouze ve stavu gametofytů. Velkou část Národního parku však ve skutečnosti zaujímají kulturní hospodářské lesy, nejvíce smrkové monokultury.

1. 4. 7. Fauna

Z bezobratlých se v ČŠ vyskytuje množství vzácného hmyzu, ze všech zmíním alespoň chrobáka černého (*Typhaeus typhoeus*), který má jedinou lokalitu výskytu v České republice poblíž Hřenska. Z motýlů je zajímavý např. druh vázaný na rostlinu *Ledum palustre*, a to drobníček *Stigmella lediella*.

Obratlovci zahrnují také množství vzácných živočichů, stejně jako u bezobratlých se mezi nimi vyskytují i submontánní a montánní druhy.

Pravidelně v celé oblasti hnízdí minimálně tři páry čápa černého (*Ciconia nigra*) a od poloviny devadesátých let opět úspěšně hnízdí sokol stěhovavý (*Falco peregrinus*), jehož hnízdní populace je v současnosti největší ve střední Evropě. K dalším vzácným živočichům patří např. plch zahradní (*Eliomys quercinus*), nebo rys ostrovid (*Lynx lynx*).

Od roku 1907, kdy byl do zdejších lesů z Alp přivezen, zde žije kamzík horský (*Rupicapra rupicapra*), ve vodních tocích jsou stabilní populace vydry říční (*Lutra lutra*) a znovu se zde začíná objevovat losos obecný (*Salmo salar*). Hojně se vyskytuje jelen evropský (*Cervus elaphus*), srnec obecný (*Capreolus capreolus*) a prase divoké (*Sus scrofa*).

1. 4. 8. Introdukované druhy rostlin

(Härtel - online)

V ČŠ se vyskytuje velké množství introdukovaných druhů. Na území se dostaly buď záměrně, vysazováním v zahrádkách a v případě stromů pěstováním v lesích, nebo byly zavlečeny náhodou. Zajímavou skupinu tvoří druhy v České republice domácí, avšak jen na některých místech a právě v ČŠ nepůvodní. Mezi ně patří např. *Hieracium aurantiacum* nebo *Geranium phaeum*.

Invazně šířící se druhy nejvýznamněji zastupuje *Pinus strobus*, nejproblematičtější rostlina lesů ČŠ, jejíž husté porosty a opad zabraňují vývoji původního bylinného podrostu i jakýchkoliv jiných dřevin a tvoří tak téměř jednodruhové monokultury. Další invazní druhy jsou např. *Impatiens glandulifera*, *Reynoutria japonica*, *R. sachalinensis*. *Digitalis purpurea* a *Juncus tenuis* představují druhy, u kterých proběhla invaze již v minulosti a nyní se výrazněji nešíří.

Předmětem mého zájmu je druh ze skupiny rostlin v České republice nepůvodních a v ČŠ záměrně vysazovaných a šířících se, zatím však ne invazně. Podle www.npcs.cz představují tyto druhy potenciální nebezpečí a proto je třeba jejich šíření monitorovat a postupně je z NP odstranit. Z lesnických dřevin do této skupiny kromě douglasky patří *Quercus rubra*, *Larix decidua* a *Castanea sativa*, z rostlin vysazovaných nelesnicky *Sarothamnus scoparius* a v menší míře i *Telekia speciosa*. Podle zákona č. 161/1999 sb., §5 odst. 1. je národní park oblastí, která by měla uchovávat a znovu obnovovat přirozené porosty. Vlastníci a uživatelé lesa jsou povinni hospodařit v lesích národního parku tak, aby bylo dosaženo:

- a) na území první zóny přirozených lesních ekosystémů, odpovídajících růstovým podmínkám s maximálním omezením lidských zásahů,
- b) na území druhé a třetí zóny přirozené skladby porostů, odpovídající danému stanovišti.

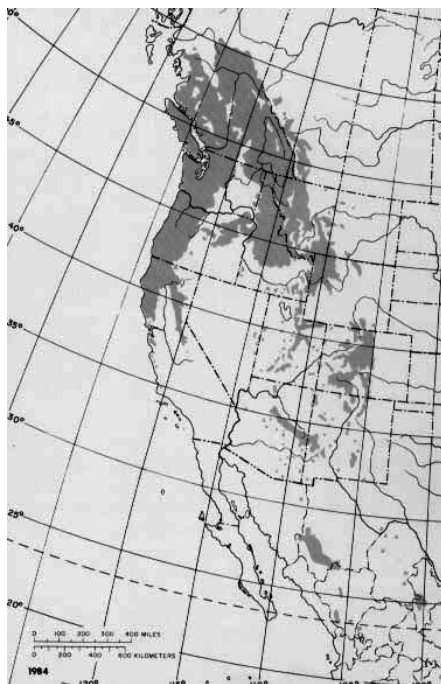
1. 5. Obecná charakteristika druhu

Douglaska tisolistá - *PSEUDOTSUGA MENZIESII* (Mirbel) Franco (syn. *Pseudotsuga taxifolia*)

Lesnický významná rychlerostoucí dřevina původem ze západní části Severní Ameriky. Rod obsahuje 7 druhů a mnoho variet, původní je v Severní Americe, Taiwanu, Číně a Japonsku (Pokorný 1963). U druhu *Pseudotsuga menziesii* rozlišujeme dvě variety – var. *menziesii* a var. *glauca* (Mayr) Franco, někdy udávány jako samostatný druh. (*Pseudotsuga glauca* – česky **douglaska sivá**) (Kubát *et al.* 2002). Tyto variety se liší jak původním areálem výskytu, tak morfologicky. Areál (obr. 1.1.) lze vymezit zeměpisnými souřadnicemi: 19° - 55° severní šířky, tvar areálu se podobá obrácenému „V“. Západní cíp „V“ od 55° do 34,44° severní šířky je domovem variety *menziesii*, část východní, více kontinentální, je areálem var. *glauca*., směrem na jih je však již výskyt diskontinuální. Východní hranice rozšíření je ohraničena přibližně hřebeny pohoří Kaskád a Sierra Nevada. Limitujícími faktory jsou na severu teplota, na jihu pak vlhkost. Obecně douglaska preferuje oceanický typ klimatu (ČŠ je oceanické, viz výše).

V ČŠ se vyskytuje pouze var. *menziesii*.

Douglaska roste nejlépe na hlubokých, vlhkých, dobře provzdušněných písčitohlinitých půdách s pH mezi 5 – 6 (Aas, Riedmiller 2002). Varieta *glauca* se vyskytuje obecně ve vyšších nadmořských výškách. Nejvyšší nadmořské výšky, (3260 m n. m.) dosahuje douglaska v Rocky Mountains, na hřebenu hory Mount Graham v jihovýchodní Arizoně.



Obr. 1.1. Původní areál rozšíření *Pseudotsuga menziesii* v Severní Americe

Ve své původní vlasti dorůstá až 100 m, v Evropě nanejvýš 25 - 50 m. Koruna je široce kuželovitá, větve vodorovně odstávající. Silně aromaticky vonící jehlice (vůně připomíná pomeranče), 2 – 3,5 cm dlouhé, odstávají kolem dokola větví nebo jsou rozčísnuté, na bázi v řapík zúžené, na konci zašpičatělé. Nasedají na slabě zvýšený šikmý polštářek na větévkách, na rubu mají 2 bílé voskové proužky.

Kvete od dubna do června, květy jsou jednodomé. Šišky jsou 5 – 10 cm dlouhé, nerozpadavé. Podpůrné šupiny jsou trojcípé, zřetelně vyčnívající a přímo odstávající. Semena jsou křídlatá, trojhranná, asi 7 mm dlouhá, vypadávají v září a v říjnu. Kůra je zprvu šedá, později hladká s pryskyřičnými bulkami, borka červenohnědá nebo hnědá, hluboce brázditá, tlustá a měkká. Stromy se dožívají stáří 500 - 1000 let.

V USA začíná douglaska plodit ve věku 12 – 15 let (Hermann, Lavender – online), ve Španělsku nejdříve v 15 letech (Broncano, Vilà, Boada 2005), v ČR však později, zhruba ve 25 letech (Musil *et al.* 1993). Největší množství šišek produkují stromy 200 – 300 let staré.

Var. *glauca* je vzrůstem o něco nižší, v našich podmínkách dorůstá 20 – 40 m, korunu má úzce kuželovitou, větve směřují šikmo vzhůru, jehlice jsou kratší, modravě zelené, podpůrné šupiny šišek víceméně rovnovážně odstálé nebo nazpět zahnuté. V České republice se pěstuje mnohem méně. (Kubát *et al.* 2002).

V oblastech s častými požáry vytváří douglaska i čisté nesmíšené porosty. Díky silné borce v dolní části starších kmenů a na hlavních kořenech a také schopnosti vytvářet adventivní kořeny je schopna přežít požár na rozdíl od jiných stromů rostoucích na témže stanovišti.

Douglaska patří k nejvýznamnějším severoamerickým koniferám, produkující jedno z nejlepších užitkových dříví. Využívá se pro různé účely, zejména jako stavební a konstrukční materiál, vhodný na stavbu mostů, telegrafní tyče, železniční pražce, na okenní rámy, papír apod.

Douglasku objevila v roce 1792 výprava George Vancouvera, pojmenována je podle nálezce, anglického lékaře A. Menziese. Do Evropy byla introdukována v minulosti mnohokrát (Fady 2003), první semena byla dovezena v roce 1827. U nás byla douglaska poprvé vysazena v roce 1842 v tzv. Americké zahradě v Chudenicích (Pokorný 1963), další úspěšné výsadby proběhly na vrchu Aglaia poblíž Dobříše (Nožička 1957), kde douglasky rostou dodnes. V lesích ČŠ byla vysazována od konce 19. stol, v roce 1878 bylo její pěstování poprvé zkušeno na Děčínsku (Nožička 1957). Lesníci v té době rádi experimentovali s novými cizokrajnými druhy dřevin, zvláště pak s druhy v zahraničí hospodářsky významnými, jako je douglaska, *Picea sitkensis*, *Picea banksiana* nebo *Pinus strobus* (Tomandl 1971).

V lesích střední a západní Evropy je douglaska nejčastěji pěstovanou a nejlépe osvědčenou cizí jehličnatou dřevinou. V České republice roste na ploše asi 4 000 ha (0,2 % rozlohy našich lesů). Je také významnou parkovou dřevinou (www.botany.cz).

2. Metodika

Ke zpracování byly získány tři typy dat:

1. Terénní data - úroveň celého Národního parku

Údaje o zmlazování douglasky a lesním typu lokalit na 48 lokalitách NP, kde podle LHP (Lesní hospodářský plán) mají růst douglasky (v rámci porostní skupiny). V případě, že nebylo žádné zmlazení zaznamenáno, i fytoocenologický snímek 5 x 5 m. (Na lokalitách se zmlazením se nesnímkovalo.) **Tyto lokality budou dále nazývány „lokality LHP“.**

2. Terénní data - úroveň lokality

Data o zmlazování douglasek, vegetaci a prostředí na čtyřech lokalitách vybraných z výše zmíněných, Tyto lokality vykazovaly společné znaky: svah, dostatečné množství mateřských stromů i semenáčků douglasek.

Tyto lokality a snímky se budou dále nazývat „lokality S“ (podle „svah“).

3. Data pro teoretický model

Data o rychlosti padání semen v bezvětří (terminal velocity), rychlostech větru v území a výšce uvolňování semen.

2. 1. Lokality nalezené v Lesním hospodářském plánu (LHP)

Lokality LHP se nachází z většiny ve východní části NP, jejich velikost je různá, většinou kolem 1 ha. Pokud se mi na daném území podařilo najít douglasky, zaznamenala jsem, zda jsou již plodné (25 let a starší, počítáno podle počtu přeslenů větví a dle výskytu šišek) a zda se pod nimi nachází nějaké zmlazení. Mezi tyto lokality jsem zařadila i dalších 6 náhodně nalezených, na kterých se podle LHP nemají žádné porosty douglasek vyskytovat a přesto tam jsou a zmlazují.

Fytoocenologický snímek v případě nulového zmlazení obsahuje sklon svahu, orientaci a druhové složení vegetace.

2. 2. Podrobně mapované lokality (S)

2. 2. 1. Charakteristiky mapovaných lokalit

Lokality S (obr. 2.1) byly buď již v mapě pojmenovány, nebo jsem jim dala jméno podle místa, které se nachází v blízkosti. Jejich velikost byla určena rozmístěním plodných douglasek; fytocenologické snímky jsem zaznamenávala do 100 m od nejbližší plodné douglasky.

Dravčí skály

Nachází se na hranici s I. zónou NP Dravčí skály, 2 km JV od zrušené obce Zadní Doubice v nadmořské výšce cca 400 m n. m. Porost je lesnicky označován jako 811Db01, 811Db11, 807Bb01 a 807Bb10.

Tvoří jej částečně skalnaté údolí hluboké na některých místech až 50 m. Přítomno je kolem 60 plodných douglasek. Vysázeny byly zejména podél severní hrany a v severojižním pásu v dolní části údolí a jsou staré kolem 100 let (údaj z LHP). Semenáčky se vyskytují hojně. Na území jsou převážně kulturní smrčiny.

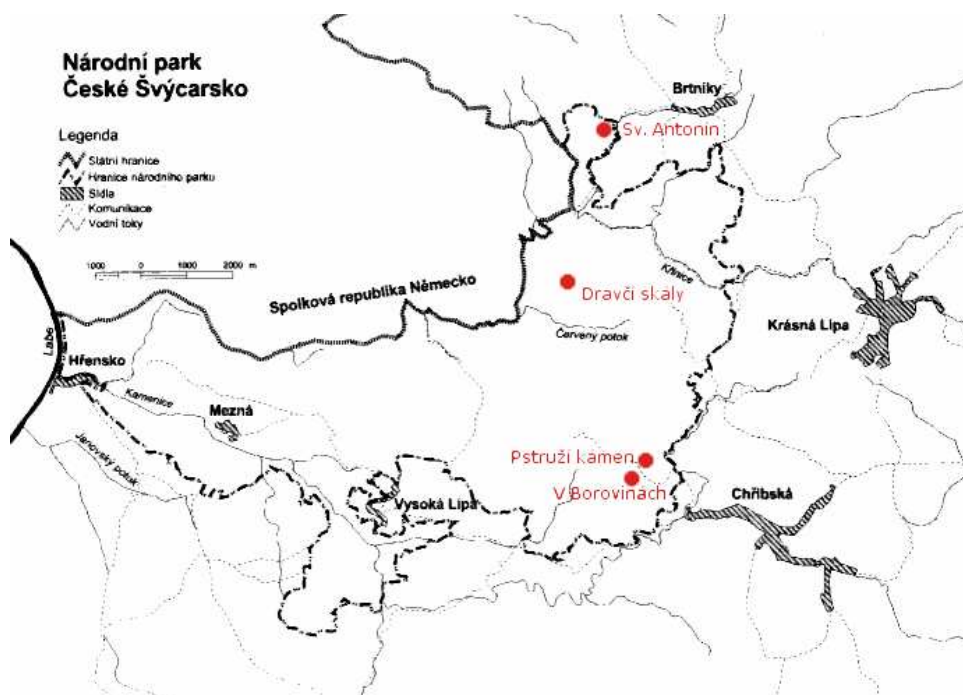
Svatý Antonín

Tato lokalita je ze všech nejmenší, nachází se u silnice z obce Brtníky směrem na Brtnický most. Začíná s hranicí NP pod pomníčkem sv. Antonína. Lesnické označení je 142Cb11, nadmořská výška cca 450 m n. m. Území tvoří asi 30 m vysoký svah nad potokem, je velmi nepřehledné a skalnaté. Přítomno je jen asi 40 stoletých douglasek roztroušených po celé lokalitě. Porostem je převážně kulturní smrčina.

Pstruží kámen

Toto území, lesnicky označováno jako 602Ab11, není typické údolí, ale 5 nižších svahů kolem silnice a křižovatky cest. Plodné douglasky (10 ks) rostly jen v řadě podél silnice, území má tedy tvar elipsy, přičemž okraje jsou právě 100 m od nejbližšího mateřského stromu. Ve většině případů se do tohoto intervalu vešly i vrcholky kopců.

Nachází se na poloviční cestě mezi Tokání a křižovatkou U Sloupu, také zvanou Saula. I zde je převážně kulturní smrčina.



Obr. 2.1. Podrobně mapované lokality S

V Borovinách

Největší lokalita, začíná zhruba 100 m západně proti proudu potoka vycházíme-li ze silnice kousek od lokality Pstruží kámen. Tvoří ji táhlé kolem 30 m hluboké údolí s menším množstvím skal než na jiných lokalitách. Lesnický má označení 605Bb02 a 605Bb11. Porost plodných douglasek i semenáčků je jen na jižním svahu, ale i tento severní svah byl osnímkován. Douglasek zde rostlo nejvíce ze všech lokalit, plodných bylo kolem 80. Převažují zde kulturní smrčiny.

2. 2. 2. Fytcenologické snímkování

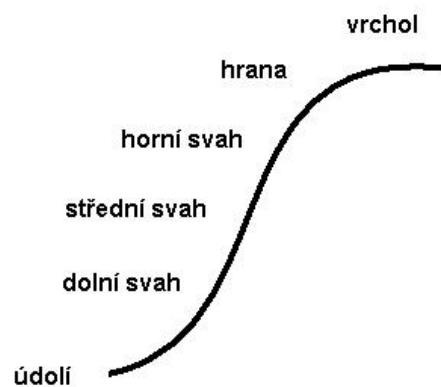
Fytcenologické snímky 5 x 5 m byly zaznamenávány podél údolí v rozmezí 50 m tak, aby byly vždy max. 100 m od plodné douglasky. Na gradientu svahu jsem vymezila 6 kategorií (obr 2.2): údolí, dolní svah, střední svah, horní svah, hrana a vrchol. Jejich pozice byla dána rozdílem mezi údolím a vrcholem; střední svah se nacházel v polovině mezi dolním a horním svahem, někdy byl tedy ve vyšší nadmořské výšce než např. vzdálenější horní svah na té samé lokalitě.

Ne vždy byl snímek kategorie „vrchol“ umístěn na pravém vrcholu, často se v terénu pravý vrchol vyskytoval mnohem výše (dále než 100 m od plodné douglasky), ale po mírném svahu. Vrcholový snímek byl tedy v tom případě umísťován několik metrů za hranou, tedy zlomem mezi prudším a mírnějším svahem. Předpokládám, že co se

týče oslunění, větrů a jiných charakteristik prostředí typických pro vrchol, mé vrcholové snímky se příliš od pravých vrcholů neliší.

Plochy byly vymezeny kombinací systematického a náhodného výběru (metoda stratifikovaného výběru). Snímky byly rozmístěny v řadě po 50 m od sebe po vrstevnici, vzdálenosti mezi snímky jsem měřila krokováním. Umístění snímku podle části svahu bylo dáno náhodně (losováním).

Ve výsledku jsem získala 67 snímků, přibližně stejný počet ve všech kategoriích výškového gradientu.



Obr. 2.2. Jednotlivé části svahu po výškovém gradientu

V rámci fyt. snímku jsem zaznamenávala:

- pokryvnost mechového (E0), bylinného (E1), keřového (E2) a stromového (E3) patra a druhové složení s pokryvností všech rostlin kromě mečů

Dále jsem na každé ploše fyt. snímku zaznamenávala:

- orientaci svahu - podle kategorií (S, SV, SZ, J, JV, JZ, V, Z)
- sklon - ve stupních
- počet náletových mladých douglasek a počet jejich přeslenů větví
- GPS souřadnice snímku
- stromovou pokryvnost 10 x 10 m kolem snímku, označ. jako E3+

Ke každé ploše jsem zjistila z LHP lesní typ. Je to jeden z parametrů prostředí, který vypovídá o kvalitě stanoviště z hlediska půdních charakteristik, druhového složení podrostu, výskytu v terénu a potenciálního druhového složení dřevin. Pro potřeby testování byly některé podobné lesní typy sloučeny do jedné kategorie.

2. 2. 3. Stáří semenáčků douglasek

Stáří semenáčků bylo určováno na základě počtu přeslenů větví. Ten bývá u douglasek o jeden nebo o dvě nižší, než je skutečný věk semenáčku (Doc. Ing. Martin Slávik, CSc. - ústní sdělení). V mých výpočtech se tedy stáří semenáčku = počet přeslenů + 1.

2. 2. 4. Poloha semenných stromů a fytoocenologických snímků (GPS souřadnice)

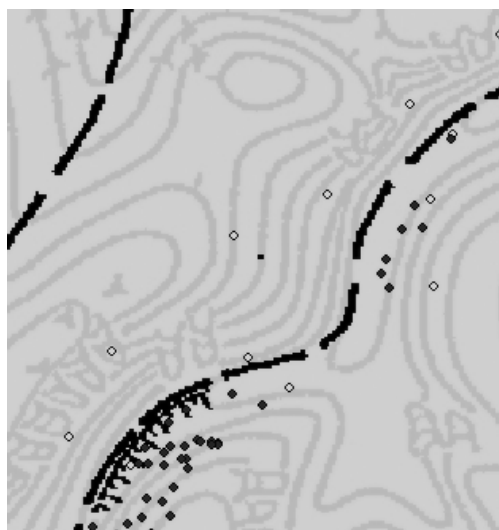
Poloha plodných douglasek byla změřena pomocí GPS. (obr. 2.3.) se submetrovou přesností s následnou úpravou pomocí techniky DGPS (PDOP mask = 6; GPS Trimble Pathfinder Pro XRS). Všechny pozice GPS byly upraveny pomocí dat ze dvou referenčních základních stanic ležících do 50 km od tohoto území (data byla poskytnuta Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním, www.cuzk.cz).

Poloha fytoocenologických snímků byla změřena běžnou GPS.

2. 2. 5. Vzdálenost semenáčků od semenných stromů

Údaje o pozici semenných douglasek a fytoocenologických snímků byly zaneseny do počítačového programu ArcGIS 9.2. Poloha fytoocenologických snímků byla upřesněna podle podkladové mapy.

Protože v terénu není možné určit, který strom dal vznik kterému semenáčku, použila jsem metodu „potenciální mateřské rostliny“ (viz kap. Úvod 1. 2. 1.), kdy je za mateřský strom považován vždy ten nejbližší. V programu ArcGIS 9.2. jsem tedy změřila horizontální vzdálenost každého fytoocenologického snímku, resp. semenáčků douglasky, od nejbližší plodné douglasky.



Obr. 2.3. Výřez z mapy z programu GIS, lokalita V Borovinách. Tmavě - mateřské douglasky, bíle - fytocenologické snímky.

2. 3. Teoretické šíření douglasky

K výpočtu teoretického šíření semen je třeba znát rychlost padání semen v bezvětří, označovanou jako terminal velocity, rychlost větru a výšku, z jaké jsou semena uvolňována.

Teoretické šíření semen bylo počítáno u tří modelových douglasek:

1. Osamocená
2. Přesahující svým vrcholem zápoj stromů pod sebou
3. Rostoucí na skále nad údolím (typická pro oblast ČŠ)

Použit byl vzorec pro výpočet průměrné distanční vzdálenosti:

$$D = w \cdot h / t_v$$

Písmeno **w** značí průměrnou rychlost větru, písmeno **h** výšku, z jaké jsou semena uvolňována, čili výšku stromu či vzdálenost, jakou semínko při pádu urazí, dokud je pod vlivem větru. Terminal velocity je značena t_v .

Rychlost větru byla zjištěna na základě údajů o rychlostech větru měřených 10 m nad zemí z meteorologické stanice Sněžník, která je zhruba 15 km jihozápadně od hranic ČŠ a 588 m n. m. Data jsou z r. 1997. Většina naměřených rychlostí spadá do

rozmezí 0 – 7,5 m/s. Pouze 2,4 % případů je v rozmezí 7,5 – 10 m/s a 1,02 % překračuje rychlost 10 m/s. Medián průměrné rychlosti větru byl pro oblast Labských pískovců vypočten na 3,25 m/s. (Data z let 1961 – 2000; Štekl *et al.* 2004 - online). Pro zajímavost byla ještě přidána hodnota 32,7 m/s, což je minimální rychlost orkánu (www.cs.wikipedia.org).

Hodnoty použité ve výpočtu:

- minimum: 0,1 m/s
- medián: 3,25 m/s
- maximum: 10 m/s
- orkán: 32,7 m/s

Výška uvolňování semen byla různá pro jednotlivé modelové stromy:

Pro osamocenou douglasku byly podle údajů z LHP zjištěny průměrné výšky plodných douglasek (starších 25 let) rostoucích na jednotlivých lokalitách v ČŠ (37 údajů).

Pro douglasku nad zápojem byla výška h spočtena jako rozdíl mezi průměrnou výškou plodné douglasky a průměrnou výškou smrků (*Picea abies*) nebo borovic (*Pinus sylvestris*) ze stejné lokality. Zda bude zvolen smrk nebo borovice bylo vybráno náhodně. Získala jsem tak 35 údajů. Ve třech případech je douglaska nižší nebo stejně vysoká jako sousední porost, předpokládá se tedy, že semínko spadne přímo pod strom a $h = 0$.

Douglaska na skále nad údolím, které je hluboké 30 m (průměrný výškový rozdíl mezi údolím a vrcholem svahu na mých lokalitách), má rozptýlené vzdálenosti, kterých semínka dosáhnou, srovnatelný s výsledky douglasky osamocené, protože výška h se pouze zvětší o 30 m. Zde tedy počítám s $h = 56,59$ m (30 m hloubka údolí a 26,59 m prům. výška douglasek z LHP).

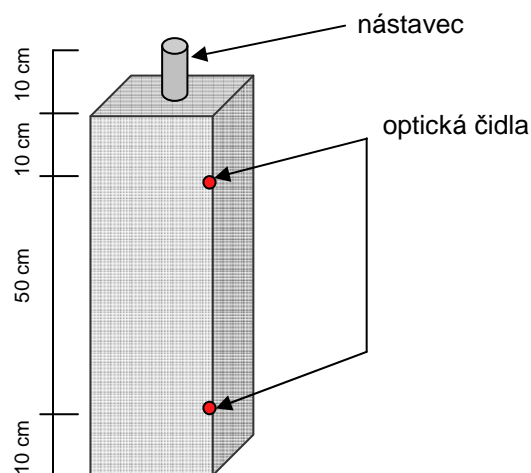
Terminal velocity byla měřena na přístroji zvaném padoměr, který je umístěný v Botanickém ústavu v Průhonicích (obr. 2.4.). Přístroj měří rychlost průletu semínka mezi dvěma čidly vzdálenými od sebe 50 cm a od vrcholu padoměru 20 cm. Než začne semínko po uvolnění rotovat, letí ještě zhruba 10 - 20 cm volným pádem. Abych zjistila, zda tento jev v reálných situacích nějak ovlivní výslednou distanční vzdálenost semínka, testovala jsem 10 semínek s odstraněným křídlem, padoměr však změřil rychlost semínka až po uražení vzdálenosti 70 cm. Průměrná rychlost

změřená na pádu 10 semínek je 2,32 m/s. Bylo tedy třeba přepočítat ji na vzdálenost (výšku) 20 cm (tj. délku dráhy kdy semeno letí volným pádem). K tomu byl použit vzorec vztahující se k pádu z klidu:

$$v = \sqrt{2gh}$$

V tomto případě v = rychlost průletu, g je tíhové zrychlení odpovídající zhruba $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, h je výška, kterou semínko urazí, tedy 0,2 m.

Podle tohoto vzorce by tedy rychlost semínka ve 20 cm měla být 2 m/s, v 70 cm pak 3,74 m/s. Podíl těchto dvou čísel $3,74 \div 2 = 1,87$. Tímto číslem jsem pak násobila změřenou rychlost: $2,32 \cdot 1,87 = 1,24$. Rychlost volného pádu semínka po uražení vzdálenosti 20 cm je tedy 1,24 m/s.



Obr. 2.4. Přístroj padoměr k měření rychlosti pádu semínek

Podle vzorce $D = w \cdot h / t_v$, kdy je tedy $t_v = 1,24$ jsem vypočetla, že za dobu, než semínko začne rotovat, je schopné díky vlivu větru urazit při minimálním větru vzdálenost 0,02 m, při rychlosti průměrné 0,52 m, při rychlosti nadprůměrné 1,61 m a při orkánu 5,27, (kap. výsledky, tab. 3.14.) což jsou vesměs údaje vzhledem k reálným vzdálenostem šíření zanedbatelné, ve výsledcích proto počítám jen s dráhou uraženou rotujícím semínkem.

Testovaná okřídlená semínka byla získána z douglasek v Brdech, ve Francii (obl. Charente Maritime) a v průhonickém parku. Semínka z Průhonic byla větší, avšak na rychlost padání to nemělo výrazný vliv.

Celkem jsem testovala 103 okřídlených semínek, každé bylo puštěno 5x.

Ze získaných údajů o rychlosti průletu v m/s (metry za sekundu) se dopočítal rozptyl, směrodatná odchylka a střední chyba průměru.

Pro jednotlivé modelové stromy byl náhodně vybrán příslušný počet hodnot naměřených na padoměru. (Nepoužila jsem všechny získané hodnoty t_v , protože jsem byla limitována počtem údajů o výšce uvolňování semen. Pro douglasku osamělou 37, pro douglasku nad zápojem 35). Pro douglasku nad údolím se počítalo s celkovou průměrnou $t_v = 0,8001$ m/s.

2. 4. Analýzy dat v programu Canoco a Statistica

Pro mnohorozměrnou analýzu dat a tvorbu ordinačních diagramů jsem používala program Canoco for Windows 4.5 (Ter Braak, Šmilauer 2002).

Pro analýzy vztahů mezi zmlazením douglasky a faktory prostředí byl použit program Statistica 6.0.

Pro tyto analýzy bylo třeba získané údaje z lokalit S částečně upravit:

Sklon údolí a vrcholu jsem určila jednotně jako 0°, sklon hrany, která má sklon r úzný i v různých částech snímku, jako 20°, což je přibližný sklon ze všech zaznamenaných sklonů snímků na lokalitách, čili poloviční sklon mezi vrcholem se sklonem 0° a svahem s průměrným sklonem 40°.

Dále jsem zavedla kategorizaci snímků podle zastínění na ty, co jsou spíše na slunci a na snímky spíše ve stínu (pouze dvě kategorie jsem zvolila pro snadnější interpretaci výsledků). Do kategorie „světlo“ se řadí svahy orientované na jih, jihovýchod, jihozápad a vrcholy a snímky, na které sice nesvítí slunce v případě jasného počasí celý den, avšak alespoň část dne, tedy západní a východní svahy. Kategorie „tma“ obsahuje severní, severovýchodní a severozápadní svahy a údolí. U údolí stejně jako u vrcholů nebyla orientace podle světových stran specifikována, ale vzhledem k charakteru snímkaných lokalit jsem zařadila údolí ke snímkům zastíněným.

V mnohorozměrných analýzách vystupuje coby faktor prostředí také pokryvnost stromového patra ve čtverci 10 x 10 m kolem fytoecologického snímku (E3+).v %. Není to sice přímo faktor prostředí, ale charakter prostředí nepřímo popisuje.

Jako kategoriální proměnné, kódované jako „dummy variables“ (Lepš, Šmilauer 2000) tedy v analýzách vystupují jednotlivé části svahu a kategorie světlo a tma. Pro analýzy s kovariátami také kategorie jednotlivých lokalit S.

Kvantitativními proměnnými jsou v analýzách pokryvnost E3+, vzdálenost od potenciální mateřské douglasky a sklon svahu.

Vysvětlovanými (závislými) proměnnými jsou v analýzách pokryvnosti druhů pater bylinného, keřového a stromového a celková pokryvnost druhově nerozlišeného mechového patra.

Výsledek považuji za průkazný, pokud dosažená hladina významnosti p nepřekračuje hladinu významnosti $\alpha = 5\% = 0,05$.

3. Výsledky

3. 1. Na kolika lokalitách douglaska zmlazuje?

Ze všech 48 navštívených lokalit LHP se na pěti vyskytovaly jen mladé, zatím neplodné douglasky, na pěti jsem nenalezla žádnou douglasku a pouze na třech lokalitách s plodnými douglaskami jsem nezaznamenala žádné zmlazení. Po odečtení lokalit bez douglasek a lokalit s mladými stromy se dá říci, že v mém případě douglasky zmlazují na 92 % lokalit.

3. 2. Vzdálenost šíření douglasky od mateřských stromů

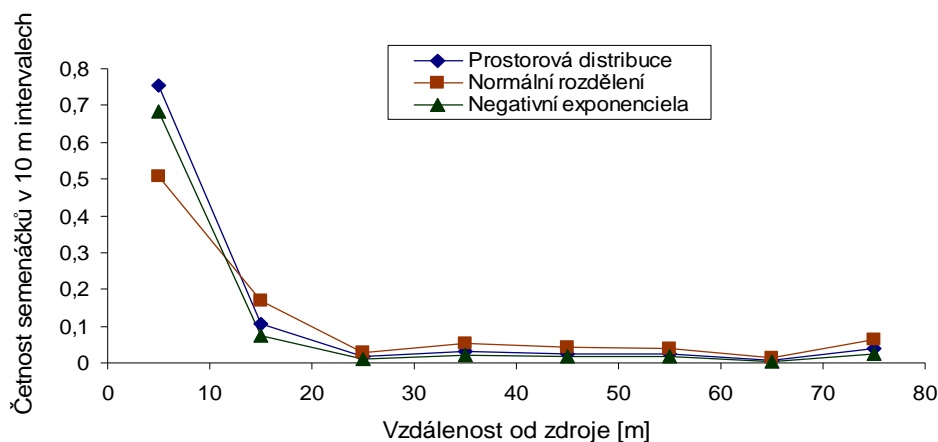
Nejdále nalezený semenáček je ve vzdálenosti 75,3 m od nejbližší plodné douglasky, nejvíce z nalezených semenáčků se nacházelo do 10 m od zdroje. Disperzní křivka se velmi dobře shoduje s křivkou negativní exponenciely.

Na základě údajů o vzdálenosti snímků se zmlazením z podrobně zkoumaných lokalit (S) a potenciálních mateřských douglasek byla vykreslena disperzní křivka. Vzdálenosti byly rozděleny do intervalů po 10 m. Průměrný počet semenáčků v jednom čtverci nacházející se v tomto intervalu jsem vydělila součtem všech těchto průměrů. Tato hodnota je v grafu označována jako „četnost semenáčků“. Vzniklou křivku jsem porovnála s křivkou znázorňující normální (Gaussovo) rozdělení mých dat a s křivkou negativní exponenciely (obr. 3.1.) podle vzorce: $y = (a^{-x}) + b$, přičemž za a jsem dosadila hodnotu 0,5 a za b hodnotu -1, x je proměnná - četnost semenáčků. Výsledný vzorec tedy vypadá následovně: $y = (0,5^{-x}) - 1$

Z disperzní křivky vyplývá, že nejvíce z nalezených semenáčků se nachází do 10 m od zdroje, do 20 m je to 88 % všech semenáčků. V celkových hodnotách: Z 67 snímků zmlazuje douglaska ve 26. Do 10 m od zdroje se nachází 9 snímků. Celkově jsem našla 168 semenáčků, do 10 m od zdroje jich bylo 130.

Další výsledky vychází z tohoto rozdělení. Blízko zdroje diaspor není pravděpodobnost uchycení semenáčku ovlivněna vzdáleností od zdroje diaspor (tj. dostupností diaspor) takovou měrou, jako je tomu ve vzdálenostech větších. Tam už o uchycení semenáčku nerozhodují jen faktory prostředí, ale také vzdálenost plochy od mateřské douglasky. Většinou jsem proto udělala dva grafy - stav semenáčků do 10 m a nad 10 m od mateřského stromu, které by mohly tyto rozdíly podchytit.

Problém je však v nerovnoměrném rozložení dat v těchto dvou skupinách. Blízko zdroje je mnoho semenáčků a na málo snímků.

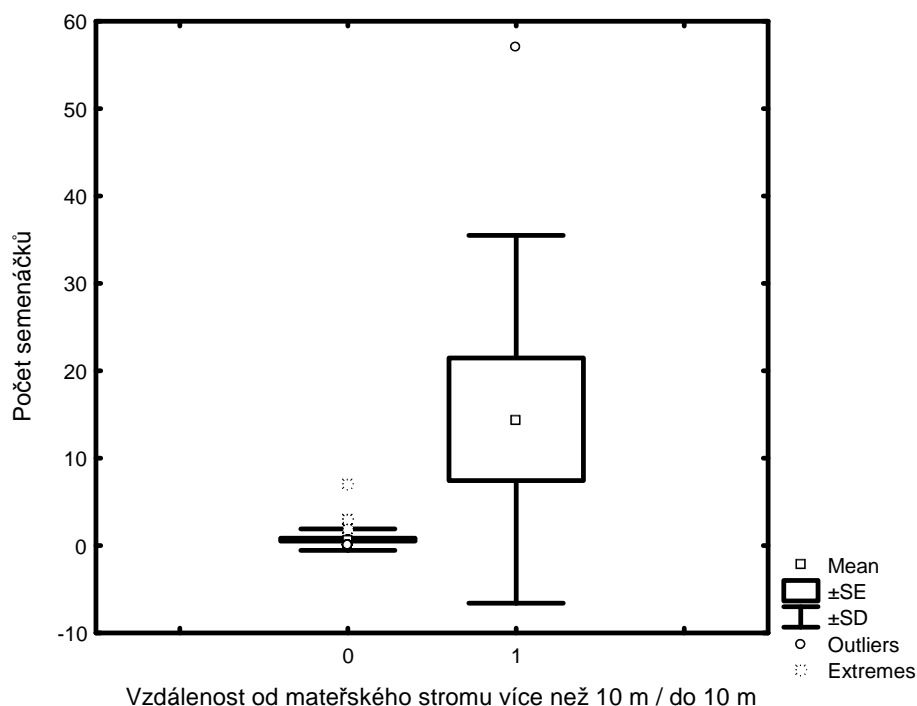


Obr.3.1. Disperzní křivka prostorové distribuce a normálního rozdělení semenáčků z potenciální mateřské douglasky porovnaná s křivkou negativní exponenciály.

Vztah mezi dvěma vzdálenostními skupinami semenáčků od zdroje semen jsem testovala v programu Statistica metodou neparametrické obdoby jednocestné analýzy variance (ANOVy) nazývanou Kruskal-Wallisův test. Musela jsem použít neparametrický test, protože ani zlogaritmováním svých dat se mi nepovedlo dosáhnout pro ANOVu požadované homogenity variance. Výsledek testu potvrzuje průkazný rozdíl mezi počtem semenáčků dále a blíže ke zdroji (tab. 3.1.; obr. 3.2.)

Tab. 3.1. Výsledky Kruskal-Wallisova testu závislosti semenáčků na vzdálenosti od mateřské douglasky. H - hodnota testovacího kritéria; p - dosažená hladina významnosti; df - počet stupňů volnosti.

Závislá proměnná	Počet semenáčků ve snímku		
Kategoriální proměnná	Vzdálenost snímku od zdroje semen do 10 m a nad 10 m		
Výsledky	H	p	df
	10,28	0,0013	1



Obr. 3.2. Graf závislosti počtu semenáčků na vzdálenosti od mateřského stromu

3. 3. Faktory prostředí ovlivňující zmlazování douglasky

3. 3. 1. Zmlazení v závislosti na zastínění svahu

Počty semenáčků dále a blíže od mateřské douglasky

Zastínění (určené podle orientace ke světovým stranám) nemá na semenáčky dále od zdroje semen průkazný vliv, závislost semenáčků blíže ke zdroji je na hranici průkaznosti.

Počty semenáčků ve snímcích na světle a ve tmě a v závislosti na vzdálenosti od mateřské douglasky je vypsáno v tab. 3.2. Snímků na světlejších stanovištích bylo uděláno o něco více než ve stínu, ale počet semenáčků na světle je nepoměrně větší. Množství semenáčků do 10 m od zdroje je nejvíce ovlivněn třemi snímky extrémně bohatými na semenáčky. Všechny tři se nacházely na západním svahu.

Zda je počet semenáčků ve snímku závislý na oslunění (resp. zastínění) stanoviště bylo v programu Statistica otestováno metodou jednocestné analýzy variance (ANOVA). Data byla kvůli homogenitě variance nejprve zvětšena o 1 (z důvodů nulových hodnot) a zlogaritmována (tab. 3.3.).

Počítáno bylo zvlášť pro semenáčky do 10 m od zdroje (obr. 3.3.) a dále než 10 m od zdroje diaspor (obr. 3.4.).

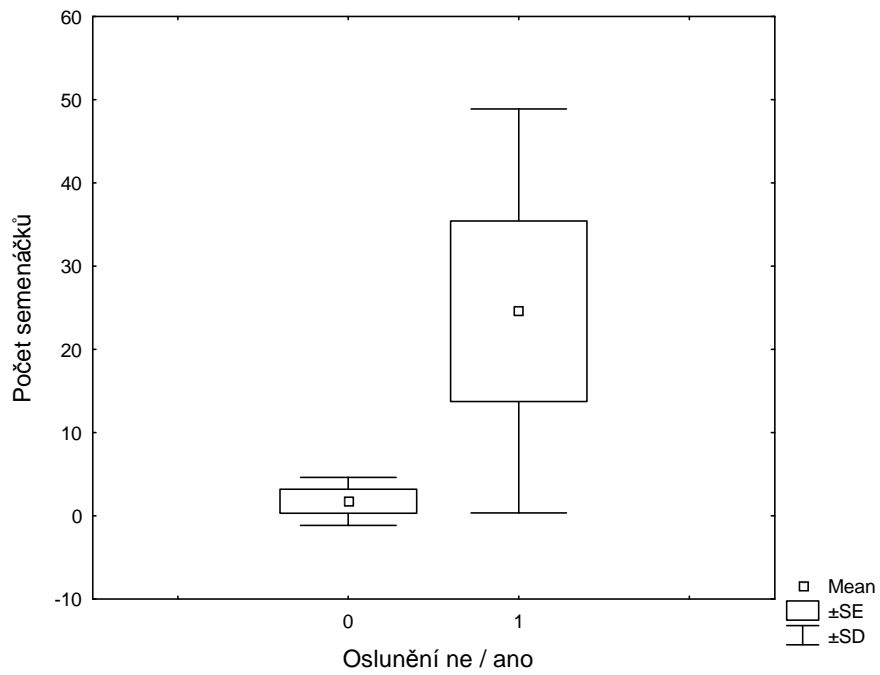
Podle analýzy je vliv oslunění na semenáčky blíž ke zdroji na hranici průkaznosti, na počet semenáčků dále od zdroje nemá oslunění průkazný vliv.

Tab. 3.2. Počet snímků a semenáčků na různě orientovaných stanovištích ve skupinách se zmlazením a bez zmlazení blíž a dále od zdroje semen.

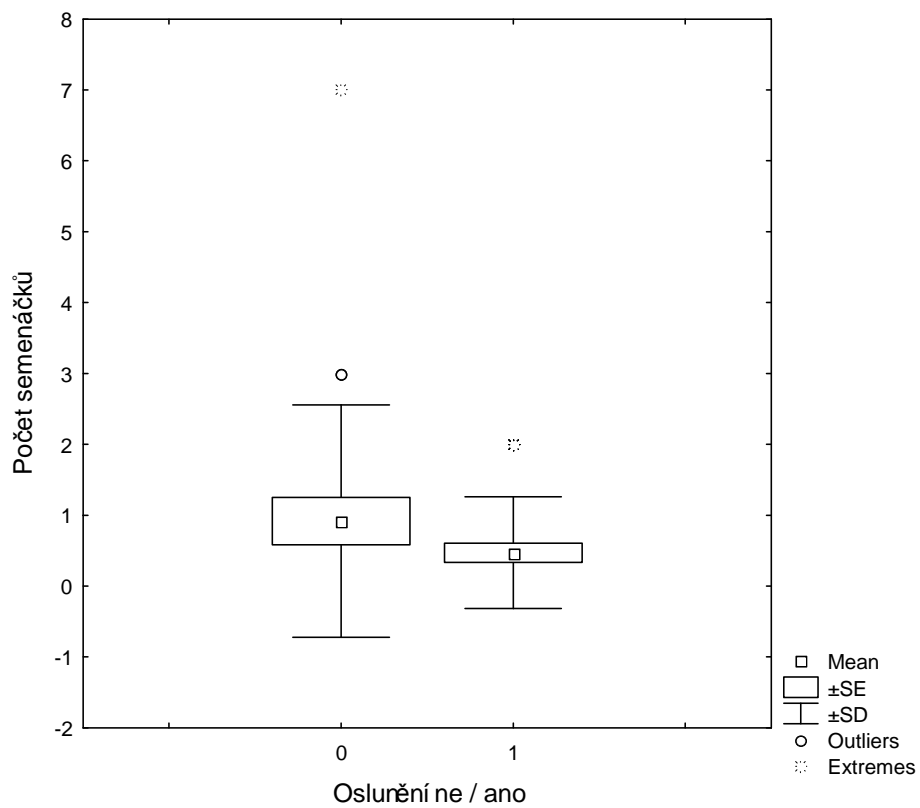
zastínění	orientace	zmlazuje do 10 m		zmlazuje nad 10 m		nezmlazuje - snímky	
		snímky	semenáčky	Snímky	semenáčky	do 10 m	nad 10 m
tma	S	1	6	3	7	0	2
	SZ	0	0	0	0	1	4
	SV	0	0	4	6	0	2
	údolí	1	1	2	9	1	7
světlo	Z	3	119	1	2	0	1
	V	0	0	2	4	0	3
	vrchol	0	0	1	1	0	9
	JV	2	4	4	6	0	5
	JZ	0	0	0	0	0	5
	J	0	0	2	3	0	1

Tab. 3.3. Výsledky analýzy variance (ANOVy) závislosti počtu snímků na osluněnosti stanoviště. F - hodnota testovacího kritéria; p - dosažená hladina významnosti; df - počet stupňů volnosti, df Error - počet stupňů volnosti chyby.

Závislá proměnná	Počet semenáčků ve snímku			
Kategoriální proměnná	Oslunění stanoviště (ano/ne)			
Výsledky	F	p	df	df Error
Semenáčky do 10 m	5,57	0,050	1	7
Semenáčky nad 10 m	1,158	0,287	1	56



Obr. 3.3. Graf závislosti počtu semenáčků na oslunění stanoviště do 10 m od zdroje semen



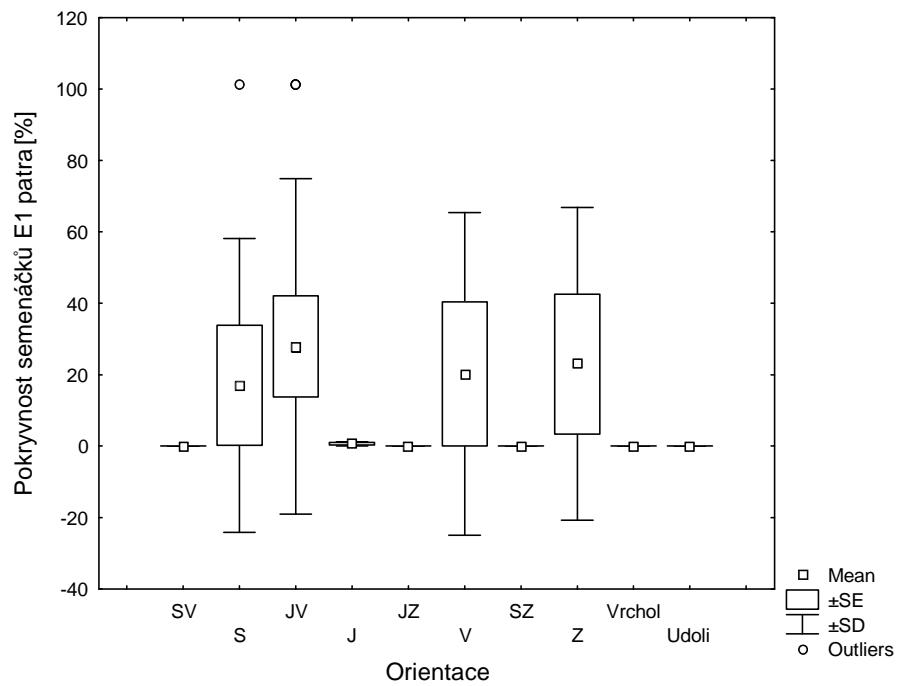
Obr. 3.4. Graf závislosti počtu semenáčků na oslunění stanoviště ve vzdálenosti větší než 10 m od zdroje semen

Pokryvnost semenáčků bylinného a keřového patra

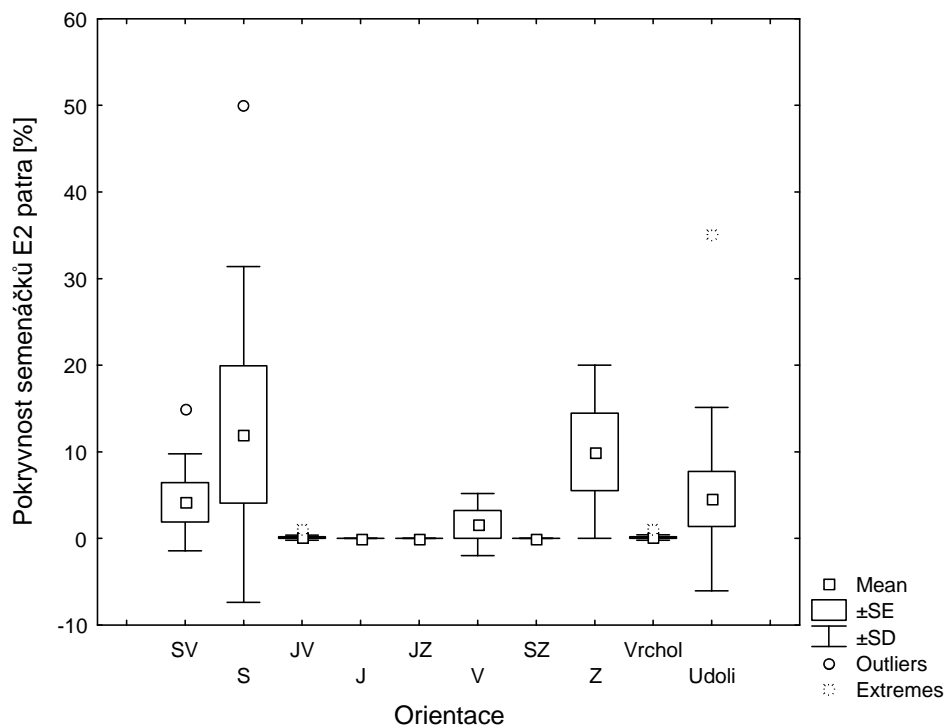
Jaký je vliv zastínění na semenáčky mladší a starší bylo také otestováno metodou jednocestné ANOVy. Tentokrát jsem nerozlišovala pouze na kategorie světlo a tma, ale na jednotlivé orientace podle světových stran. U bylinného patra nebylo třeba data kvůli homogenitě variance logaritmovat, u patra keřového ale musel být použit Kruskal-Wallisův test, coby neparametrická obdoba. Kategoriální proměnná je zde orientace svahu podle světových stran a kategorie vrcholu a údolí (u těch nebyla orientace zaznamenána). Pro semenáčky E1 patra vyšla analýza neprůkazně (tab. 3.4.) i když největší pokryvnost vykazuje západní svah (obr. 3.5.). Semenáčky E2 vykazují průkaznou závislost na orientaci svahu, vyskytují spíše na stinných stanovištích, největší pokryvnost mají na severním svahu, dále v údolí a na západních svazích (obr. 3.6.). Závislost semenáčků E1 a E2 patra na zastínění podle kategorií světlo/tma je dále analyzováno v kap. 3. 3. 4.

Tab. 3.4. Výsledky jednocestné analýzy variance a Kruskal-Wallisova testu závislosti pokryvnosti semenáčků na osluněnosti stanoviště. F, H - hodnota testovacího kritéria; p - dosažená hladina významnosti; df - počet stupňů volnosti, df Error - počet stupňů volnosti chyby.

Závislá proměnná	Pokryvnost semenáčků (v %) ve snímku zvlášť pro E1 a E2 patro			
Kategoriální proměnná	Orientace svahu, údolí a vrcholy			
Výsledky - semenáčky E1	F	p	df	df Error
	1,246	0,286	9	57
Výsledky - semenáčky E2	H	p	Df	
	19,480	0,214	9	



Obr. 3.5. Závislost pokryvnosti semenáčků E1 patra na orientaci stanoviště



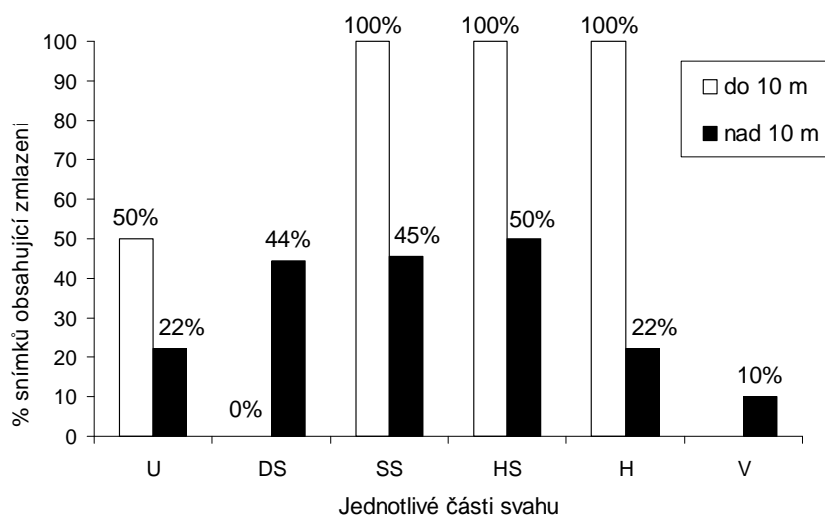
Obr. 3.6. Závislost pokryvnosti semenáčků E2 patra na orientaci stanoviště

3. 3. 2. Zmlazení v závislosti na pozici na svahu

Počty semenáčků dále a blíže od mateřské douglasky

Pro semenáčky blíže k mateřské douglasce je průkazně nejvhodnějším stanovištěm pozice na hraně svahu. Pro vzdálenější semenáčky vyšly rozdíly mezi kategoriemi svahového gradientu neprůkazně.

Procento snímků, které v jednotlivých částech svahu obsahují nějaké semenáčky znázorňuje obr. 3.7. Do 10 m od mateřské douglasky se nenacházel ani jeden snímek umístěný na vrcholu, v grafu proto není vrchol vykreslen, ve stejné vzdálenosti na dolním svahu se nacházely snímky pouze bez zmlazení.

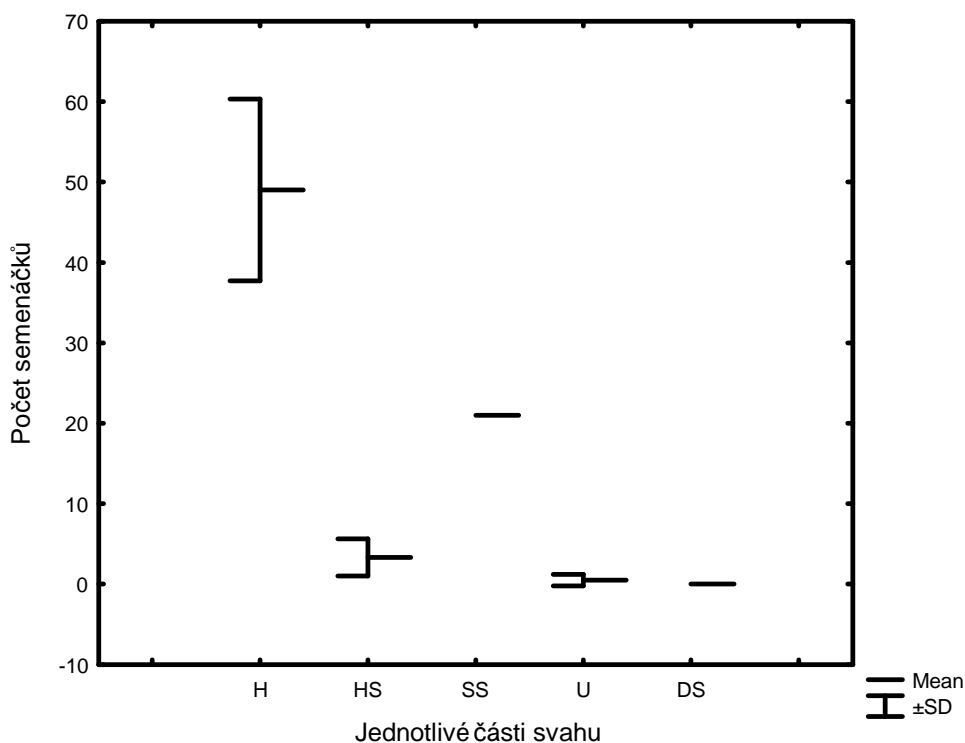


Obr. 3.7. Procento snímků se zmlazením do 10 m a nad 10 m od mateřské douglasky. V – vrchol; H – hrana; HS – horní svah; SS – střední svah; DS – dolní svah; U – údolí.

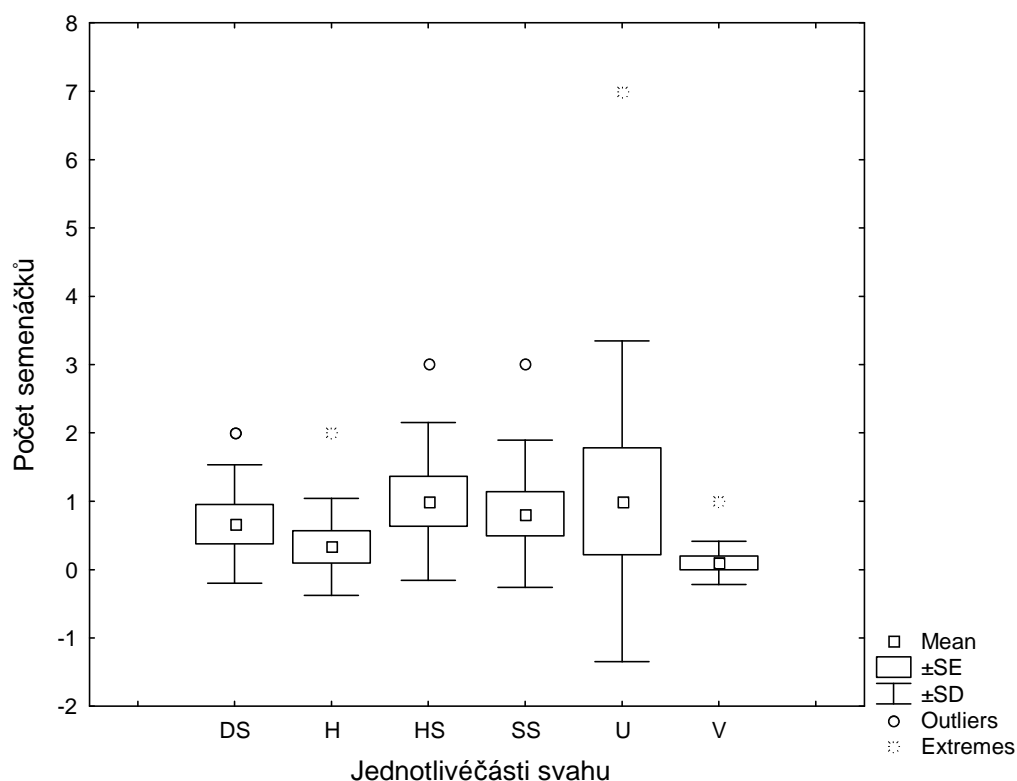
Metodou jednocestné ANOVy bylo otestováno, zda mají na množství semenáčků vliv jednotlivé pozice na svahu. Pro semenáčky do 10 m od zdroje je rozdíl průkazný, průkazné rozdíly jsou mezi pozicemi na hraně a horním svahu, hraně a dolním svahu a pozicemi na hraně a v údolí, což bylo zjištěno použitím Post Hoc testu typu Unequal N HSD (obr. 3.8.). Pro semenáčky dále od zdroje jsem musela opět použít neparametrickou obdobu jednocestné ANOVy, Kruskal-Wallisův test, protože ani zlogaritmováním mých hodnot se nepovedlo dosáhnout homogenity variance. Výsledek vyšel pro všechny kategorie neprůkazně (tab. 3.5.; obr. 3.9.)

Tab. 3.5. Výsledky analýzy variance (ANOVA) a z ní vycházejícího Post Hoc testu závislosti počtu semenáčků do 10 m od zdroje na jednotlivých částech svahu a výsledky Kruskal-Wallisova testu závislosti semenáčků dále od zdroje na jednotlivých částech svahu. F; H - hodnoty testovacího kritéria; p - dosažená hladina významnosti; df - počet stupňů volnosti, df Error - počet stupňů volnosti chyby.

Závislá proměnná	Počet semenáčků ve snímku			
Kategoriální proměnná	Jednotlivé části svahu			
Výsledky pro semenáčky do 10 m	F	p	Df	df Error
	24,42	0,0045	4	4
Průkazné rozdíly (Post Hoc test)	hrana / horní svah		0,007	
	hrana / dolní svah		0,019	
	hrana / údolí		0,006	
Výsledky pro semenáčky nad 10 m	H	p	Df	
	6,048	0,30	4	



Obr. 3.8. Graf závislosti počtu semenáčků blíže ke zdroji diaspor na jednotlivých částech svahu. (Použit je speciální typ Box plot grafu nazývaný „high - low close“, aby byly znázorněny i části svahu obsahující jen jeden snímek se zmlazením). H – hrana; HS – horní svah; SS – střední svah; DS – dolní svah; U – údolí.



Obr. 3.9. Graf závislosti počtu semenáčků dále od zdroje diaspor na jednotlivých částech svahu. V – vrchol; H – hrana; HS – horní svah; SS – střední svah; DS – dolní svah; U – údolí.

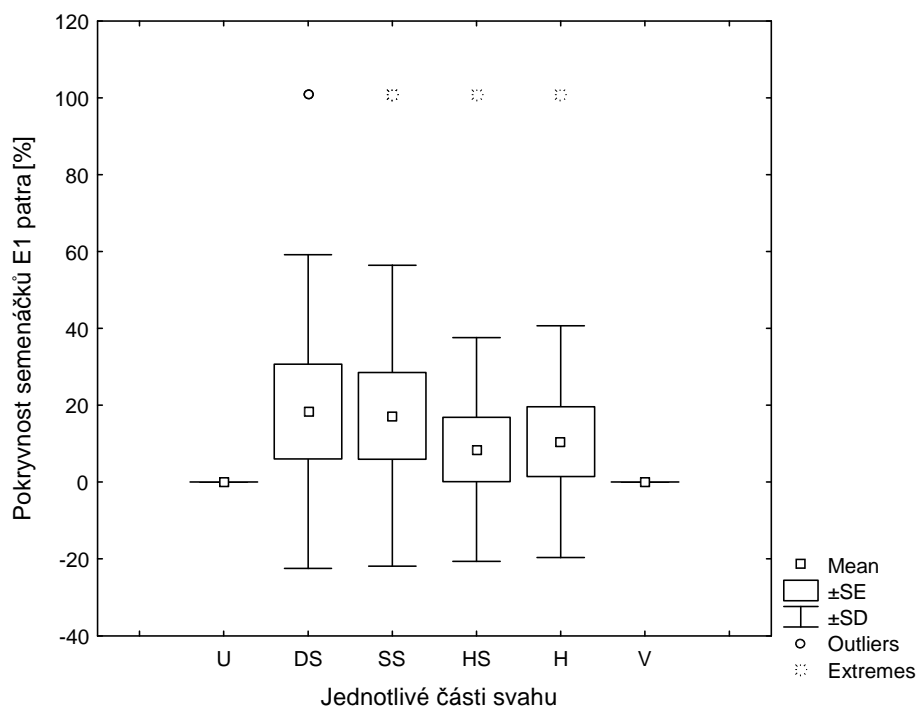
Z grafů vyplývá, že blízko zdroje, kde je velký přísun semen, se semenáčky uchycují hlavně ve vyšších partiích svahu, každý snímek ve středním a horním svahu a na hraně hostí alespoň jeden semenáček. Na místech dále od zdroje diaspor jsou rozdíly v preferencích semenáčků neprůkazné, ale je zde tendence uchycovat se nejvíce na horním svahu a v údolí a nejméně na vrcholu (zaznamenán zde byl pouze jeden).

Pokryvnost semenáčků bylinného a keřového patra

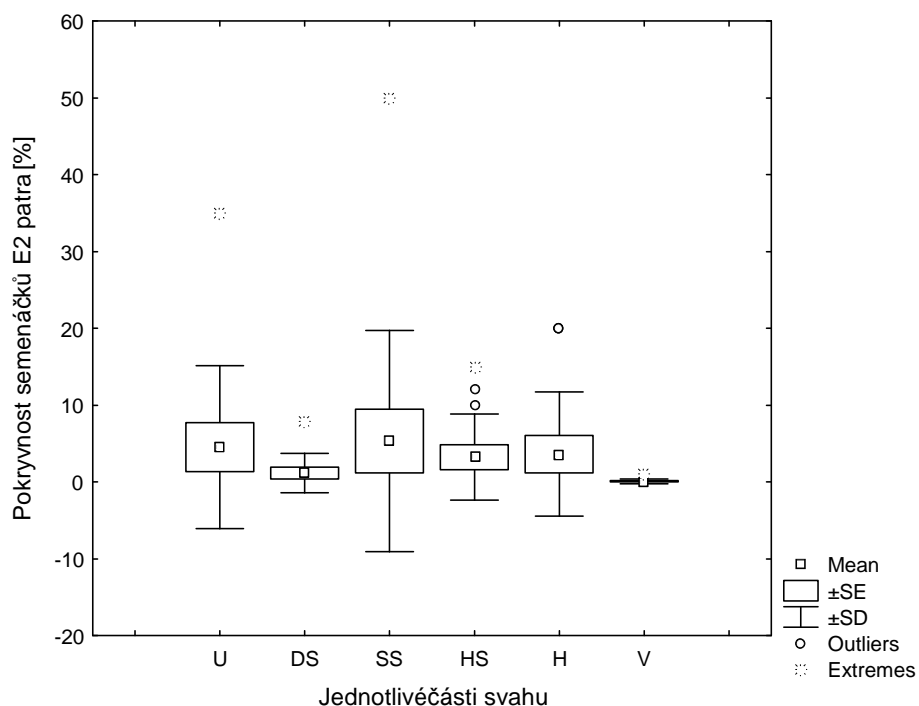
Pokryvnost semenáčků bylinného ani keřového patra se na jednotlivých pozicích na svahu průkazně neliší. Pro semenáčky E1 patra byla preference otestována metodou jednocestné ANOVy, semenáčky patra E2 byly kvůli nehomogenitě variance, která se nezlepšila ani zlogaritmováním, otestována neparametrickou obdobou ANOVy - Kruskal-Wallisovým testem. Obě analýzy vyšly neprůkazně (tab. 3.6.; obr. 3.10. a 3.11.)

Tab. 3.6. Výsledky jednocestné analýzy variance a Kruskal-Wallisova testu závislosti pokryvnosti semenáčků na pozici na svahu. F, H - hodnota testovacího kritéria; p - dosažená hladina významnosti; df - počet stupňů volnosti, df Error - počet stupňů volnosti chyby.

Závislá proměnná	Pokryvnost semenáčků (v %) ve snímku zvlášť pro E1 a E2 patro			
Kategoriální proměnná	Jednotlivé části svahu			
Výsledky - semenáčky E1	F	p	df	df Error
	0,82	0,54	5	61
Výsledky - semenáčky E2	H	p	Df	
	2,15	0,82	5	



Obr. 3.10. Graf závislosti pokryvnosti semenáčků E1 patra na jednotlivých částech svahu. V – vrchol; H – hrana; HS – horní svah; SS – střední svah; DS – dolní svah; U – údolí.

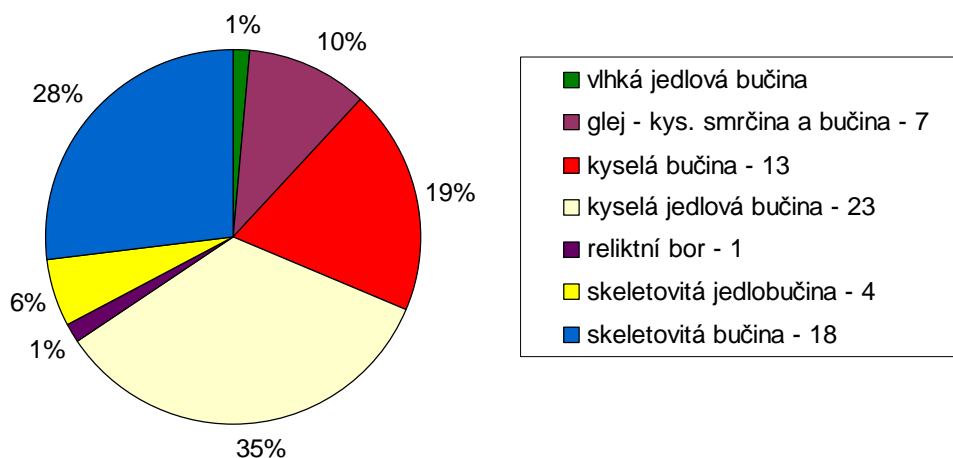


Obr. 3.11. Graf závislosti pokryvnosti semenáčků E2 patra na jednotlivých částech svahu. V – vrchol; H – hrana; HS – horní svah; SS – střední svah; DS – dolní svah; U – údolí.

3. 3. 3. Zmlazení v závislosti na lesním typu

Lokality S

Fytocenologické snímky lokalit S se vyskytují v různých lesních typech, jejich rozložení znázorňuje obr. 3.12. Nejvíce snímků pochází z kyselé jedlové bučiny, dále ze skeletovité bučiny, což jsou porosty extrémních podmínek, hojně zastoupená je též kyselá bučina.

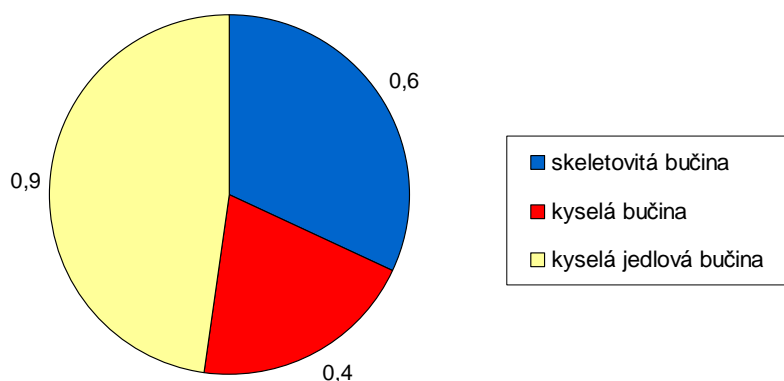


Obr. 3.12. Rozložení snímkaných ploch podle lesních typů; u vysvětlivek je uveden počet snímků pořízených v určitém lesním typu; u grafu je toto číslo převedeno na procenta.

Blízko zdroje (do 10 m) se nachází průměrně 21 semenáčků na snímek v kyselé jedlové bučině, zbytek (2 sem./snímek) ve skeletovité bučině.

Dále od zdroje je již situace i z důvodu většího množství snímků pestřejší (obr. 3.13.). V grafu není zahrnut lesní typ vlhké jedlové bučiny, ve kterém byl udělán pouze jeden snímek s jediným semenáčkem, nelze jej tedy srovnávat z hlediska preferencí semenáčků s ostatními snímkanými lesními typy.

Výsledky jsem dále počítala v programu Statistica neparametrickou obdobou jednocestné ANOVy, nazývanou Kruskal-Wallisův test, z důvodu nehomogenity variancí, která se nezmírnila ani zlogaritmováním dat. Rozdíly v preferencích semenáčků mezi jednotlivými lokalitami vyšly neprůkazně (tab. 3.7.)



Obr. 3.13. Průměrný počet semenáčků v jednotlivých lesních typech lokalit S ve vzdálenosti více než 10 m od mateřské douglasky.

Tab. 3.7. Kruskal-Wallisův test závislosti počtu semenáčků dále od zdroje semen na lesním typu. H - hodnota testovacího kritéria; p - dosažená hladina významnosti; df - počet stupňů volnosti.

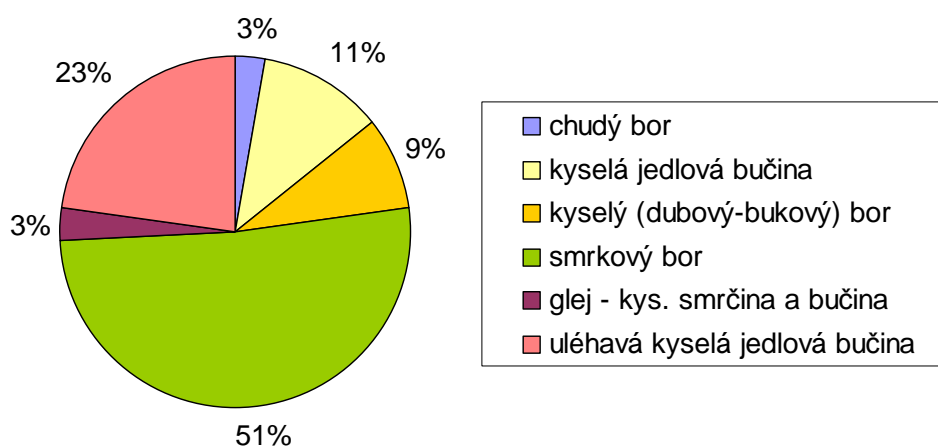
Závislá proměnná	Počet semenáčků ve snímku		
Kategoriální proměnná	Lesní typy nad 10 m od zdroje semen		
Výsledky	H	p	df
	12,032	0,061	6

Lokality nalezené v Lesním hospodářském plánu (LHP)

Lesní typy z lokalit LHP jsou až na kyselé jedlové bučiny a porosty oglejených půd zcela odlišné. Z 51 % je to smrkový bor, 23 % zaujímá uléhavá kyselá jedlová bučina, 11% tvoří kyselé jedlové bučiny (obr. 3.14.).

Celkový výsledek

Celkově se nedá říci, v jakém lesním typu douglasky nejvíce zmlazují, na lokalitách S je to kyselá jedlová bučina, lokality LHP se zmlazením jsou zase nejčastěji ve smrkové boru. Avšak ze tří porostů lokalit LHP, ve kterých nebylo zaznamenáno žádné zmlazení douglasek, se dva nachází právě v lesním typu kyselá jedlová bučina.



Obr. 3.14. Zmlazení douglasek v různých lesních typech z lokalit LHP

3. 3. 4. Zmlazení douglasky v závislosti na všech faktorech prostředí

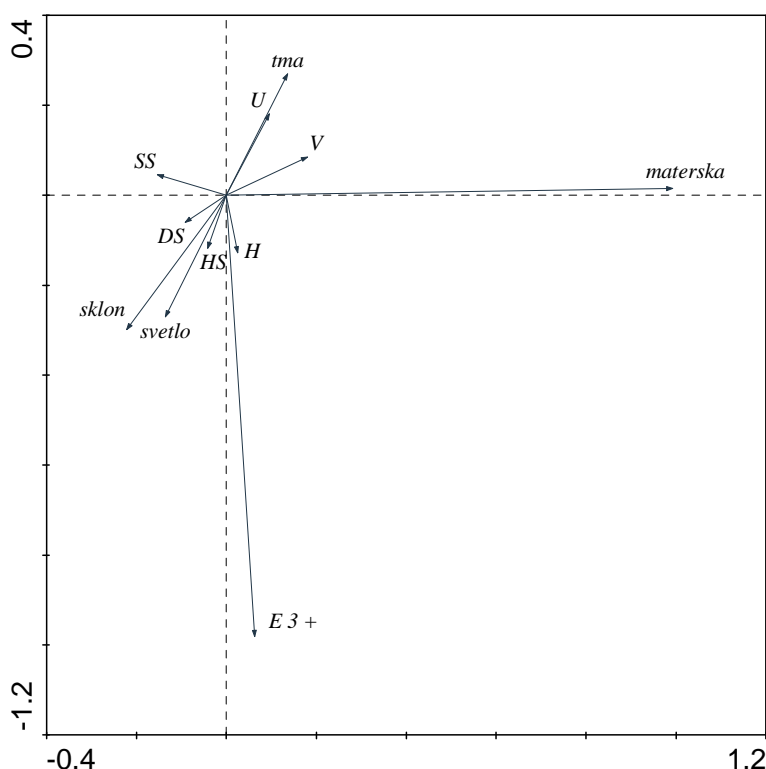
Tato závislost byla testována metodou mnohorozměrné analýzy v programu Canoco. Abych zjistila délku gradientu a na základě tohoto údaje se mohla rozhodnout, zda použít lineární či unimodální metodu, otestovala jsem nejprve druhová data lokalit S a pokryvnost mechového patra mnohorozměrnou nepřímou analýzou DCA (*detrended correspondence analysis*). Délka gradientu je 3,495, v tomto případě je podle Lepš, Šmilauer 2000 doporučeno používat v následujících analýzách lineární metody.

Vztahy mezi faktory prostředí

Pro zjištění vztahů mezi jednotlivými měřenými faktory prostředí jsem použila lineární metodu analýzy hlavních komponent PCA (*principal components analysis*), (tab. 3.8) označovanou také jako nepřímá.

Tab. 3.8. Analýza PCA vztahů mezi jednotlivými faktory prostředí

Závislé proměnné	faktory prostředí			
Standardizace	standardizováno přes proměnné - „druhy“			
Kumulativní procento vysvětlené variability	1. osa	2. osa	3. osa	4. osa
	43,3	78,6	99,9	100,0



Obr. 3.15. Vztahy mezi jednotlivými faktory prostředí. „E3+“ - pokryvnost stromového patra ve čtverci 10x10 m kolem fytoc. snímku; „svetlo“ - plochy vystavené spíše světlu; „tma“ plochy více ve stínu; „materska“ – vzdálenost snímku od potenciální mateřské douglasky; „sklon“ – sklon svahu ve stupních; V – vrchol; H – hrana; HS – horní svah; SS – střední svah; DS – dolní svah; U – údolí.

Z výsledků (obr. 3.15.) vyplývá, že kromě poměrně samozřejmých vztahů jako opačná korelace u ploch ve tmě a na světle vykazuje silnou korelaci faktor tmy s údolím. Sklon svahu je s nimi opačně korelován. Korelace mezi sklonem a světlejšími lokalitami je docela vysoká, což by být nemělo, pokud je dobře určeno rozdělení svahů na světlejší a stinnější lokality. Z obrázku se též může zdát silná korelace mezi vrcholovými snímky a tmou, přestože všechny vrcholové snímky patří do kategorie světlo. Podle tab. 3.9. s korelačními koeficienty (získané v následných analýzách RDA) je však tato korelace pouze zdánlivá a daná omezenou možností

zobrazení v mnohorozměrném prostoru. Ve skutečnosti je mezi těmito faktory korelace silně negativní (korelační koeficient -0,38).

Tab. 3.9. Korelační koeficienty mezi jednotlivými faktory prostředí. „Světlo“ – snímky na osluněnějších stanovištích; „tma“ – snímky na stinnějších stanovištích; DS – dolní svah; SS – střední svah; HS – horní svah; H – hrana; V – vrchol; U – údolí; „mateř.“ - vzdálenost od mateřské douglasky; „E3+“ - stromová pokryvnost 10 x 10 m.

světlo	1,00											
tma	-1,00	1,00										
sklon	0,15	-0,15	1,00									
DS	0,02	-0,02	0,36	1,00								
SS	0,00	0,00	0,42	-0,21	1,00							
HS	0,09	-0,09	0,29	-0,20	-0,22	1,00						
H	0,07	-0,07	-0,07	-0,20	-0,21	-0,20	1,00					
V	0,36	-0,36	-0,51	-0,19	-0,20	-0,19	-0,19	1,00				
U	-0,53	0,53	-0,53	-0,20	-0,21	-0,21	-0,20	-0,19	1,00			
mateř.	-0,10	0,10	-0,13	-0,06	-0,10	0,03	-0,03	0,13	0,04	1,00		
E 3 +	0,19	-0,19	0,05	-0,06	-0,15	0,11	0,18	-0,01	-0,08	0,02	1,00	
	světlo	tma	sklon	DS	SS	HS	H	V	U	mateř.	E 3 +	

Faktory prostředí nejlépe vysvětlující vegetační složení

Vegetační složení je nejlépe vysvětlováno faktorem pokryvnosti stromového patra E3+.

Jaké je pořadí faktorů podle vlivu na vegetační složení bylo zjištěno metodou forward selection. Nejvíce, 15,9 % variability, vysvětluje pokryvnost stromového patra E3+ (hodnota test. kritéria $F = 12,31$, $p = 0,002$). Dále následuje faktor světla a tmy, poté vzdálenost od mateřské douglasky. Srovnatelnou variabilitu vysvětlují jednotlivé lokality a pozice na svahu. Nejméně variability je vysvětlováno sklonem svahu.

Závislost celkového druhového složení na faktorech prostředí

Faktory prostředí průkazně ovlivňují celkové vegetační složení lokalit.

Použila jsem lineární redundanční analýzu (RDA) všech snímků lokalit S spolu s mechovou pokryvností (se zaměřením na vzdálenosti mezi druhy a se standardizací přes druhy) a s faktory prostředí (pokryvnost stromového patra ve čtverci 10x10 m kolem fytoc. snímku, oslunění, sklon svahu, vzdálenost snímku od potenciální mateřské douglasky a jednotlivé části svahu – vrchol, hrana, horní, střední, dolní svah a údolí).

Bylo třeba odstranit vliv, který můžou mít na celkovou variabilitu jednotlivé lokality. Tento faktor byl použit jako kovariáta (tab. 3.10.). Analýza vyšla průkazně. (obr. 3.16.).

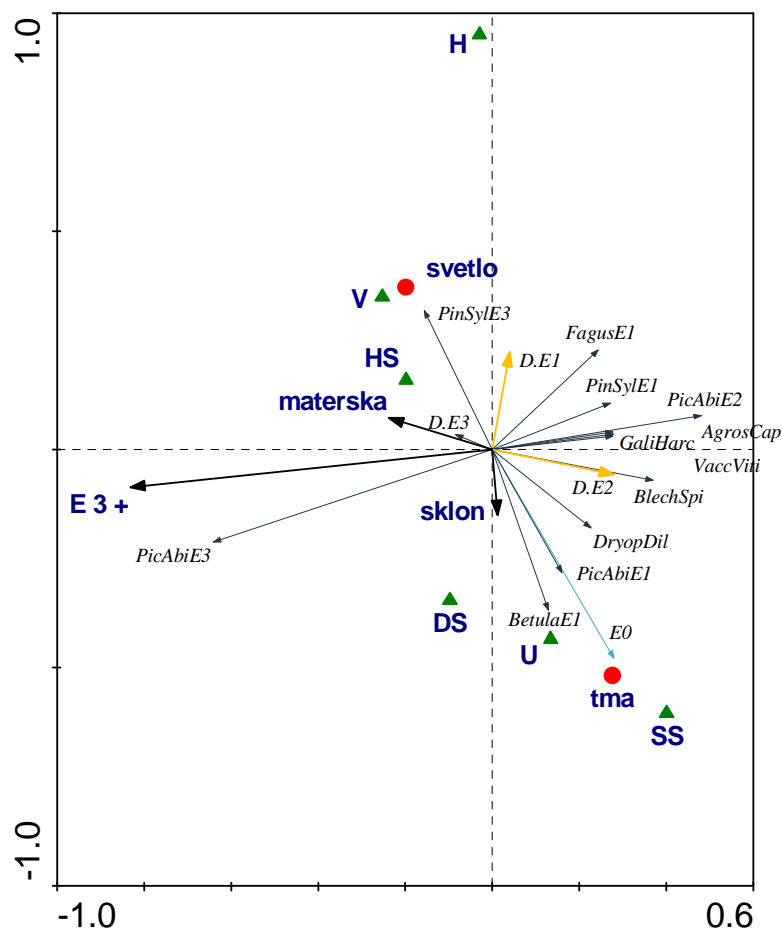
Tab. 3.10. Analýza RDA závislosti celkového vegetačního složení na faktorech prostředí. „Trace“ - celková vysvětlená variabilita; F - hodnota testovacího kritéria; p - dosažená hladina významnosti.

Závislé proměnné	druhy lokalit S a mechová pokrývnost E0		
Nezávislé proměnné	faktory prostředí		
Kovariáty	Lokalita		
Randomizace	volná randomizace uvnitř hodnot kovariát jako bloků		
Počet permutací	499		
Test signifikance	všech kanonických os dohromady		
Výsledky	Trace	F	P
	0,296	2,793	0,002

Z obrázku vyplývá, že semenáčky douglasky bylinného patra jsou nejvíce korelovány s dospělou *Pinus sylvestris* (ze stromového patra) a se semenáčky *Fagus sylvatica*. Rostou spíše na světlejších stanovištích s menším sklonem a nejvíce jim vyhovuje hrana svahu. S pokrývností stromů E3+ není jejich výskyt téměř korelován.

Semenáčky douglasky, které svou velikostí spadají do keřového patra, se vyskytují nejvíce na místech s malou stromovou pokrývností E3+. Druh, který je s nimi nejvíce korelován je kapradina *Blechnum spicant*, jejich množství klesá s rostoucí vzdáleností od mateřské douglasky a preferují spíše zastíněnější stanoviště.

Pokrývnost mechového patra je větší na zastíněném stanovišti.



Obr. 3.16. Graf závislosti celkového vegetačního složení na faktorech prostředí.

„E3+“ - stromová pokrývnost 10 x 10 m,

V – vrchol; H – hrana; HS – horní svah; SS – střední svah; DS – dolní svah; U – údolí

„svetlo“ – snímky na osluněnějších stanovištích; „tma“ – snímky na stinnějších stanovištích

„E0“ - pokrývnost mechů; vysvětlivky názvů jednotlivých druhů - viz příloha.

Semenáčky douglasky (D.) z E1 a E2 patra - žlutou šipkou

Vliv douglasky na složení vegetace

Dospělá douglaska nemá průkazný vliv na složení podrostu pod sebou.

Tento vliv byl otestován opět analýzou RDA se zaměřením na vzdálenosti mezi druhy. Jako vysvětlující proměnnou jsem dosadila pokrývnost čtyř v mých snímcích nejhojnějších stromů (z E3 patra) a to *Picea abies*, *Pinus strobus*, *Pinus sylvestris* a douglasku. Vysvětlovanou proměnnou je druhové složení bylinného a keřového patra (tab. 3.11.) Vše jsem analyzovala metodou postupného výběru (forward selection) a ve výsledku jsem zjistila, že jediný strom, který průkazně vysvětluje variabilitu, je

Picea abies (vysvětluje 7,8 % variability, hodnota test, kritéria $F = 5,52$, $p = 0,002$). Ostatní druhy na variabilitu podrostu průkazný vliv nemají.

Tab. 3.11. Analýza RDA testující vliv čtyř stromů na druhové složení vegetace

Závislé proměnné	druhy E1 a E2 patra			
Nezávislé proměnné	čtyři nejhojnější stromy E3 patra			
Standardizace	standardizováno přes proměnné - „druhy“			
Kumulativní procento vysvětlené variability	1. osa	2. osa	3. osa	4. osa
	9.9	11.9	12.2	12.3

Vliv faktorů prostředí na druhovou variabilitu jednotlivých vegetačních pater a na zmlazení douglasky

Zanalyzována byla postupně všechna patra vegetace společně s příslušnými stádii douglasky. Jako faktory prostředí byly použity: pokryvnost patra stromového ve čtverci 10x10 m kolem fyto. snímku E3+, vliv zastínění (světlo, tma), sklon svahu, vzdálenost snímku od potenciální mateřské douglasky a jednotlivé části svahu – vrchol, hrana, horní, střední, dolní svah a údolí. Jako kovariáty byly opět použity jednotlivé lokality (tab. 3.12.).

Tab. 3.12. Analýza RDA závislosti jednotlivých vegetačních pater na faktorech prostředí

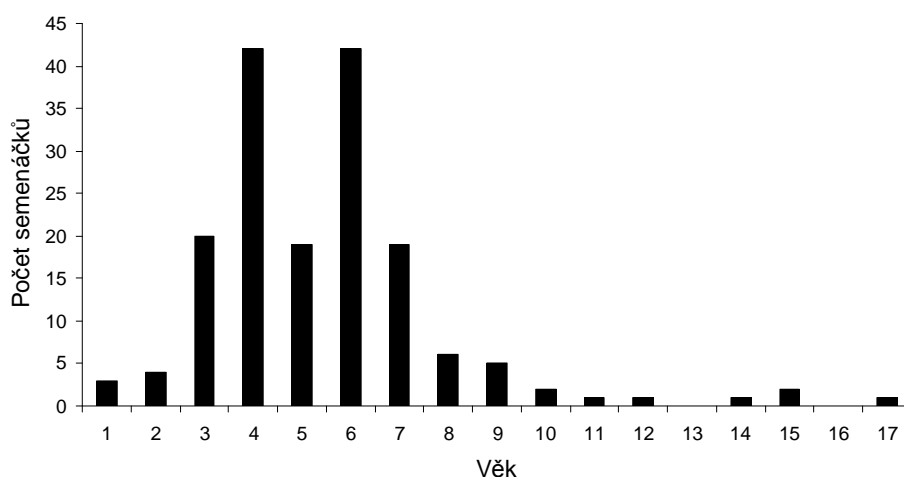
nezávislé proměnné	faktory prostředí		
závislé proměnné	druhy, postupně E1, E2 a E3 patra		
Kovariáty	Lokality		
randomizace	volná randomizace uvnitř hodnot kovariát jako bloků		
počet permutací	499		
test signifikance	všech kanonických os dohromady		
výsledky analýz jednotlivých pater	E1	E2	E3
celková vysvětlená variabilita „trace“	0,158	0,254	0,382
hodnota testovacího kritéria F	1,233	2,222	4,320
hodnota p	0,1680	0,030	0,002

Následně byly vykresleny ordinační diagramy (obr. 3.17.). Pro bylinné patro vyšla analýza neprůkazně. U patra keřového (obr. 3.17. A) je výsledek analýzy průkazný. Preference douglasky je nejvíce podobná s mladými buky *Fagus sylvatica* dále s *Larix decidua* a *Picea abies*. Vyskytuje se spíše na stinných stanovištích, v údolí a na středním svahu. Výskyt je také negativně korelován s pokryvností stromového patra E3+.

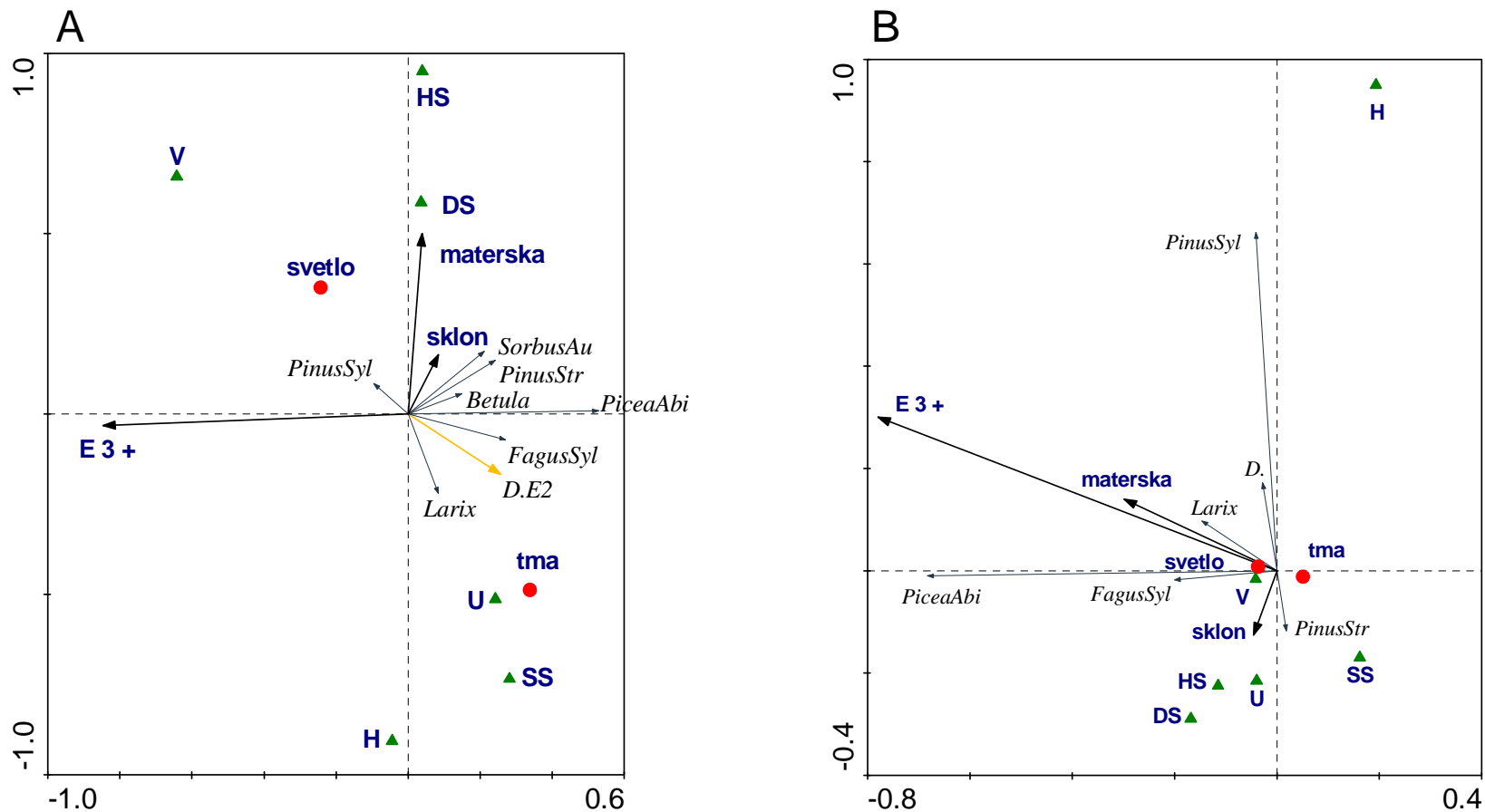
Stromové patro (obr. 3.17. B) zahrnuje potenciální mateřské douglasky, pozitivně korelované s druhem *Pinus sylvestris* a s pozicí na hraně svahu. Naopak sklon je s nimi negativně korelován, douglasky (v mých snímcích) jsou častěji vysazovány na rovině než na svahu.

3. 4. Věková struktura semenáčků

Nejvíce semenáčků je od tří do sedmi let věku, poté následuje prudký pokles, ten bývá dán přirozenou vysokou mortalitou semenáčků zvláště v mladším věku. Zda-li je tomu tak i v tomto případě by se dalo zjistit podle výskytu mrtvých semenáčků, ty jsem však na lokalitách v podstatě nenalezla. Semenáčků jednoletých a dvouletých je také velmi málo, není však vyloučeno, že jsem je pro jejich velikost zvláště v hustém porostu starších douglasek přehlédla. Součty semenáčků jednotlivých věků znázorňuje obr. 3.18.



Obr. 3.18. Věková struktura semenáčků



Obr. 3. 17. Závislost druhů na faktorech prostředí. A – keřové patro E2; B – stromové patro E3. Pro přehlednost nejsou vyobrazeny všechny přítomné druhy. Douglaska – „D.“ „E3+“ - pokryvnost stromového patra ve čtverci 10x10 m kolem fyto. snímku; „svetlo“ – snímky na osluněnějších stanovištích; „tma“ – snímky na stinnějších stanovištích; „materska“ – vzdálenost snímku od potenciální mateřské douglasky; „sklon“ – sklon svahu ve stupních; V – vrchol; H – hrana; HS – horní svah; SS – střední svah; DS – dolní svah; U – údolí. Vysvětlivky názvů druhů viz příloha.

3. 5. Teoretické šíření douglasky

Průměrná terminal velocity okřídlených semínek je $0,8001 \pm 0,057$ m/s. (0,057 je průměrná střední chyba průměru). U modelových příkladů znázorňujících šíření semen osamělé douglasky a douglasky nad zápojem stromů jsem spočtené 95 % konfidenční intervaly porovnála s terénními údaji vypočtenými ze vzdáleností semenáčků od potenciálních mateřských douglasek (z lokalit S). (Obr. 3.19.)

Osamocená douglaska

Průměrná distanční vzdálenost (D ve vzorci, viz metodika), je spočtena pro minimální rychlosti větru na 3,5 m, max. 4,9 m, při mediánové rychlosti urazí semínko prům. 108,3 m, max. 171,9 m, při rychlosti 10 m/s již 348,5 m, max. 528,8 m a při orkánu, kdy jsem k výpočtu použila maximální údaj h (37 m) a minimální naměřenou průměrnou t_v pro jedno semínko (0,538 m/s), by vzdálenost mohla dosáhnout 2249 m. Dále byly spočteny konfidenční intervaly a směrodatné odchytky (tab. 3.13., obr. 3.19.).

Tab. 3.13. Průměrná distanční vzdálenost (D), 95 % konfidenční interval a směrodatná odchytky (SD) doletu semínka osamocené douglasky, douglasky nad zápojem při různých rychlostech větru (w). V posledním řádku jsou pro porovnání údaje vypočtené ze vzdáleností semenáčků od potenciálních mateřských douglasek, které jsem získala v terénu (D je tedy průměrná vzdálenost semenáčku od zdroje).

Douglaska	w [m/s]	D [m]	konfidenční interval		SD
			-95%	+95%	
Osamělá	0,1	3,4528	3,0784	3,8272	1,1229
	3,25	108,3082	96,4087	120,2076	35,6894
	10	348,4734	313,9550	382,9918	103,5293
Nad zápojem	0,1	0,54438	0,41236	0,67640	0,38432
	3,25	18,72400	13,82776	23,62024	14,25348
	10	55,05430	40,69992	69,40869	41,78715
V terénu	-	27,52894	18,14975	36,90814	23,22108

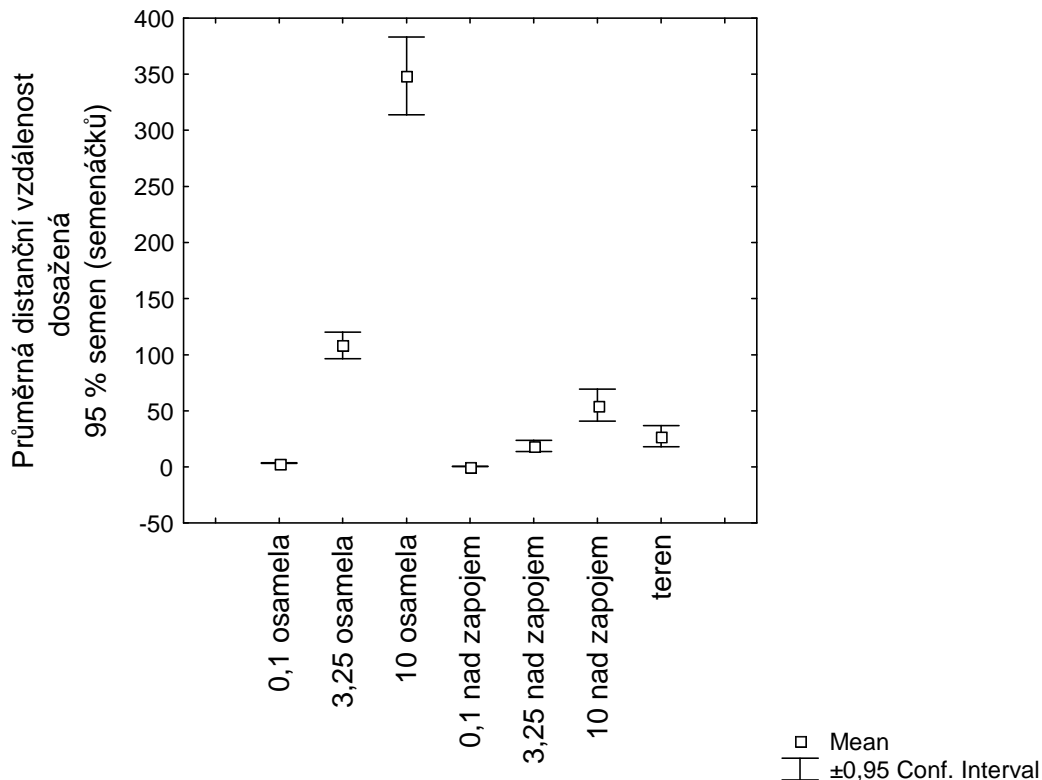
Douglaska přesahující svým vrcholem zápoj stromů pod sebou

Při minimální rychlosti větru semínko urazí nad zápojem v průměru pouze 0,5 m, max. 1,4 m, při průměrných rychlostech 18,7 m, max. 52,8 m, při rychlostech 10 m/s

je to 55,1 m, max. 151,9 m. Při orkánu ($h = 12$ m) by vzdálenost mohla dosáhnout až 729,4 m. Dále byly spočteny konfidenční intervaly a střední chyby průměru (tab 3.13., obr. 3.19.).

Douglaska rostoucí na skále nad údolím

Semínka dosahují při minimálním větru vzdálenosti 7,1 m, při střední rychlosti větru již 229,9 m, při větru 10 m/s 707,3 m a při orkánu překvapivých 4072,3 m!



Obr. 3.19. 95 % konfidenční intervaly semenáčků douglasky osamělé a rostoucí nad zápojem při rychlostech větru 0,1 m/s, 3,25 m/s a 10 m/s porovnané s údaji z terénu.

Pokud by nastala situace, že by se semínko nezačalo při pádu vůbec točit, lze podle vzorce pro volný pád z klidu (viz metodika kap. 2. 3.) vypočítat vzdálenosti šíření pro všechny tři modelové stromy. Je ale třeba počítat s různou t_v na základě průměrných výšek h . Pro osamocenou douglasku je $t_v = 23,07$ m/s, v případě stromu převyšujícího zápoj se $t_v = 9,35$ m/s. U stromu na skále nad údolím se $t_v = 33,65$ m/s. V této situaci dokonce ani orkán nezavane semínko z douglasky nad údolím do nějak významné vzdálenosti, jen do 55,01 m. Dále viz tab. 3.14.

Toto jsou však zcela extrémní případy, kdy na pád semínka nemá křídlo žádný vliv.

Tab. 3.14. Vzdálenosti, které může semínko potenciálně urazit při různých rychlostech větru w , pokud by nezačalo při pádu rotovat. Vzdálenosti jsou spočteny pro jednotlivé modelové douglasky a pro dráhu, kterou semínko urazí za běžných podmínek, než dosáhne rotačního stavu (viz metodika, kap. 2. 3.).

Bez rotace			w [m/s]			
	h [m]	tv [m/s]	0,1	3,25	10	32,7
Osamělá	26,6	23,07	0,12	3,75	11,53	37,71
Nad zápojem	4,37	9,35	0,05	1,52	4,67	15,29
Nad údolím	56,6	33,65	0,17	5,47	16,82	55,01
Před rotací	0,02	1,24	0,02	0,52	1,61	5,27

4. Diskuze

4. 1. Potencionální invaze douglasky v ČŠ

Není sporu, že se douglasky v ČŠ začlenily do místní flóry a úspěšně se množí (příloha, obr. 1). Zmlazování na 92 % lokalit je znepokojujícím faktem, znamená to, že mají v ČŠ vhodné podmínky k šíření. Výzkum nepotvrdil, že by douglaska začala být v ČŠ invazní, nenalezla jsem žádné plodné jedince dále než 100 m od mateřských stromů ani jsem nezaznamenala výskyt douglasky v jiných ekosystémech (definice Richardson *et al.* 2000: „Rostlina šířící se semeny se stává invazní, pokud se šíří se do jiných ekosystémů, je schopna se do 50 let rozšířit o více než 100 m a v této vzdálenosti se již vyskytuje její plodné potomstvo“).

Podle Richardson, Rejmánek 2004; Broncano, Vilà, Boada 2005 je douglaska známa jako invazní již v Argentině, Chile, Rakousku, Bulharsku, ve Velké Británii a ve Španělsku. Kromě ČR je douglaska naturalizovaná ještě v Německu, Irsku, na Novém Zélandě a v USA ve státě New York.

Ve španělských horách začala douglaska vykazovat invazní vlastnosti již po zhruba 30 letech od výsadby. V tomto případě začala produkovat šišky ve věku 15 let. Stačila tedy dvojnásobná doba od vysázení po první produkci semen a již můžeme hovořit o invazi (Broncano, Vilà, Boada 2005).

Pokud by se douglaska v ČŠ invazně rozšířila, nemusíme se obávat takových dopadů na druhovou diverzitu u podrostu, jako je tomu v současné době u *Pinus strobus* (Hadincová *et al.* 2007; Hadincová, Köhnleinová, Marešová 2007). Potvrzují to jednak mé výsledky, kdy nebyl prokázán průkazný vliv douglasky na druhy podrostu a také výsledky práce Budde, Schmidt 2005. Podle tohoto článku mají v Německu výsadby douglasek pozitivní vliv na druhovou diverzitu i vertikální strukturu podrostu. Nepůvodní douglaskovou monokulturu srovnávali s bukovým lesem (*Fagus sylvatica*), původní přirozené vegetace asociace *Luzulo-Fagetum*, v současnosti pravděpodobně v podobě porostů tzv. holých bučin („*Fagetum nudum*“; Chytrý, Kučera, Kočí 2001). Druhou zkoumanou lokalitou byl borový les (*Pinus sylvestris*). Podrost pod douglaskami vykazuje nejvyšší alfa-diverzitu ze všech tří lokalit. Autoři sami uvádějí, že pokud by srovnávali s jinými porosty, výsledek by samozřejmě nebyl tak jednoznačný, ale na základě tohoto i mého výzkumu usuzuji, že douglaska nemá na druhovou diverzitu podrostu zásadně negativní vliv.

Je ale třeba udělat vše pro to, aby se douglaska v ČŠ nezačala invazně šířit.

4. 2. Zmlazení v závislosti na čase a faktorech prostředí

Při výsledných analýzách jsem vycházela z myšlenky, že v blízkosti zdroje diaspor je semen dostatečné množství a spíše se tak projeví preference semenáčků k typům prostředí. V mém případě (skupina snímků do 10 m od potenciální mateřské douglasky) však vycházím pouze z devíti snímků, výsledky tedy mohou být značně ovlivněny třemi nejvýraznějšími snímky: Dva se vyskytují na hraně západního svahu a zaznamenala jsem v nich 41 a 57 semenáčků ve věku 2 - 6 let. Jeden snímek je umístěn na západně orientovaném středním svahu s 21 semenáčky ve věku 3 - 5 let.

Zastínění

Semenáčky rostoucí blíže ke zdroji semen preferují spíše světlá stanoviště (podle orientace svahu), žádný ze však nerostl na přímo jižním, tedy nejvíce osluněném stanovišti. U semenáčků umístěných dál již není rozdíl v preferencích prokázán.

Z výsledků mnohorozměrných analýz vyplývá, že mladší douglasky, řadící se do bylinného patra, preferují světlo, douglasky keřového patra naopak rostou spíše ve stínu.

Podle Jonášová, Hees, Prach 2002 však douglaska lépe zmlazuje v zápoji než v uměle vytvořeném gapu. Pro vývin semenáčků potřebuje zpočátku stín, starší semenáčky však již vyžadují k růstu přímé sluneční světlo (Hermann, Lavender – online). Toto doplňují výsledky výzkumu u pětiletých semenáčků douglasek, které reagují pozitivně na prosvětlení zápoje (Oliver, Dolph 1992).

Není však řečeno, jak moc velký stín semenáčky požadují, podle mých výzkumů nemají mladší semenáčky příliš velké nároky na konkrétní orientaci na svahu (analýza preferencí E1 semenáčků mezi orientacemi svahu vyšla neprůkazně), ale vyskytují se spíše ve skupině osluněnějších lokalit. Pro starší (do keřového patra jsem řadila semenáčky zhruba od 5 - 6 let věku) sice vychází pozitivněji zastíněnější stanoviště (nejvíce rostou na severních, severovýchodních a západních svazích a v údolí), zároveň však je jejich výskyt negativně korelován s pokryvností stromového patra E3+. K tomu všemu také přispívá silná korelace E2 semenáčků s kapradinou vlhčích míst - *Blechnum spicant*.

Dalo by se tedy říci, že semenáčky zmlazují na stanovištích orientovaných ke slunci, starší přežívají na stanovištích díky orientaci zastíněnějších, avšak s menším zápojem stromů nad sebou. Díky orientaci nedochází na takových stanovištích k přílišnému vysychání půdy, takže se zde daří i vlhkomilnější *Blechnum spicant*, ale stále je zde pro zdárný růst semenáčků dostatek světla.

Pozice na svahu

Douglasky do 10 m od zdroje nejlépe zmlazují na hraně, výsledky jsou opět ovlivněny třemi extrémními snímky. Pokud testujeme, zda se v preferencích na pozici na svahu liší semenáčky mladší a starší, výsledek je neprůkazný. Podle mnohorozměrných analýz pokryvností semenáčky kromě hrany preferují ještě údolí a střední svah. Střední svah společně s hranou a horním svahem vykazují do 10 m od mateřské douglasky zmlazení ve 100% snímků. Dá se tedy říci, že semenáčky preferují spíše vyšší pozice na svahu. Absence (až na jedinou výjimku) semenáčků na vrcholech se dá vysvětlit nepříznivými mikrostanovištními podmínkami, které se nepodařilo výzkumem odhalit.

Lesní typy

Lesní typy na mých lokalitách bohužel většinou neodpovídaly skutečnému porostu, který měl většinou charakter kulturních smrčín. Kulturní smrčiny přispívají k okyselování půdy (Musil *et al.* 1993), podle Aas, Riedmiller 2002 (a mnoha dalších zdrojů) je pro douglasku ideální pH 5 - 6 a i můj výzkum potvrzuje u douglasky preferenci kyselé půdy. Nejvíce douglaska zmlazovala v lesním typu bučin, ať již s jedlí či na extrémních stanovištích, tedy na místech acidofilních bučin řadících se podle curyšsko-montpelliérského systému vegetačních jednotek ke svazu *Luzulo-Fagion* (Chytrý, Kučera, Kočí 2001). Nelze říci, zda tento výsledek není příliš ovlivněn omezeným množstvím testovaných lesních typů. K pochybnostem se přidává také fakt, že právě na jednom ze semenáčků nejvíce obsazovaných lesních typů - kyselé jedlové bučině - se vyskytly dva snímky (ze tří!) bez zmlazení lokalit LHP. Přikláním se však k názoru, že příčina, proč se na těchto lokalitách nemnoží žádné douglasky, bude spíše dána mikroklimatickými podmínkami stanoviště, možná příliš vysokou pokryvností bylinného patra (80 - 100%).

Věková struktura

Věková struktura zmlazení nebyla určena vzhledem k obtížnému získávání dat o stáří semenáčků úplně přesně, spíše orientačně.

Podíváme-li se na graf věkové struktury semenáčků (obr. 3.18.), vidíme, že nejmladší semenáčky byly na lokalitách zaznamenány jen vzácně, největší počet je tří až sedmiletých semenáčků a poté následuje velký pokles v množství. Pro vysvětlení velkého početního rozdílu mezi těmito skupinami nabízím dvě vysvětlení:

1. V posledních letech jsou častější velmi silné semenné roky způsobené možná klimatickými změnami, tedy mírnějšími zimami. Stromy tak mohou více energie vložit do produkce semen.
2. Malé množství zaznamenaných nejmladších semenáčků je způsobeno jejich velikostí, je možné, že jsem je zvláště v hustých porostech jiných mladých douglasek přehlédla. K prudkému snížení množství semenáčků mezi 7. a 8. rokem věku dochází z důvodů větších nároků nejen na světlo, ale i na prostor a živiny. Je zde tedy velký vliv běžné vnitrodruhové konkurence. Pokud by byl tento úbytek dán nedostatkem světla, potvrzovala by se tak teorie Jonášová, Hees, Prach 2002; Hermann, Lavender – online; Oliver, Dolph 1992 o potřebě světla pro starší semenáčky.

4. 3. Disperzní potenciál

Je obecně známo, že u rostlin šířících se větrem dopadne nejvíce semen do blízkosti zdroje (Harper 1977). Výzkumy u borovice bahenní *Pinus palustris* udávají, že 71% semen dopadlo do 20 m od mateřského stromu (Boyer 1963), výsledky u *Pinus halepensis* jsou srovnatelné (Lavi 2005). V mém případě se nacházelo do 20 m od zdroje dokonce 88% semenáčků.

Fenomenologický model - vykreslení disperzní křivky

Prostorovou distribuci náletů zjištěnou v terénu a vykreslenou do podoby disperzní křivky jsem porovnávala s Gaussovou křivkou a s křivkou negativní exponenciely. Negativní exponenciela v podobě $y = (0,5^{-x}) - 1$ se velmi dobře shoduje s „terénní“ křivkou.

Tento model bývá často používán jako vhodný pro fitování prostorové distribuce semen a semenáčků (Willson 1993, Boyer 1963). Ne vždy však vyhovuje, např. v tropických deštných lesích bývá distribuce semen sice podobná, ale často počet přeživších semenáčků roste se vzdáleností od mateřského stromu. Je to dáno větší hustotou semenáčků u zdroje (vnitrodruhovou konkurencí) i množstvím predátorů a patogenů soustředících se v těsné blízkosti stromu (Clark, Clark 1984).

Negativní exponenciála bývá někdy považována za příliš „hrubou“ k popisu distribuce semen a proto nahrazována funkcemi s více volnými parametry, (např. Clarkův model 2Dt; Clark 1999) které lépe popisují distribuci ve větších vzdálenostech od zdroje (Nathan, Muller-Landau 2000; Okubo, Levin 1989).

Mechanistický model - teoretické šíření

Podle modelového stromu, stojícího v zápoji stromů bylo vypočteno, že při mediánové rychlosti větru dosahují semínka průměrné vzdálenosti 18,7 m s 95 % konfidenčním intervalem 13,8 - 23,6 m. To odpovídá disperzní křivce z terénu, nejvíce semen dopadne do 20 m od zdroje, ačkoliv výsledek průměrné vzdálenosti šíření je u mých dat o něco vyšší, 27,5 m.

U douglasky rostoucí osaměle se podle výpočtu šíří semínka při střední rychlosti větru do průměrné vzdálenosti 108 m, pokud stojí na skále nad údolím, vzdálenost přesahuje 200 m. Nejdále nalezený semenáček na mých lokalitách, který byl zaměřen, byl ve vzdálenosti 75,3 m, omezovala jsem však své mapování pouze na okruh 100 m od plodných douglasek. Podle Dick 1955 semena douglasky ve velké většině případů padají do 100 m od zdroje, jen výjimečně urazí vzdálenost delší. Disperzní vzdálenost takovéto výjimečné události byla počítána s rychlostí větru 10 m/s a s rychlostí orkánu a dosáhla maximální hodnoty 4072,3 m. V literatuře se tento jev nazývá *long-distance dispersal* (LDD) (Nathan *et al.* 2003). S takovouto událostí ovšem nepočítá obecná charakteristika invazních rostlin podle definice Richardson *et al.* 2000: „Rostlina šířící se semeny se stává invazní, pokud se šíří se do jiných ekosystémů, je schopna se do 50 let rozšířit o více než 100 m a v této vzdálenosti se již vyskytuje její plodné potomstvo.“

LDD, kromě toho, že značně ovlivňuje časoprostorovou distribuci druhu, je částečným řešením tzv. Reidova paradoxu (Reid 1899 in Clark 1998). Reidův paradox popisuje extrémně rychlé rozšíření dřevin z refugií po posledním glaciálu.

Pro jeho lepší objasnění by mohly být důležité závěry při výzkumu LDD zvláště u současných invazních rostlin (Clark 1998).

4. 4. Ochranařská opatření

Douglaska je na území národního parku České Švýcarsko naturalizovaným druhem, který je třeba dále sledovat, aby nezačal nekontrolovaně invadovat do svého okolí. S plodnými stoletými douglaskami jsem se setkala dokonce i na území 1. zóny, kde velice dobře zmlazují (území Dravčí stěny, lesnicky označováno číslem 811Aa10 a 811Aa04). Podle zákona č. 161/1999 sb., §5 odst. 1a je třeba usilovat na území první zóny o obnovu přirozených lesních ekosystémů, odpovídajících růstovým podmínkám a hospodařit s maximálním omezením lidských zásahů. To lze ale až po odstranění potenciálních invazních druhů, ke kterým douglaska patří.

Na druhou stranu již probíhají na území NP práce na obnovu přirozeného porostu, setkala jsem se s pasekami, kde byly douglasky selektivně vyřezávány.

Management douglasky je problematický vzhledem k její podobnosti s jedlí, se kterou bývá často zaměňována. Jedle je v NP naopak přednostně vysazována a oplocována. Takto lze vysvětlit, že jsem na území lesnicky označovaném 237Ab02c našla mladou, asi patnáctiletou douglasku v r. 2007 chráněnou plůtkem (příloha, obr. 2)

Navrhuji tedy věnovat více úsilí a samozřejmě peněz k odstraňování douglasek z území NP. Vzhledem k tomu, že douglasky se zatím nedožívají ve větší míře staršího věku, stačí odstraňovat až plodné jedince, tedy přibližně stoleté a neplýtvat energií a penězi na kácení mladých stromů.

Potenciální invaznost douglasky se nevztahuje jen na území ČŠ, vzhledem k jejím vlastnostem by podle mého názoru měl douglasci věnovat zvýšenou pozornost i státní podnik Lesy ČR a pokud možno omezit její vysazování. Nedávno uveřejněná reklama, billboard s nápisem „Sázíme na budoucnost“ a fotografie semenáčku douglasky (příloha, obr. 3), však hovoří o opaku.

5. Závěr

Na základě mého výzkumu mohu potvrdit, že douglaska je na území NP České Švýcarsko stále naturalizovaným druhem.

Ačkoliv bohatě zmlazuje, je patrný velký rozdíl v početnosti mezi nejmladšími semenáčky, semenáčky do sedmi let věku a od osmi let výš. Tyto rozdíly jsou dány buď nerovnoměrnou produkcí semen plodných stromů nebo zvýšenými nároky starších semenáčků na podmínky prostředí.

V preferencích na stanoviště nejsou semenáčky příliš vyhraněné, jejich výskyt je častější na vyšších částech svahu. Zmlazení probíhá spíše na stanovištích orientovaných ke slunci, v průběhu let však přežívají hlavně na stanovištích orientovaných opačně, avšak s malým zápojem stromů nad sebou. Nejvíce limitujícím faktorem pro přežití je pravděpodobně voda.

Pro zmlazení a růst douglasky jsou nejvhodnější lesní typy acidofilních bučin (podle LHP) a území původní přirozené vegetace svazu *Luzulo-Fagion* (podle curyšsko-montpelliérského systému).

Šíření douglasky semeny je značně omezeno okolními porosty. Podle mého výzkumu se až 88 % semenáčků vyskytuje do 20 m od mateřského stromu. Získaná disperzní křivka se velmi dobře shoduje s křivkou negativní exponenciely.

Při testování disperzního potenciálu na základě údajů o rychlosti pádu semen, rychlostech větru a délce pádu ovlivněnou větrem nebyly výsledky příliš odlišné od dat získaných v terénu. Nejdelší možná vzdálenost doletu semínka byla vypočtena na 4072,3 m. Došlo by k tomu v případě, že by semínko bylo uvolněno ze stromu stojícím nad 30 m hlubokým údolím a rychlost větru by dosahovala rychlosti orkánu.

Vzhledem k tomu, že ani tato práce nevyvrací, že douglaska je na území NP České Švýcarsko potenciálním invazním druhem, navrhuji věnovat více financí a úsilí k jejímu odstraňování.

6. Citované zdroje

Internet

www.botany.cz

www.ceskesvycarsko.cz

www.cs.wikipedia.org

www.npcs.cz

Härtel, H. Nepůvodní druhy rostlin Českého Švýcarska. Online:
http://www.npcs.cz/public/npcs_cs/redirector.html?hid=1005

Hermann, R. K., Lavender, D. P. Douglas Fir. Online:
http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics_manual/Volume_1/pseudotsuga/menziesii.htm

Štekl, J. et al. 2004: Výzkum vhodnosti lokalit v ČR z hlediska zásob větrné energie a zpracování metodiky pro posuzovací a schvalovací řízení při zavádění větrných elektráren. Závěrečná zpráva projektu VaV/320/08/03. Online:
<http://www.ufa.cas.cz/html/dllouka/info/vav/vav.html>

Literatura

Aas, G., Riedmiller, A., 2002: Kapesní atlas STROMY. Slovart, Praha.

Augspurger, K. C., 1983: Offspring Recruitment around Tropical Trees: Changes in Cohort Distance with Time. *Oikos*. Volume 40, No. 2, pp. 189-196.

Boyer, W. D., 1963: Longleaf Pine Seed Dispersal. U. S. Forest Service Research Note. 3.

Broncano, M. J., Vilà, M., Boada, M., 2005: Evidence of *Pseudotsuga menziesii* naturalization in montane Mediterranean forests. *Forest Ecology and Management*. Volume 211.

Budde, S., Schmidt, W., 2005: Impact of introduced *Pseudotsuga menziesii* Douglas Fir on understorey vegetation: A comparison with native *Fagus sylvatica* (European Beech) and *Pinus sylvestris* (Scots Pine) forests. (In: **Nentwig, W., Bacher, S., Cock, M. J. W., Dietz, H., Gigon, A., Wittenberg, R.** (Editors) **2005:** Biological invasions: from ecology to control 6, pp. 79–88.)

Bullock, J. M., Shea, K., Skarpaas, O., 2006: Measuring plant dispersal: an introduction to field methods and experimental design. *Plant Ecology*. Volume 186, pp. 217 – 234.

Clark, D. A., Clark, D. B., 1984: Spacing Dynamics of a Tropical Rain Forest Tree: Evaluation of the Janzen-Connel Model. *The American Naturalist*. Volume 124, No. 6, pp. 769 - 788.

Clark, J. S. et al. 1998: Reid's Paradox of Rapid Plant Migration. *Bio Science*. Volume 48, No. 2, pp. 204 - 224.

Clark, J. S. et al. 1999: Seed dispersal near and far: patterns across temperate and tropical forests. *Ecology*. Volume 80, pp. 1475–1494.

Dick, J., 1955: Studies of Douglas fir seed flight in south western Washington. Weyerhaeuser Timber Company, Forestry research. Note 12., Tacoma.

Fady, B., 2003: Introduced forest tree species: some genetic and ecological consequences. (In: **Koskela, J., Samuel, C. J. A., Mátyás, C., Fady, B.** (Editors) **2007:** Conifers Network. Report of the fourth meeting. Biodiversity International, Rome, pp. 41-52.)

Hadincová, V., Köhnleinová, I., Marešová, J., 2007: Invasive behaviour of white pine (*Pinus strobus*) in sandstone areas in the Czech Republic. (In **Härtel, H., Cílek, V., Herben, T., Jackson, A., Williams, R.** (Editors) **2007:** Sandstone Landscapes. Academia, Praha.)

Hadincová et al. 2007: Dispersal of invasive *Pinus strobus* in sandstone areas of the Czech Republic. Backhuys Publishers, Leiden.

- Harper, J. L., 1977:** Population biology of plants. Academic Press, London.
- Härtel, H. et al., 2007:** Phytogeography of the sandstone areas in the Bohemian Cretaceous Basin (Czech Republic / Germany / Poland). (In **Härtel, H., Cílek, V., Herben, T., Jackson, A., Williams, R.** (Editors) 2007: Sandstone Landscapes. Academia, Praha.)
- Härtel, H., 1999:** Lesní vegetace navrhovaného Národního parku České Švýcarsko. Dizertační práce, Karlova Univerzita, Praha.
- Higgins, S. I., Richardson, D. M., 1998:** Pine invasions in the southern hemisphere: modelling interactions between organism and environment. *Plant Ecology*. Volume 135, pp 79 - 93.
- Chytrý, M., Kučera, T., Kočí, M., 2001:** Katalog biotopů České republiky. AOPK ČR, Praha.
- Jonášová, M., Hees, A., Prach, K., 2006:** Rehabilitation of monotonous exotic coniferous plantations: A case study of spontaneous establishment of different. *Ecological engineering* 28. Blackwell Science.
- Kowarik, I., 1995:** Time lags in biological invasions with regard to the success and failure of alien species. (In: **Pyšek, P., Prach, K., Rejmánek, M., Wade, M.** (Editors) 1995: Plant Invasions: General Aspects and Special Problems. SPB Academic Publishing, The Hague, pp. 15–38.)
- Kubát, K. et al., 2002:** Klíč ke květeně České republiky. Academia, Praha
- Lavender, D. P., 1958:** Effect of Seed Size on Douglas Fir Seedlings. Forest Land Research Center. Oregon.
- Lavi, A. et al. 2005:** Invasion of *Pinus halepensis* from plantations into adjacent natural habitats. *Applied Vegetation Science*. Volume 8, pp 85 - 92.
- Lawrence, W. H., Rediske, J. H., 1962:** Fate of sown douglas-fir seeds. *Forest Science*. Volume 8, pp. 211 - 218.
- Lepš, J., Šmilauer, P., 2000:** Mnohorozměrná analýza ekologických dat. Biologická fakulta Jihočeské Univerzity v Českých Budějovicích, České Budějovice.
- Musil, I. et al. 2003:** Lesnická dendrologie 1. Jehličnaté dřeviny. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Nathan, R. et al. 2000:** Spatiotemporal Variation in seed dispersal and Recruitment near and Far from *Pinus halepensis* Trees. *Ecology*. Volume 81, No. 8, pp. 2156 – 2169.
- Nathan, R. et al. 2002:** Mechanisms of long-distance dispersal of seeds by wind. *Nature*. Volume 418, pp. 409 – 413.
- Nathan, R. et al. 2003:** Methods for estimating long-distance dispersal. *Oikos*. Volume 103, pp. 261 – 273.
- Nathan, R., Muller-Landau, H. C., 2000:** Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Tree*, Volume 15, No. 7.
- Nathan, R., Sarfiel, U. N., Noy-Meiri, I., 2001:** Field Validation and Sensitivity Analysis of a Mechanistic Model for Tree Seed Dispersal by Wind. *Ecology*. Volume 82, No. 2, pp. 374–388.
- Nožička, J. 1965:** Zavádění vejmutovky v Českých zemích do r. 1938. Práce výzkumného ústavu lesnického ČSSR, 31, pp. 41 - 67.
- Nožička, J., 1957:** Přehled vývoje našich lesů. SZN, Praha.
- Okubo, A., Levin, S. A., 1989:** A Theoretical Framework for Data Analysis of Wind Dispersal of Seeds and Pollen. *Ecology*. Volume 70, No. 2, pp. 329 - 338.
- Oliver, W. W., Dolph, K. L., 1992:** Mixed-conifer seedling growth varies in response to overstory release. Elsevier Science B.V.
- Pokorný, J., 1963:** Jehličnany lesů a parků. SZN, Praha.
- Pyšek, P., Sádlo, J., Mandák, B., 2002:** Catalogue of Alien Plants of the CR. *Presslia*. Volume 74, pp. 97 – 186.
- Reid, C., 1899:** The origin of the British flora. Dulau, London. (In **Clark, J. S. et al. 1998:** Reid's Paradox of Rapid Plant Migration. *Bio Science*. Volume 48, No. 2, pp. 204 - 224.

- Richardson, D. M. et al. 2000:** Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. Diversity and Distributions. Volume 6, pp. 93 - 107.
- Richardson, D. M., Rejmánek, M., 2004:** Conifers as invasive aliens: a global survey and predictive framework. Diversity and Distributions. Volume 10, pp. 321 - 331.
- Sádlo, J., Härtel, H., Marková, I., 2007:** Diversity of flora and vegetation of the sandstone areas in the Bohemian Cretaceous Basin (Czech Republic / Germany / Poland). (In Härtel, H., Cílek, V., Herben, T., Jackson, A., Williams, R. (Editors) 2007: Sandstone Landscapes. Academia, Praha.)
- Sádlo, J., Herben, T., 2007:** Disturbance, denudation / accumulation dynamics and vegetation patterns in sandstone regions. (In Härtel, H., Cílek, V., Herben, T., Jackson, A., Williams, R. (Editors) 2007: Sandstone Landscapes. Academia, Praha.)
- Sakai, A. K., et al. 2001:** The population biology of invasive species. Annual review of ecology and systematics, 32, pp. 305 - 332.
- Sklenář, P. et al. 2007:** Temperature inversion in the sandstone valley of the Křinice River (Bohemian Switzerland National Park) winter measurements (Czech Republic). (In Härtel, H., Cílek, V., Herben, T., Jackson, A., Williams, R. (Editors) 2007: Sandstone Landscapes. Academia, Praha.)
- Tackenberg, O., Poschlod P., Kahmen, S., 2003:** Dandelion Seed Dispersal: The Horizontal Wind Speed Does Not Matter for Long-Distance Dispersal – it is Updraft! Plant Biology. Volume 5, pp. 451 – 454.
- Ter Braak, C. J. F., Šmilauer, P., 2002:** Canoco for Widows, verze 4.5. Počítačový program.
- Tomandl, K., 1971:** Historický průzkum LC Labské pískovce. Dep in ÚHÚL Jablonec nad Nisou.
- Vesecký, A. et al. 1958:** Atlas podnebí Československé republiky. Praha.
- Vesecký, A. et al. 1961:** Podnebí Československé socialistické republiky. Tabulky. Praha.
- Wada, N., Ribbens, E., 1997:** Japanese Maple (*Acer palmatum* var. *Matsumurae*, *Aceraceae*) Recruitment Patterns: Seed, Seedlings and Saplings in Relation to Conspecific Adult Neighbors. American Journal of Botany. Volume 84, No. 9., pp. 1294 – 1300.
- Willson, M. F., 1993:** Dispersal mode, seed shadows, and colonization patterns. Vegetatio. 107/108, pp. 261 - 280.
- Zhang, H., Chen, Y., Zhang, Z., 2008:** Differences of dispersal fitness of large and small acorns of Liaodong oak (*Quercus liaotungensis*) before and after seed caching by small rodents in a warm temperate forest, China. Forest Ecology and Management. Volume 255, pp.1243–1250.

7. Příloha

Vysvětlivky názvů druhů v mnohorozměrných analýzách

AgrosCap - *Agrostis capilaris*

Betula - *Betula pendula*

BlechSpi - *Blechnum spicant*

DryopDil - *Dryopteris dilatata*

Fagus - *Fagus sylvatica*

FagusSyl - *Fagus sylvatica*

GaliHarc - *Galium harcynicum*

Larix - *Larix decidua*

PicAbi - *Picea abiea*

PiceaAbi - *Picea abies*

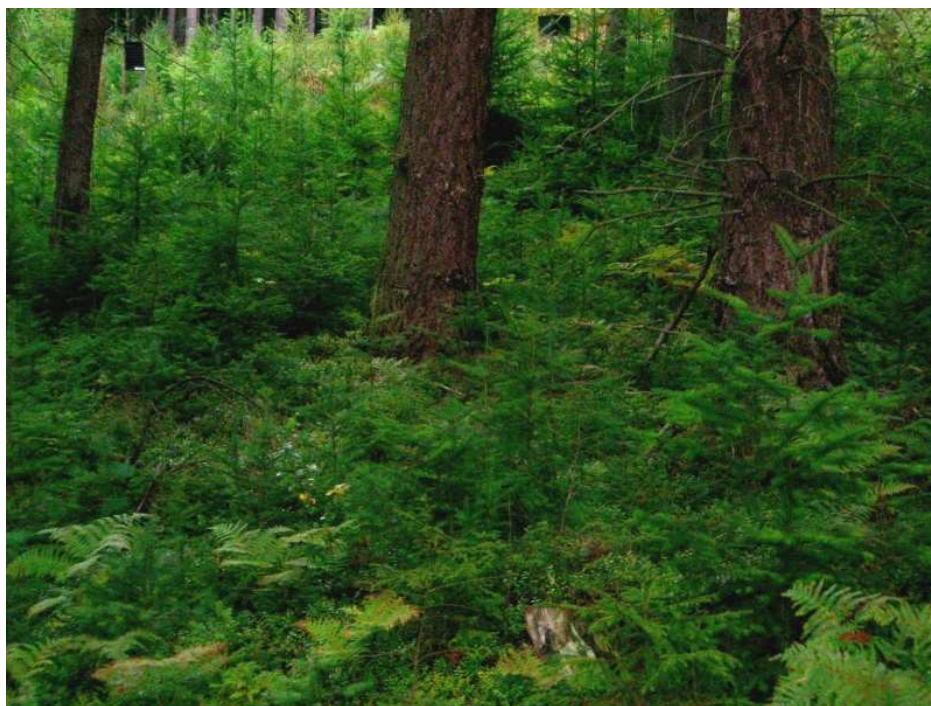
PinSyl - *Pinus sylvestris*

PinusStr - *Pinus strobus*

PinusSyl - *Pinus sylvestris*

SorbusAu - *Sorbus aucuparia*

VaccViti - *Vaccinium vitis-idaea*



Obr. 1. Bohaté zmlazení douglasky v podrostu na území ČŠ



Obr. 2. Mladá vysazená a oplocená douglaska na území NP



Obr. 3. Reklamní kampaň Lesů České republiky, která (možná, že omylem) podporuje sázení douglasek do našich lesů.