Zpráva spoluřešitele projektu QI112A170 za rok 2011

Možnosti cíleného pěstování a využití geneticky hodnotných částí populací sadebního materiálu smrku ztepilého s klimaxovou strategií růstu pro horské oblasti

Karel Matějka
IDS, Na Komořsku 2175/2A, 143 00 Praha 4
e-mail: matejka@infodatasys.cz

Praha, 2011

Cílem řešení projektu v prvním roce byl výběr modelových populací smrku na jeho přirozených stanovištích v Krkonoších a analýza růstu těchto populací. Přípravnými pracemi byly vymezení klimaticky podmíněných lesních vegetačních stupňů provedené na základě matematického modelu a zpracování klimatických řad použitých pro popis variability počasí v posledních několika letech.

Vymezení zájmových oblastí v PLO 22 - Krkonoše

Pokud se mluví o pěstování smrku v horských oblastech, mají autoři na mysli území 7. a 8. lesního vegetačního stupně (lvs), v omezené míře též spodní část 9. lvs. Důležité je tedy jednotné vymezení těchto stupňů na základě klimatických kritérií. Potřeba je do této skupiny ploch nezařazovat ta místa, kde se smrk sice vyskytuje jako dominantní dřevina přirozeně, ale jeho výskyt je podmíněn edaficky, většinou na základě zvýšené hladiny spodní vody. Současné typologické mapování v ČR však tomuto požadavku nevyhovuje. Dále je v Krkonoších silně ovlivněna poloha horní hranice lesa a to díky hospodaření na plochách supramontánního a subalpinského vegetačního pásma. Mnoho ploch sekundárního bezlesí bylo v minulosti opuštěno, případně i zalesněno klečí a v současnosti tak připomíná 9. lvs.

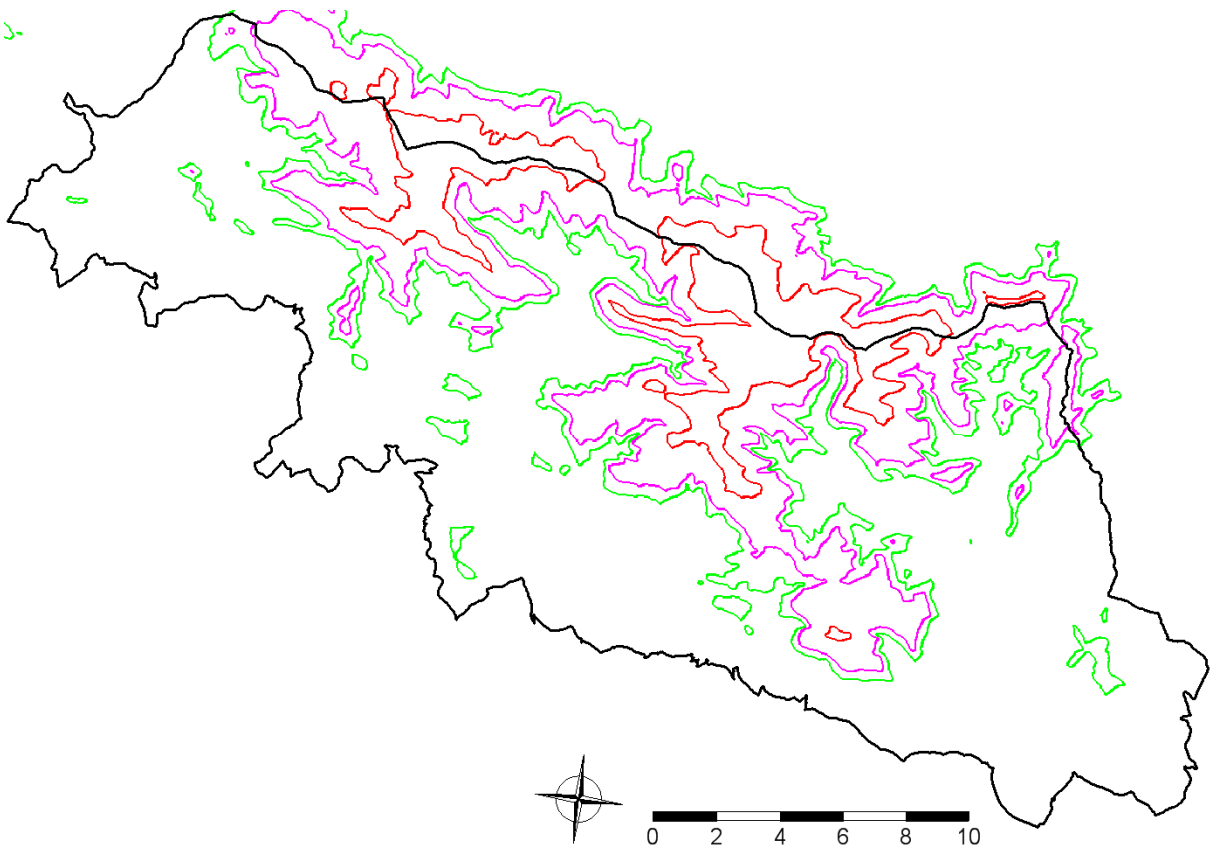
Navíc je typologické mapování stále zatíženo subjektivitou mapovatele a rozdíly mezi jednotlivým lesními oblastmi. Z tohoto důvodu byl pro zájmové území Krkonoš adaptován postup užitý na Šumavě (MATĚJKA 2011a).

Tyto problémy řeší nový teplotní model území, na němž je provedeno vymezení klimaticky podmíněných lesních vegetačních stupňů. Tyto stupně je pak možné integrovat s mapou edafických kategorií, které jsou vymezeny v rámci lesnicko-typologické mapy poměrně přesně a vytvořit tak klimaticky verifikovanou typologickou mapu, respektive mapu souborů lesních typů.

Složení přirozené vegetace na lokalitě je z velké části determinováno klimatickými poměry. Mezi nejvýznamnější klimatické charakteristiky patří průměrná teplota. Ta je závislá na geografické poloze a nadmořské výšce, ale i na umístění lokality v terénu, zjednodušeně na svažitosti a expozici ke světovým stranám, protože na těchto faktorech závisí tepelný požitek stanoviště. Nově vyvinutý model vychází z principů analýzy tvaru terénu (WILSON ET GALLANT 2000), který společně s údaji o distribuci průměrných teplot na velkém území a s analýzou distribuce lesních fytocenóz dokáže podat obraz o prostorovém rozmístění mapovaných jednotek potenciální vegetace, v tomto případě lesních vegetačních stupňů. Obdobné přístupy jsou aplikovány i pro jiné účely vegetačního mapování (FRANKLIN 2009). Konstrukce modelu byla rozdělena do několika následujících kroků.

A. Globální model průměrných teplot pro Českou republiku byl stanoven s použitím výsledků měření 22 vybraných klimatologických stanic Českého hydrometeorologického ústavu (MATĚJKA 2010). Pro výpočet byla zvolena data průměrných ročních teplot za období 1961-1990, které je též nazýváno jako období klimatického normálu.
B. Vliv konfigurace terénu na průměrnou teplotu byl vyhodnocen nepřímo na základě série tepelných a radiačních indexů, které jsou počítány z digitálního modelu terénu. Výběr vhodného indexu a ovlivnění průměrných teplot jeho hodnotou (respektive svažitostí a expozicí terénu) byly odvozeny v předcházející studii (MATĚJKA 2011a). Použito bylo potenciální roční přímé záření v MJ cm^{-2} rok^{-1} vypočtené podle vzorce 1 v MCCUNE ET KEON (2002).
C. Extrapolace průměrných teplot odpovídajících období klimatického normálu 1961-1990 na celé území Krkonoš byla provedena na základě globálního modelu průměrných teplot a vybraného regresního modelu s radiačním indexem nad výše uvedeným digitálním modelem terénu. Tak byl vygenerován rastr průměrných teplot.
D. Hranice mezi 6. a 7. lvs (4,2 °C) a mezi 7. a 8. lvs (3,7 °C) byla převzata z předchozí studie (MATĚJKA 2011a) a pro území Krkonoš byla ověřena při pochůzce v terénu a na základě aktuální typologické mapy. Poloha alpinské hranice lesa odpovídající hranici 8. a 9. lvs byla stanovena na základě analýzy ortofotomap, kde je možno identifikovat horní ekoton lesa. Současně byla tato hranice sledována při pochůzce v terénu. Odpovídající teplotní hranice byla stanovena na 2,5 °C. Nad rastrem průměrných teplot byly poté vykresleny isolinie těchto teplot. Ty odpovídají hranicím klimaticky determinovaných lesních vegetačních stupňů (Obr. 1).

Použit byl digitální model terénu s velikostí pixelu 30 m, který byl konstruován z vrstevnicové mapy terénu (výškový rozestup vrstevnic 5 m). Výpočty globálního teplotního modelu pro Českou republiku, tepelných indexů nad digitálním modelem terénu a konečně i vlastního modelu průměrných teplot byly provedeny v programu PlotOA (MATĚJKA 2009).



Obr. 1. Klimaticky podmíněné horní hranice 6. (zeleně), 7. (fialově) a 8. (červeně) lesního vegetačního stupně v přírodní lesní oblasti Krkonoše byly konstruovány na základě modelu průměrných teplot vzduchu pro období klimatického normálu 1961-1990.

Klima - analýza podkladových dat pro vyhodnocení růstu

Vzhledem k tomu, že vyhodnocení variability růstu mladých stromů se neobejde bez znalosti vývoje počasí v jednotlivých letech, byla shromážděna dostupná data ze dvou základních klimatologických stanic ČHMÚ v Krkonoších (stanice Labská bouda - 1320 m n.m. a Nová Pec - 816 m n.m.) a to od roku 1983 až po současnost (s tím, že pro část starších period nejsou data dostupná, protože měření neprobíhalo kontinuálně). Jedná se o údaje o průměrné teplotě vzduchu, o úhrnu srážek a o délce slunečního svitu pro šest pětidenních intervalů v každém měsíci, přičemž poslední interval v měsíci má proměnlivou délku v závislosti na počtu dnů v měsíci. Pro zpracování dat byly použity obecné principy shodné s těmi, které jsou využity v předcházející analýze vývoje klimatu na stanici Churáňov na Šumavě (MATĚJKA 2011b)

Pro hodnocení růstu porostů na modelových plochách lze optimálně použít data ze stanice Labská bouda, protože stejně jako plochy se nachází v nadmořské výšce ležící nad úrovní případné inverzní oblačnosti.

Vztah mezi oběma stanicemi lze vyjádřit regresními modely, kterých lze využít pro případný dopočet chybějících hodnot (Tabulka 1). Případně je možno užít zjednodušený model popisující více jak 90 % datové variance pro teploty a přibližně ¾ datové variance pro srážky:

$t_{Labská} = (0.8966 - 0.1263*\sin(3.14*(d360+265.6)/180)) * t_{Pec}$ ($p < 0{,}1$ %; r2 = 0,911)

$P_{Labská} = (1.0367 - 0.2641*\sin(3.14*(d360+65.3)/180)) * P_{Pec}$ ($p < 0{,}1$ %; r2 = 0,756)

Je možno podat následující stručnou charakteristiku let, k nimž bylo provedeno měření výškových přírůstů stromů (Obr. 2, Tabulka 2):

2006 - velmi teplé a současně vlhké léto
2007 - průměrné léto, předchozí zima byla teplá
2008 - velmi suché léto, předchozí zima byla teplá
2009 - sušší a teplotně průměrné léto
2010 - extrémně vlhké léto, předchozí zima byla chladná
2011 - vlhké a chladné léto

Po doplnění technické řady o chybějící záznamy byl vytvořen graf průměrných teplot vzduchu na stanici Labská bouda od začátku roku 1983 až do současnosti (Obr. 2). Obdobně bylo postupováno i v případě srážek (Obr. 4), jejichž změna úhrnů a rozložení v průběhu jednotlivých let potvrzuje teorii o periodizaci sledovaného období na dva úseky obdobně jako tomu je v oblasti Šumavy (MATĚJKA 2011b) - první úsek 1983 až 1994, druhý úsek 1995 až 2010. Rok 2011 se dosti liší od předchozích, dosud však nelze rozhodnout jedná-li se o součást zmíněné druhé periody nebo je to první rok periody třetí. Obě periody se výrazně liší jak průběhem teplot (Obr. 3), tak srážkami (Obr. 5).

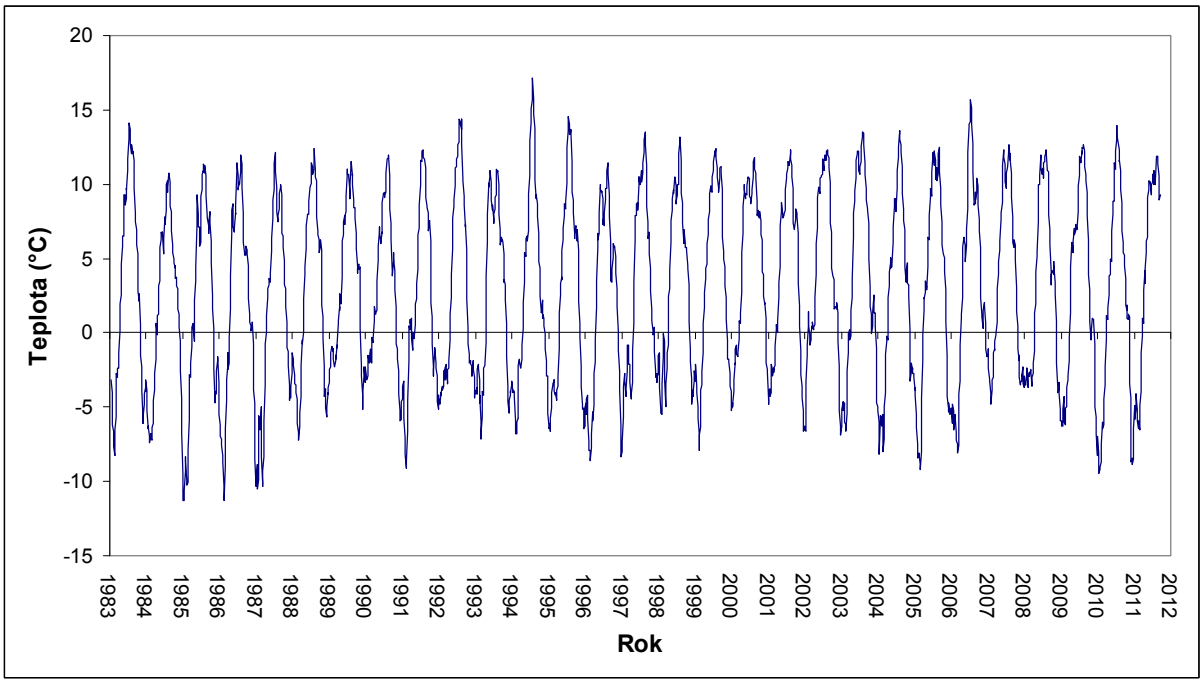
První perioda do roku 1994 byla charakteristická nižšími průměrnými teplotami s výjimkou měsíců prosinec a leden, nižší byl úhrn srážek, přičemž rozdělení srážek však bylo vyrovnanější, prakticky chyběly periody s extrémně vysokými (přívalovými) srážkami.

Druhá perioda od roku 1995 vykazuje zvýšení průměrných teplot a zvýšení úhrnu srážek. Srážky jsou však často nepravidelně rozdělené. Nedojde-li k započítání extrémně vysokých (většinou přívalových) srážek do celoročního úhrnu, což je opodstatněné pro vyhodnocení vlhkostní bilance, protože takové srážky z ekosystému rychle odtečou a nedojde k jejich infiltraci do půdy, pak dojdeme k závěru, že se zvýšilo nebezpečí sucha.

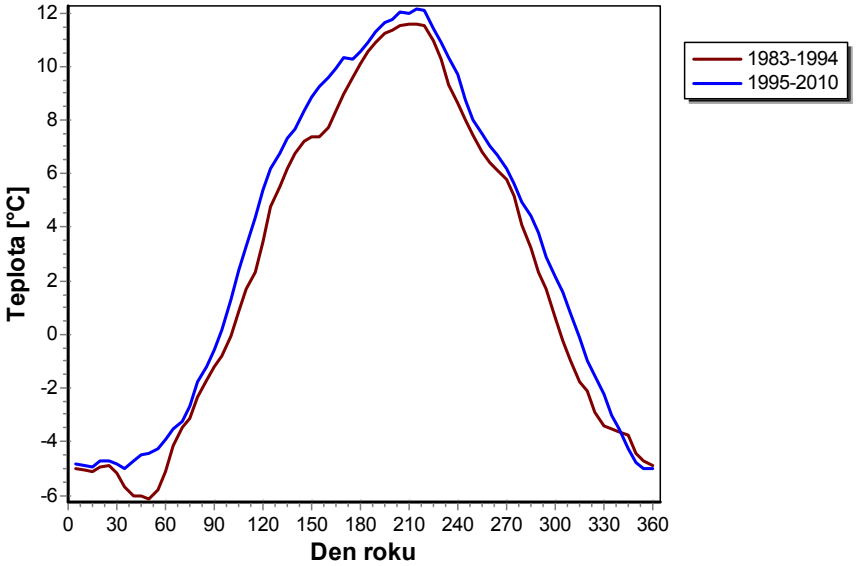
Tabulka 1. Regrese mezi teplotami vzduchu na stanicích Labská bouda a Pec pod pod Sněžkou.

měsíc	model průměrné teploty	r [1)]	model úhrnu denních srážek	r [1)]
1	$t_{Pec} = 0.1436 + 0.8053*t_{Labská}$	0.8080	$P_{Pec} = 1.1265 + 0.8135*P_{Labská}$	0.8323
2	$t_{Pec} = 2.3060 + 1.0196*t_{Labská}$	0.9280	$P_{Pec} = 0.4135 + 1.1153*P_{Labská}$	0.8427
3	$t_{Pec} = 2.1288 + 0.8414*t_{Labská}$	0.9605	$P_{Pec} = 0.5361 + 0.8915*P_{Labská}$	0.8655
4	$t_{Pec} = 2.9541 + 0.7383*t_{Labská}$	0.9181	$P_{Pec} = 0.5674 + 0.6606*P_{Labská}$	0.8094
5	$t_{Pec} = 3.9942 + 0.8339*t_{Labská}$	0.9636	$P_{Pec} = 0.4500 + 0.7146*P_{Labská}$	0.8554
6	$t_{Pec} = 4.4251 + 0.8844*t_{Labská}$	0.9753	$P_{Pec} = 1.3077 + 0.3896*P_{Labská}$	0.6986
7	$t_{Pec} = 5.2687 + 0.7967*t_{Labská}$	0.9676	$P_{Pec} = 0.3949 + 0.7273*P_{Labská}$	0.8728
8	$t_{Pec} = 6.0543 + 0.6801*t_{Labská}$	0.8903	$P_{Pec} = 0.3885 + 0.5901*P_{Labská}$	0.9061
9	$t_{Pec} = 3.8914 + 0.7692*t_{Labská}$	0.9297	$P_{Pec} = 0.2059 + 0.6938*P_{Labská}$	0.9164
10	$t_{Pec} = 2.4422 + 0.8138*t_{Labská}$	0.8948	$P_{Pec} = -0.3578 + 1.0732*P_{Labská}$	0.9199
11	$t_{Pec} = 1.8456 + 0.8630*t_{Labská}$	0.9270	$P_{Pec} = 0.1603 + 0.9349*P_{Labská}$	0.9587
12	$t_{Pec} = 0.6224 + 0.8319*t_{Labská}$	0.7962	$P_{Pec} = -0.1419 + 1.2308*P_{Labská}$	0.8777

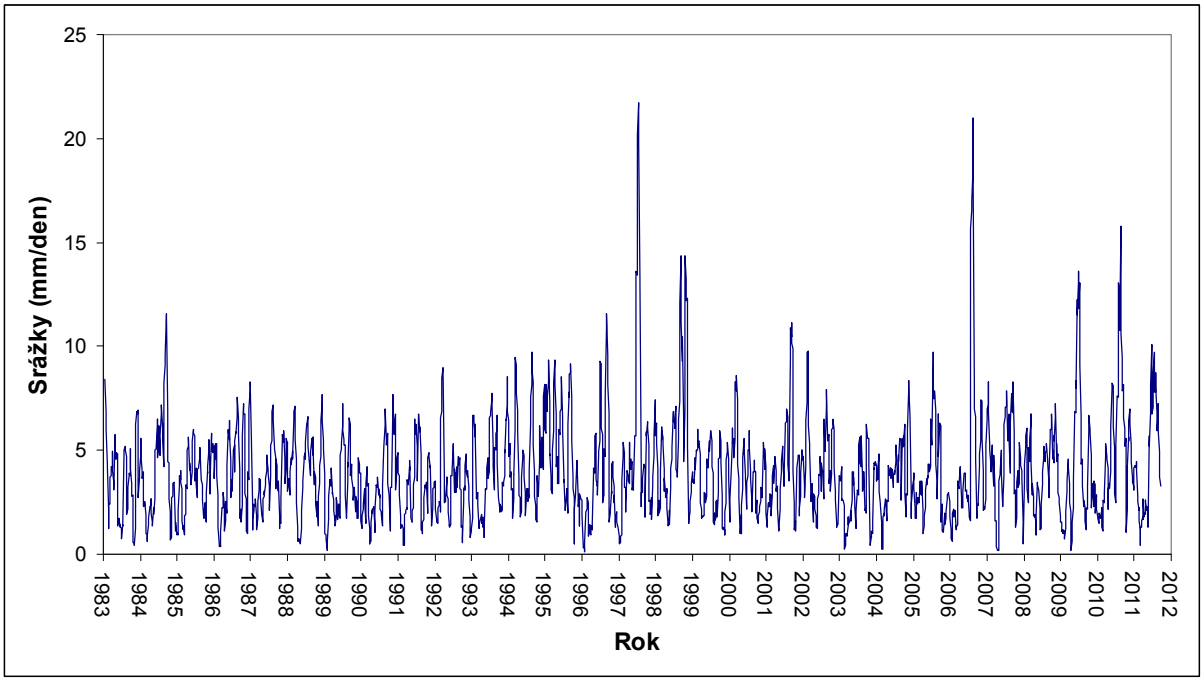
[1)] Všechny hodnoty jsou statisticky významné na hladině $p < 0,1$ %



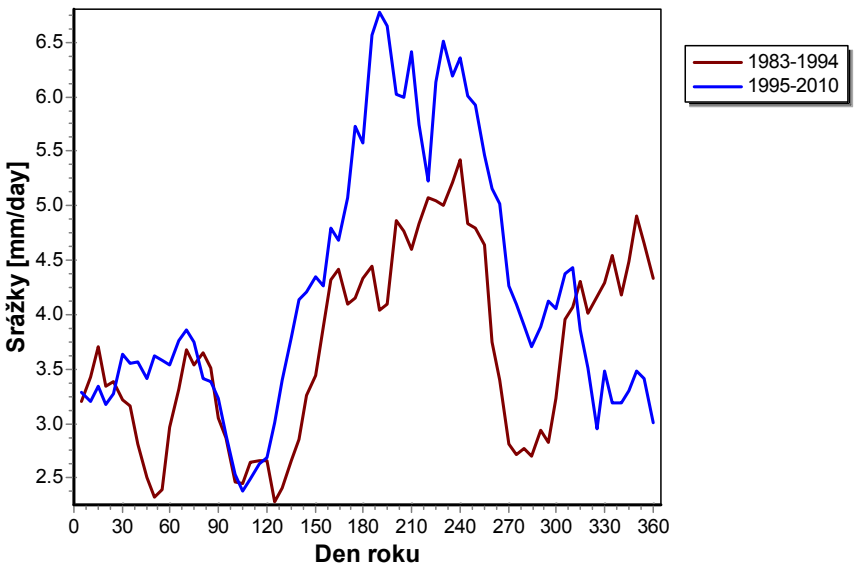
Obr. 2. Klouzavý měsíční průměr teplot na stanici Labská bouda v době měření. V období 1999 až 2003 většina dat chybí a byla dopočtena na základě regresních modelů, takže se jedná o vyhodnocení takzvané technické klimatologické řady.



Obr. 3. Průměrné teploty na stanici Labská bouda v průběhu roku. Rozlišeny jsou periody oddělené roky 1994 a 1995. Data byla vyhlazena metodou klouzavých měsíčních průměrů.



Obr. 4. Klouzavý měsíční průměr úhrnu srážek na stanici Labská bouda v době měření. V období 1999 až 2003 většina dat chybí a byla dopočtena na základě regresních modelů, takže se jedná o vyhodnocení takzvané technické klimatologické řady.



Obr. 5. Průměrný denní úhrn srážek na stanici Labská bouda v průběhu roku. Rozlišeny jsou periody oddělené roky 1994 a 1995. Data byla vyhlazena metodou klouzavých měsíčních průměrů.

Tabulka 2. Porovnání let na stanici Labská bouda z hlediska nejteplejšího a nejchladnějšího čtvrtletí. Každá etapa je charakterizována středem časového intervalu (měsíc a D360 - pořadové číslo dne při standardním třicetidenním měsíci), průměrným úhrnem srážek (P), průměrnou denní dobou slunečního svitu (S) a průměrnou teplotou (t).

Nejteplejší čtvrtletí roku						Nejchladnější čtvrtletí roku					
Rok	Měs.	D360	P [mm d^{-1}]	S [h d^{-1}]	t [°C]	Rok	Měs.	D360	P	S	t
1983	7	195	2.52	7.38	11.99						
1984	7	210	7.15	4.36	8.61	1983-4	2	40	2.66	2.65	-6.00
1985	8	230	3.22	5.23	9.52	1984-5	1	25	1.97	2.19	-8.63
1986	7	185	5.13	6.25	9.87	1985-6	2	40	2.60	2.61	-7.36
1987	8	220	4.64	4.51	9.76	1986-7	2	35	3.25	2.53	-8.67
1988	7	190	4.81	5.99	10.29	1987-8	2	50	4.32	1.64	-4.53
1989	8	220	4.51	5.58	10.20	1988-9	12	340	3.98	2.02	-3.62
1990	7	200	3.67	4.55	10.14	1989-90	12	360	2.76	2.41	-3.12
1991	7	200	4.62	5.49	10.60	1990-1	1	15	2.72	2.31	-6.05
1992	7	195	3.69	6.82	12.76	1991-2	1	15	2.46	2.18	-4.02
1993	6	180	4.99	5.46	9.54	1992-3	1	25	3.51	3.38	-4.34
1994	7	210	5.07	6.23	12.65	1993-4	1	5	4.79	1.09	-5.13
1995	7	190	4.52	7.03	11.97	1994-5	2	45	5.73	1.39	-4.90
1996	7	195	5.79	5.34	9.87	1995-6	1	30	1.71	2.65	-6.64
1997	8	215	9.47	5.04	10.80	1996-7	1	15	2.42	2.77	-4.55
1998	8	225	7.65	4.58	9.08	1997-8	2	40	4.46	2.15	-3.51
1999	7	205	2.71	5.58	10.23	1998-9	2	35	4.52	1.57	-4.58
2004	7	200	4.52	3.14	11.01						
2005	7	210	6.14	5.85	11.62	2004-5	1	30	3.05	1.66	-6.90
2006	7	205	8.88	6.36	12.18	2005-6	1	30	1.79	2.90	-6.37
2007	7	185	5.36	5.17	11.57	2006-7	1	25	5.07	1.55	-2.61
2008	7	195	3.57	5.08	11.58	2007-8	2	40	4.47	2.06	-3.34
2009	8	220	4.15	5.46	11.50	2008-9	1	5	1.78	1.81	-5.41
2010	7	195	9.55	5.22	11.47	2009-10	1	25	1.69	1.78	-7.99
2011	7	190	7.84	4.67	10.73	2010-11	1	10	3.35	2.32	-6.91

Obnova na modelových plochách v Krkonoších

Výběr ploch

Plochy byly lokalizovány ve východních Krkonoších v území 8. lvs tak, aby se jejich přírodní podmínky maximálně podobaly. Celkem zde bylo identifikováno 7 ploch pro sledování (Tabulka 3, Obr. 6), následně však jedna plocha (číslo 4) byla vyloučena, protože podle mapy stabilního katastru se jedná o v historii zemědělsky využívaný pozemek (pastvina), který byl až následně zalesněn. Všechny ostatní plochy byly i v minulosti lesem.

Plocha 9 je prakticky identická s dlouhodobě sledovanou trvalou výzkumnou plochou (TVP 24), kde různá šetření probíhají od roku 1980 (VACEK ET AL. 2007). Před rozpadem mateřského porostu zde byly odebrány vzorky pro analýzu isoenzymů (IVANEK ET AL. 2009), čehož bylo využito v letošním roce, kdy byly odebrány vzorky pro srovnávací analýzy z jedinců obnovy (tito jedinci byli aktuálně zařazeni do souboru měřených jedinců).

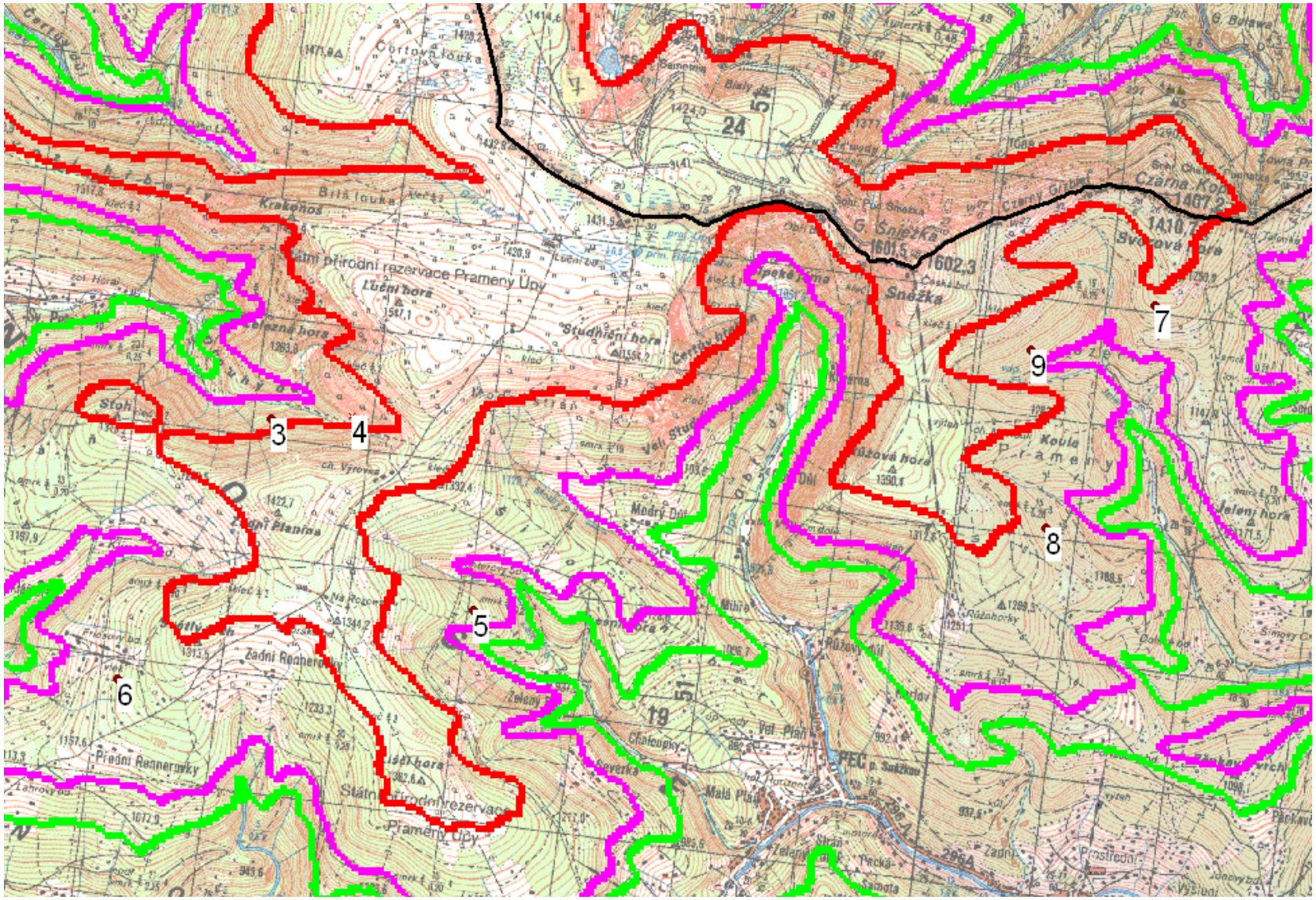
Všechny plochy leží v 8. lvs, modelovaná průměrná roční teplota vzduchu pro období 1961-1990 se pohybuje v rozmezí 2,5 až 3,3 °C. Plochy leží na mírném až prudkém svahu, edaficky se jedná o kyselá stanoviště, často s výrazně kamenitými půdami. Lze tedy předpokládat, že vybrané plochy jsou více méně přímo porovnatelné z hlediska růstu smrku.

Další charakteristiky některých ploch a jejich vegetace jsou uvedeny v Příloze 1.

Tabulka 3. Základní charakteristiky vybraných ploch a jejich lokalizace. Průměrná teplota pro období 1961-1990 byla modelována v programu PlotOA (MATĚJKA 2009).

Plocha	Obnova	JTSK-X	JTSK-Y	Nadmořská výška (m)	Teplota (°C)	Lesní typ
3 [1)]	Přirozená	984696	646064	1145	2.82	8N0
3a [1)]	Přirozená	984759	645598	1192	2.52	8N0
4 [2)]	Výsadba na zemědělské půdě	984671	645376	1228	3.30	9Z7
5	Přirozená	986310	644359	1161	3.27	8K2/8N1/8N3
6	Umělá výsadba	986893	647355	1209	2.97	8K2
7	Přirozená s prosadbou	983740	638618	1295	2.73	9K1/8Z3
8	Přirozená s prosadbou	985623	639533	1198	2.84	8K2/8K4
9 = TVP24	Přirozená	984119	639660	1210	3.31	8K4

[1)] Měření probíhalo na ploše mírně posunuté, která je označována 3a.
[2)] Tato plocha nebyla měřena.



Obr. 6. Lokalizace modelových ploch ve východních Krkonoších. Pro orientaci jsou vykresleny hranice vegetačních stupňů jako na Obr. 1. Plocha 9 je dále označována též jako TVP22.

Vyhodnocení růstu populací smrku v posledních letech

Všechna měřená data byla zaznamenána a prvotně zpracována v databázi MS Visual FoxPro. Vlastní statistické zpracování proběhlo v programu Statistica, verze 8 (HILL ET LEWICKI 2007).

Proměnné H06 až H11 značí celkovou výšku jedince (v cm) v roce 2006 až v roce 2011. Proměnné P06 až P11 značí výškový přírůst jedince (v cm) v roce 2006 až v roce 2011.

Vzhledem k tomu, že měření v roce 2011 probíhalo v době, kdy ještě nebyla ukončena růstová sezona, nebylo možno statistické vyhodnocení růstu provést na všech plochách od roku 2011, ale pouze pro data do roku 2010, jejichž měření proběhlo retrospektivně.

Základní statistické parametry měřených dat jsou vyhodnoceny v Tabulce 4. Jednotlivé proměnné jsou většinou silně a signifikantně korelovány (Tabulka 5). Existuje rozdíl v přírůstu jedinců na jednotlivých plochách (Obr. 7), přičemž výrazný rozdíl byl zaznamenán v růstu jedinců přirozené a umělé obnovy, jak dokládají i příslušné regresní modely pro závislost výškového přírůstu na celkové výšce jedince (všechny regrese jsou statisticky průkazné na hladině $p < 0.01$ %; viz například Obr. 8).

Přirozená obnova:

$$P06 = -6.7617+8.3268*\log_{10}(H06)$$
$$P07 = -9.9401+10.4054*\log_{10}(H07)$$
$$P08 = -13.434+13.1543*\log_{10}(H08)$$
$$P09 = -10.9296+11.8676*\log_{10}(H09)$$
$$P10 = -14.4284+15.5187*\log_{10}(H10)$$

Umělá obnova:

$$P06 = -56.3408+36.3512*\log_{10}(H06)$$
$$P07 = -91.0022+54.4502*\log_{10}(H07)$$
$$P08 = -110.7175+63.9226*\log_{10}(H08)$$
$$P09 = -117.4147+65.8408*\log_{10}(H09)$$
$$P10 = -133.4134+73.2999*\log_{10}(H10)$$

To ukazuje, že porosty vzniklé z přirozené obnovy budou výrazně mechanicky stabilnější a tedy vhodnější pro lokality s extrémními podmínkami prostředí, které se vyskytují v lesích v blízkosti alpinského ekotonu lesa.

Každý měřený jedinec byl s použitím modelu pro přirozenou obnovu rozdělen do kategorií více či průměrně přirůstajících nebo podprůměrně přirůstajících, podle toho mu byla přiřazena hodnota růstového indexu pro daný rok +1 nebo -1. Tyto indexy byly sečteny pro všechny roky 2006-2010 (výsledná hodnota I) a podle toho byli jedinci rozděleni do růstových tříd (Tabulka 6). Ukazuje se, že na plochách s přirozenou obnovou je zastoupení jedinců všech růstových tříd vyrovnané, ale v případě umělé obnovy je toto rozdělení silně vychýlené na jednu stranu. Ve srovnání s přirozenou obnovou tedy vznikající porosty nebudou mít vhodnou strukturu, protože v nich chybí jedinci s pomalým růstem, které v budoucnu vytvářejí stabilní kostru porostu.

S celkovou výškou stromku nejsilněji koreluje přírůst v roce 2008, tedy v době 2 až 3 roky před měřením.

Korelace výškového přírůstu ve dvou letech po sobě přímo následujících je nejvyšší ($r = 0,86$ až $0,90$), nejvyšší hodnota byla zjištěna pro roky 2008 a 2009 (Tabulka 5).

Další možností je použít růstový model ve formě modelů $P = a H^b$, který má výhodu v tom, že příslušné křivky procházejí počátkem souřadnic (H;P) = (0;0). Opět byly vypočteny parametry pro všechny roky (Tabulka 7; Obr. 9-10) a byly provedeny odhady růstu stromků tří modelových velikostí (Obr. 11). Malí jedinci z populací přirozené obnovy rostli rychleji, nežli malí jedinci z populací umělé obnovy. U jedinců vyšších tomu je naopak. Jedinci z umělé obnovy velmi silně urychlují svůj růst se zvětšující se celkovou výškou. Jedinci z přirozené obnovy takovou akceleraci postrádají a zvyšování jejich výškového přírůstu s celkovou výškou je naopak brzděno.

Závislost velikosti ročního přírůstu výšky na teplotě v daném roce (průměrné roční teplotě, teplotě nejteplejšího čtvrtroku nebo teplotě v měsících květen až srpen, kdy probíhá intenzivní výškový růst smrku) není možné prokázat přímo (Obr. 11), protože měřené populace stárnou a tedy se jejich přírůst zvyšuje. Je však možno vycházet z meziročního srovnání výškového přírůstu, který lze analyzovat regresními metodami (Obr. 12-15).

Rozdíl průměrných teplot v měsících květen až srpen na stanici Labská bouda vychází při srovnání období 1961-1990 a 1998-2009 roven 1,45 °C, tedy průměrný vzrůst těchto teplot činil přibližně 0,07 °C rok^{-1} (MATĚJKA 2010). Ze závislosti meziroční změny výškového přírůstu na teplotě (Obr. 16) vychází, že průměrně se výškový přírůst mladých jedinců smrku zvyšoval o 1,5 %, odhad vzrůstu výškového přírůstu za deset let tedy činil 16,1 %. Průměrný meziroční vzestup průměrného ročního výškového přírůstu očištěný o změnu teplot je možno odhadnout pro hodnocené mladé porosty ve výšce 4,8 %.

Tabulka 4. Aritmetický průměr (E(x)) a směrodatná odchylka (s_x) základních měřených charakteristik na modelových plochách. N - počet vyhodnocených jedinců.

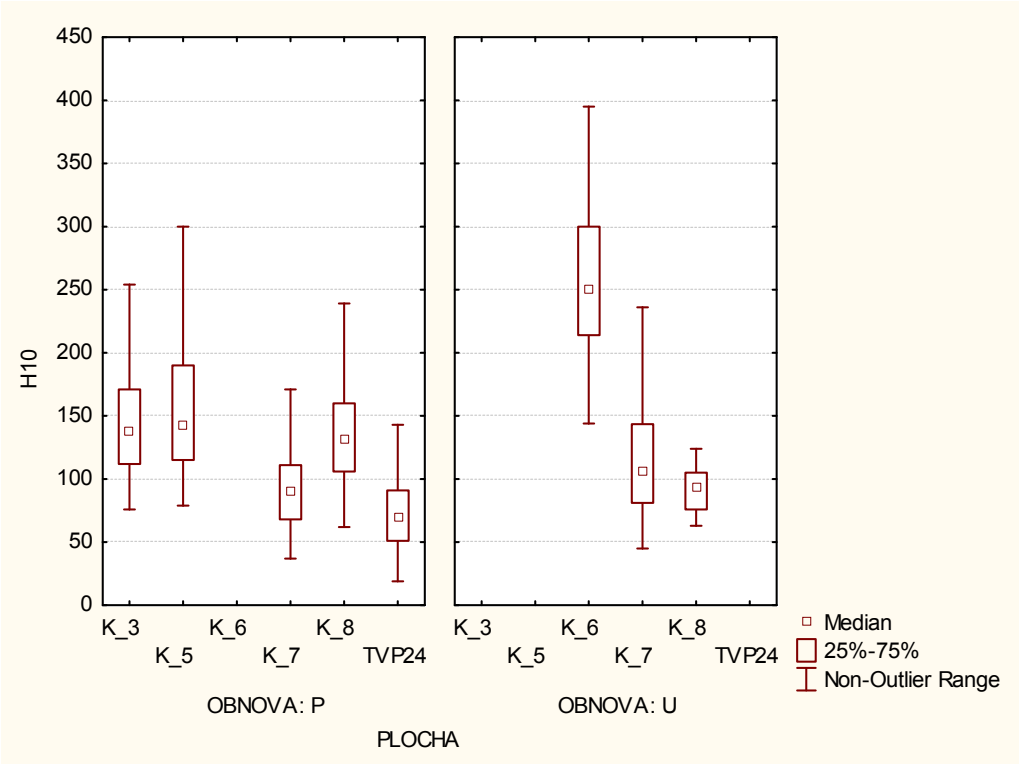
A. Celková výška jedince na konci roku (v cm)

Rok:		**2011**			**2010**			**2009**			**2008**			**2007**			**2006**		
Plocha	[1)]	**E(x)**	**N**	**s_x**	**E(x)**	**N**	**s_x**	**E(x)**	**N**	**s_x**	**E(x)**	**N**	**s_x**	**E(x)**	**N**	**s_x**	**E(x)**	**N**	**s_x**
K_3	**P**	168.3307	127	52.84750	148.1575	127	47.14675	129.5433	127	42.24658	114.8898	127	38.45018	101.2913	127	35.16381	89.7559	127	32.98526
K_5	**P**	178.9621	132	67.86779	162.2672	131	63.54112	144.6183	131	59.21934	131.1450	131	55.00631	116.4809	131	51.14825	104.5573	131	49.23291
K_6	**U**	296.1667	150	58.58252	256.9667	150	56.66177	211.9733	150	51.06739	174.0600	150	44.91233	138.3600	150	39.17321	109.5333	150	33.13298
K_7	**P**	112.8750	136	37.33838	94.3630	135	33.68214	74.5259	135	29.73059	61.0074	135	26.41503	49.5778	135	23.69409	41.5481	135	20.97287
K_7	**U**	130.1579	133	55.48858	117.5606	132	48.13217	105.4697	132	40.14714	95.8409	132	34.81748	87.2121	132	30.69451	79.5000	132	27.60393
K_8	**P**	149.7867	150	42.76290	137.6667	147	39.95363	123.1837	147	37.84341	112.6531	147	36.93527	101.5714	147	35.90608	91.7891	147	35.80890
K_8	**U**	106.5556	18	21.73158	91.0588	17	18.08131	75.7059	17	14.68317	64.6471	17	13.02373	54.0000	17	11.36332	46.0588	17	11.32735
TVP24	**P**				73.4439	187	28.80358	57.7005	187	24.62637	47.5968	186	22.05678	39.8548	186	20.13107	34.7419	186	18.91397
Vše		173.1371	846	80.82990	138.7856	1026	73.07208	118.2856	1026	63.62053	102.7112	1025	55.53267	88.1405	1025	48.15752	76.4556	1025	42.61533

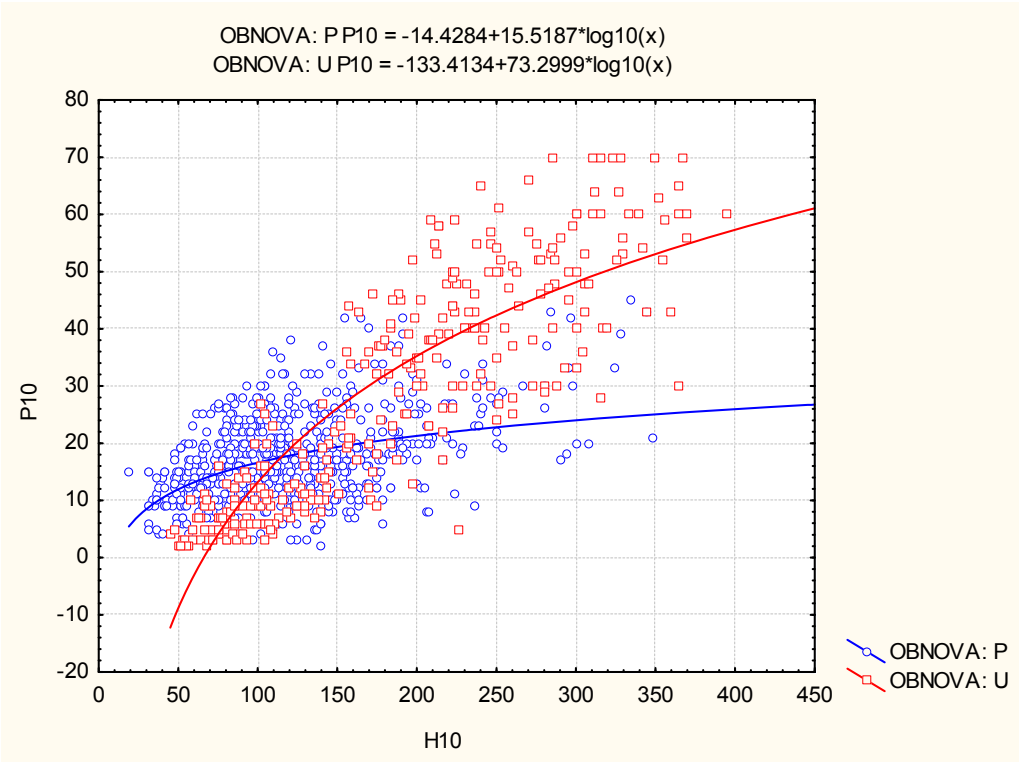
B. Výškový přírůst v daném roce (v cm)

Rok:		**2011**			**2010**			**2009**			**2008**			**2007**			**2006**		
Plocha	[1)]	**E(x)**	**N**	**s_x**	**E(x)**	**N**	**s_x**	**E(x)**	**N**	**s_x**	**E(x)**	**N**	**s_x**	**E(x)**	**N**	**s_x**	**E(x)**	**N**	**s_x**
K_3	**P**	20.17323	127	8.44975	18.61417	127	7.69152	14.65354	127	6.54578	13.59843	127	5.88684	11.53543	127	5.55034	9.85827	127	5.172768
K_5	**P**	16.99237	131	8.90505	17.57576	132	8.48179	13.39394	132	7.73192	14.59091	132	7.56343	11.88636	132	6.75034	10.58333	132	5.297330
K_6	**U**	39.20000	150	10.68022	44.99333	150	13.17945	37.91333	150	10.34436	35.70000	150	9.16424	28.82667	150	10.25628	21.18000	150	8.129877
K_7	**P**	18.77778	135	6.74555	19.80147	136	7.50192	13.50735	136	5.66601	11.40441	136	5.19598	7.98529	136	4.36482	6.45588	136	3.608360
K_7	**U**	12.72727	132	9.67415	12.11278	133	9.77679	9.67669	133	6.66009	8.64662	133	5.77769	7.69925	133	4.50922	6.41353	133	3.843783
K_8	**P**	12.64626	147	7.13644	14.50000	150	5.80182	10.51333	150	4.54912	11.08000	150	4.61907	9.78667	150	4.59294	8.93333	150	3.490479
K_8	**U**	15.88235	17	7.30481	15.61111	18	5.77152	11.33333	18	3.92578	10.88889	18	2.76297	8.11111	18	3.98363	9.00000	18	3.199265
TVP24	**P**				15.74332	187	6.74723	10.11828	186	5.04970	7.78075	187	4.15946	5.15508	187	2.78292	4.66845	187	2.679516
Vše		20.27652	839	12.68255	20.46176	1033	13.49974	15.60368	1032	11.56624	14.54211	1033	10.90669	11.66118	1033	9.46410	9.61471	1033	7.063846

[1)] Typ obnovy: P - přirozená, U - umělá



Obr. 7. Výška obnovy na jednotlivých lokalitách.



Obr. 8. Rozdíl výškového přírůstu v závislosti celkové výšce stromku u přirozené a umělé obnovy - všechny plochy v roce 2010.

Tabulka 5. Matice korelačních koeficientů mezi měřenými charakteristikami. Data ze všech ploch.

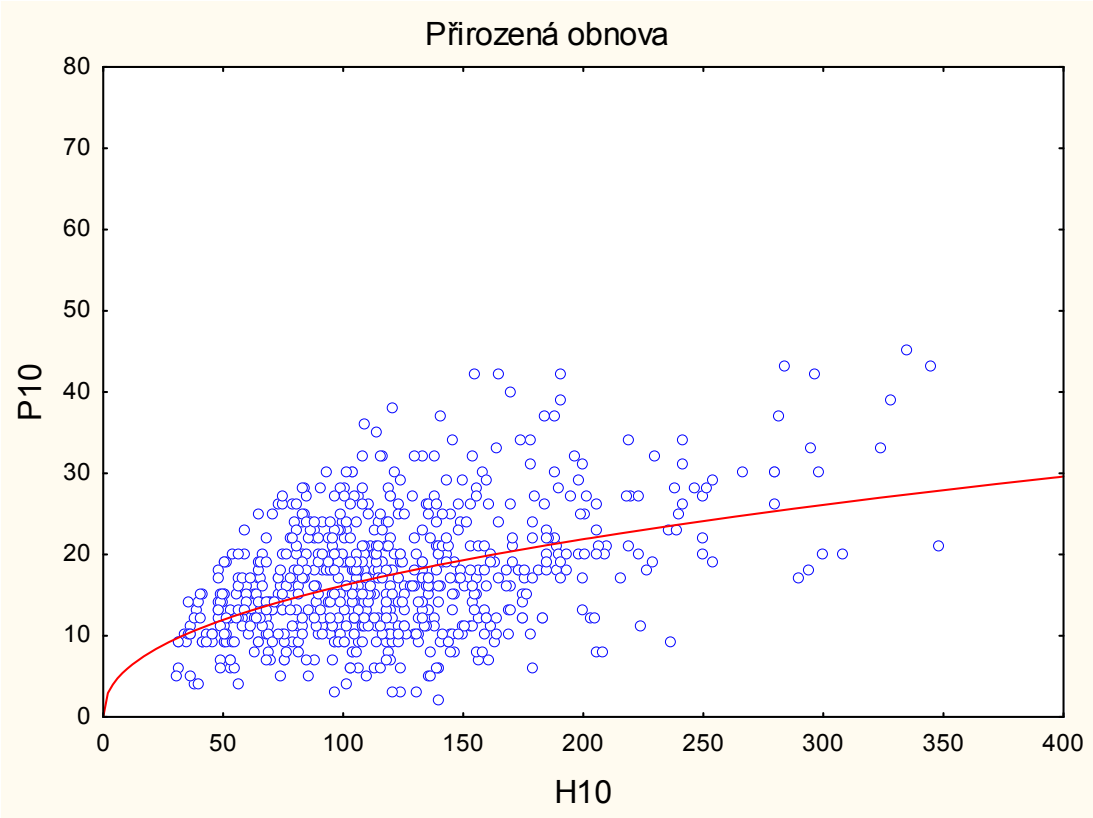
	H11	**H10**	**P11**	**P10**	**P09**	**P08**	**P07**	**P06**	**VEK**
H11	1.000000	0.993100	0.746279	0.809172	0.843123	0.863978	0.824600	0.808806	0.595377
H10	0.993100	1.000000	0.663067	0.745804	0.808380	0.846138	0.822863	0.821085	0.646846
P11	0.746279	0.663067	1.000000	0.860303	0.770691	0.743569	0.674882	0.617970	0.028016
P10	0.809172	0.745804	0.860303	1.000000	0.865124	0.816375	0.732459	0.690150	0.094843
P09	0.843123	0.808380	0.770691	0.865124	1.000000	0.896242	0.816465	0.771315	0.061005
P08	0.863978	0.846138	0.743569	0.816375	0.896242	1.000000	0.870825	0.801936	0.155889
P07	0.824600	0.822863	0.674882	0.732459	0.816465	0.870825	1.000000	0.864360	0.000221
P06	0.808806	0.821085	0.617970	0.690150	0.771315	0.801936	0.864360	1.000000	0.068783
VEK	0.595377	0.646846	0.028016	0.094843	0.061005	0.155889	0.000221	0.068783	1.000000

Tabulka 6. Rozdělení relativního počtu jedinců (v %) ve sledovaných populacích podle dynamiky růstu v letech 2006-2010. Záporné hodnoty indexu I odpovídají výškovému přírůstu nižšímu nežli bylo vypočteno na základě modelů růstu.

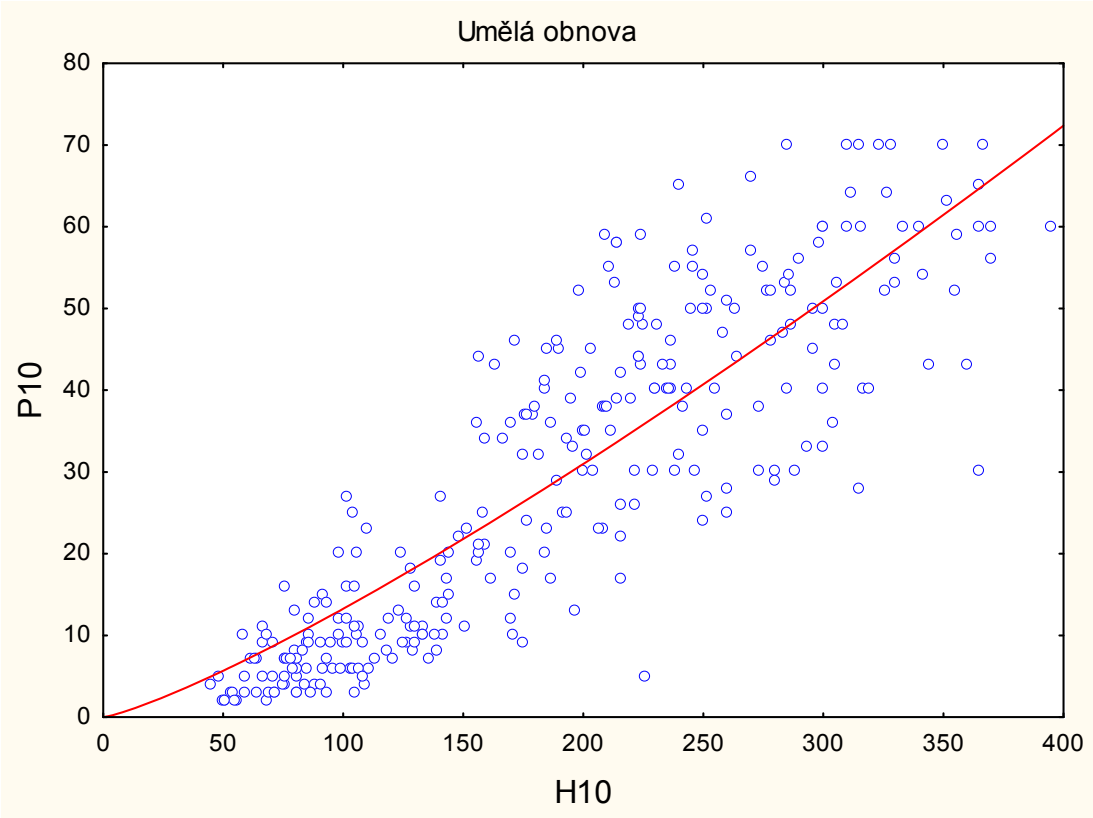
Obnova:	**Přirozená**					**Umělá**		
Lokalita:	**K_3**	**K_5**	**K_7**	**K_8**	**TVP24**	**K_6**	**K_7**	**K_8**
I = -5	22.0	27.5	2.2	36.3	13.7	0.0	61.4	5.9
I = -3	17.3	9.2	7.4	22.6	26.2	0.0	12.1	5.9
I = -1	10.2	15.3	25.2	13.0	23.5	0.7	9.8	29.4
I = 1	18.1	16.0	23.0	14.4	19.1	2.0	9.8	35.3
I = 3	18.1	13.0	28.1	8.2	11.5	7.3	3.8	23.5
I = 5	14.2	19.1	14.1	5.5	6.0	90.0	3.0	0.0

Tabulka 7. Parametry růstových modelů $P = a H^b$.

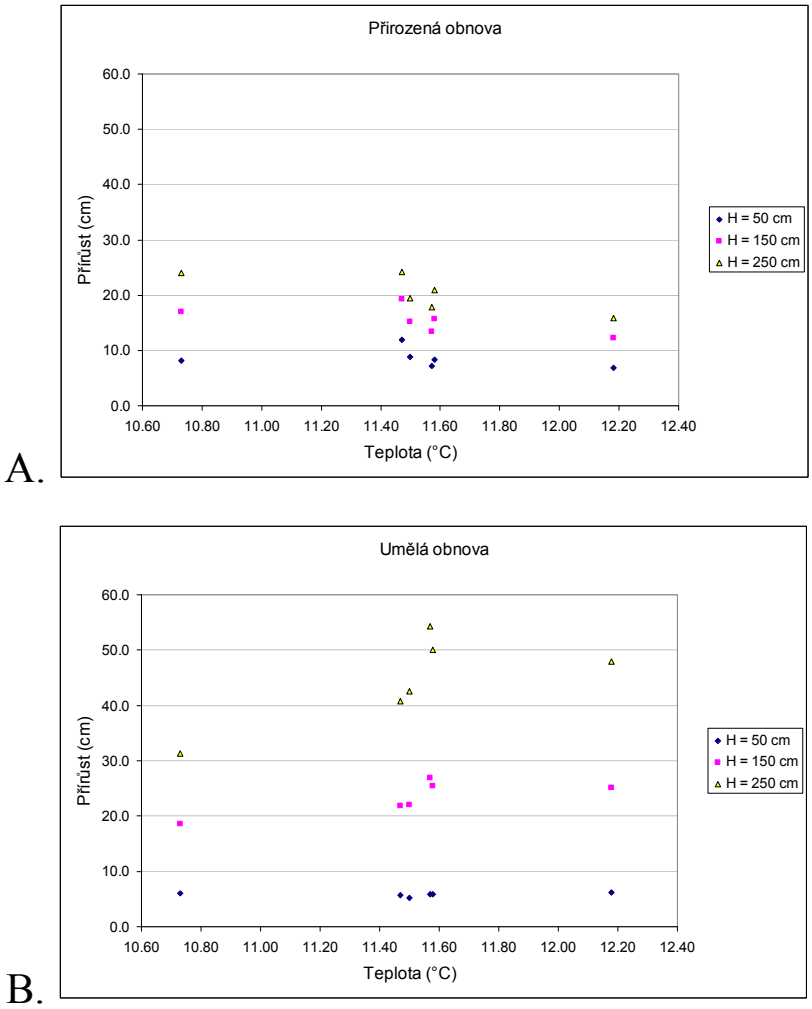
	Přirozená obnova			Umělá obnova		
Rok	a	b	r	a	b	r
2006	0.9311	0.5131	0.5461	0.0445	1.2643	0.6927
2007	0.7965	0.5633	0.5511	0.0271	1.3774	0.7928
2008	0.9113	0.5683	0.5800	0.0334	1.3246	0.8506
2009	1.3288	0.4860	0.4710	0.0331	1.2967	0.8814
2010	2.1781	0.4355	0.4419	0.0475	1.2234	0.8662
2011	0.5840	0.6730	0.4810	0.1129	1.0189	0.8247



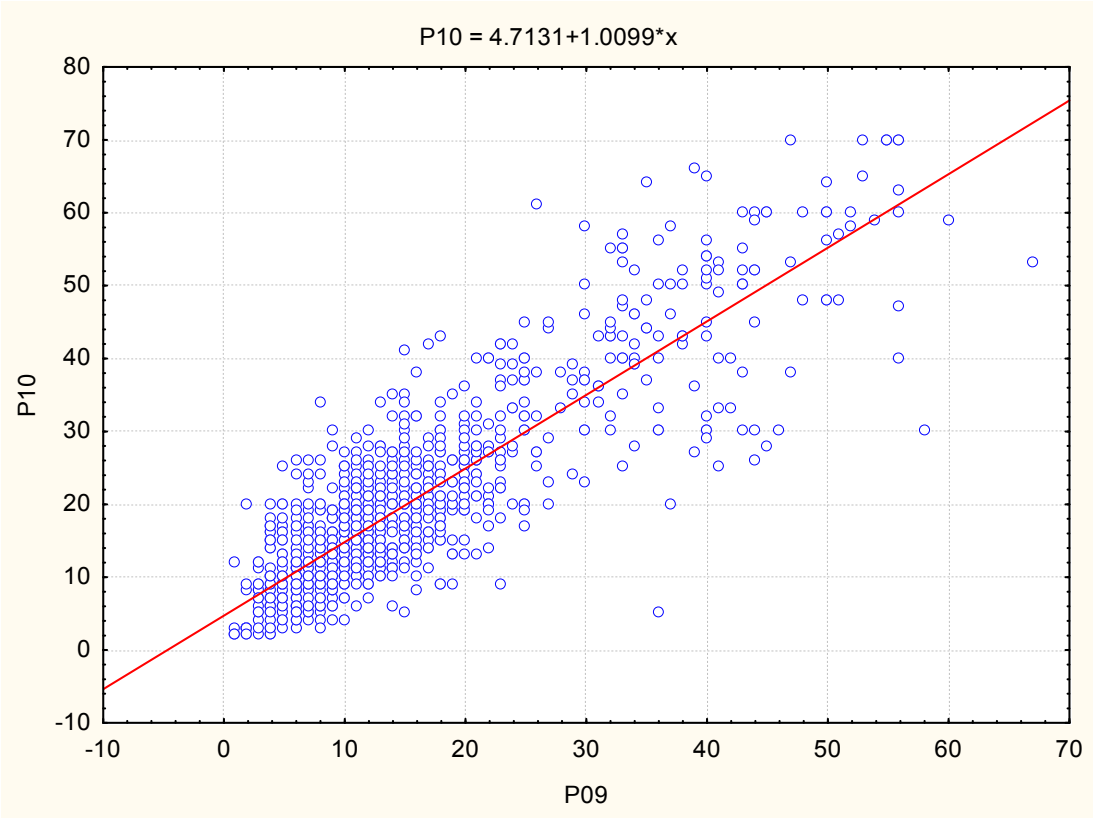
Obr. 9. Výškový přírůst v závislosti na celkové výšce stromku u přirozené obnovy - všechny plochy v roce 2010. Použit byl regresní model ve formě $P = a H^b$.



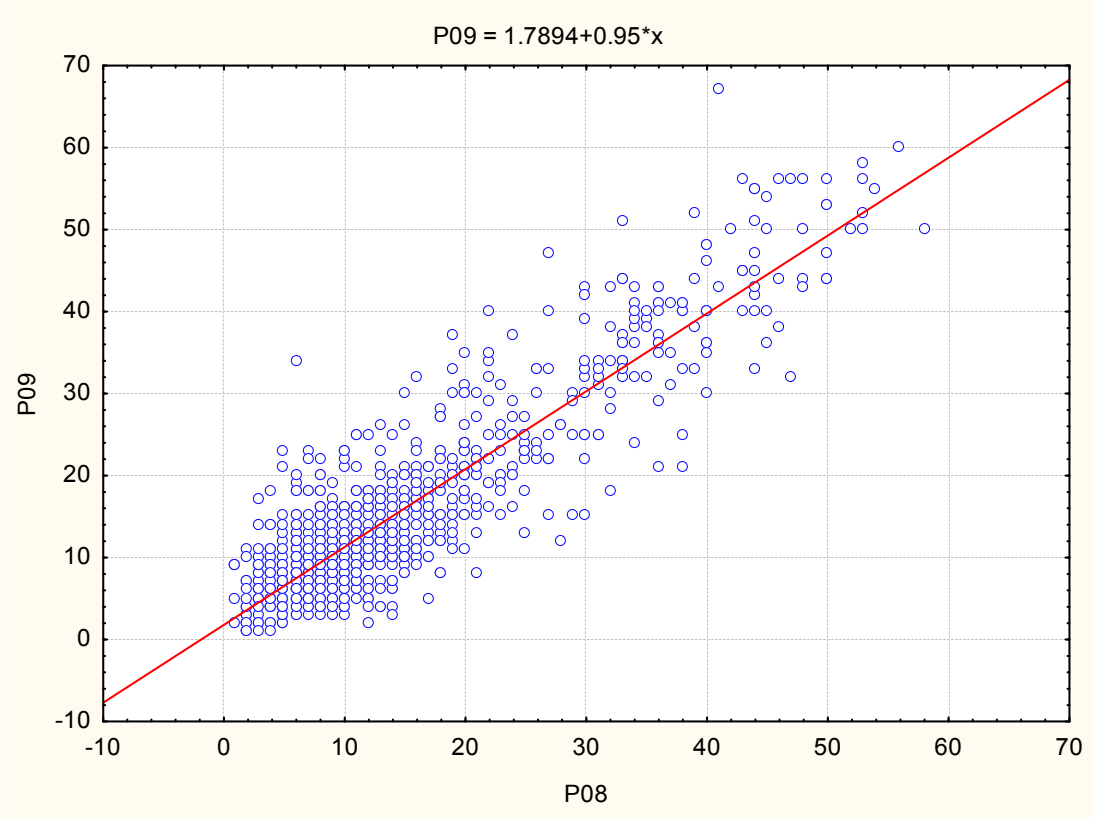
Obr. 10. Výškový přírůst v závislosti na celkové výšce stromku u umělé obnovy - všechny plochy v roce 2010. Použit byl regresní model ve formě $P = a H^b$.



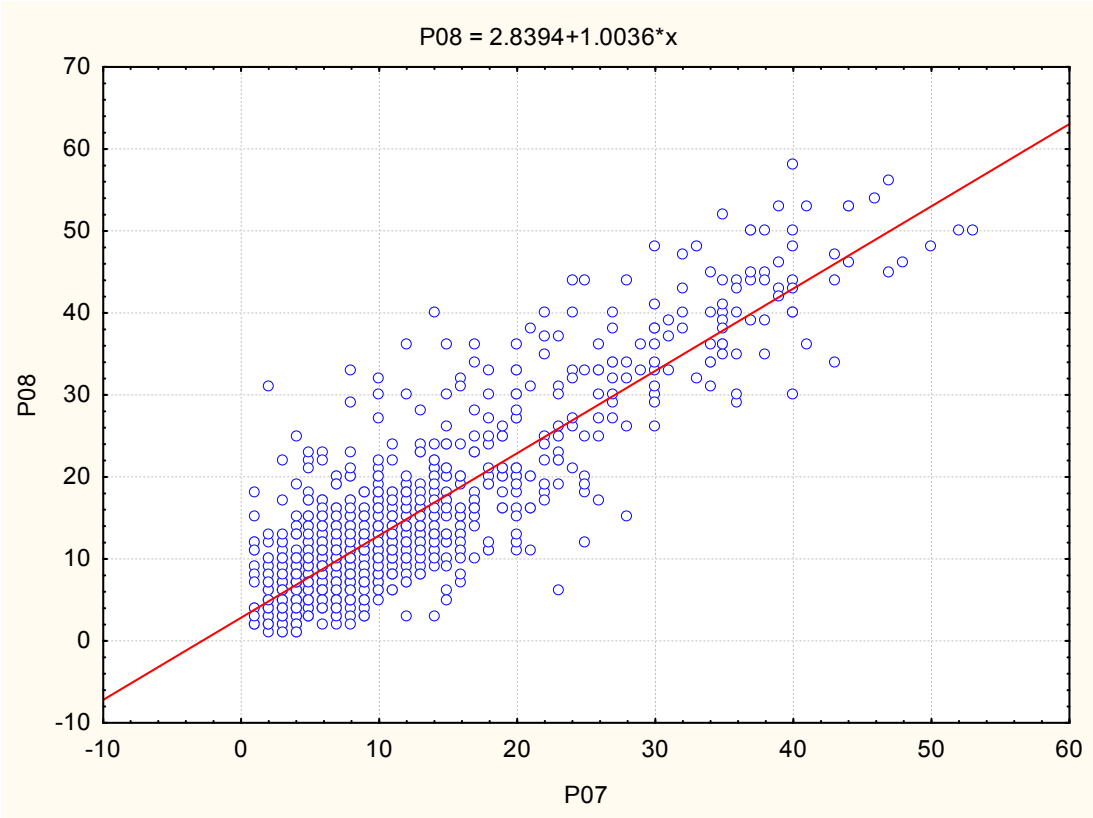
Obr. 11. Velikost průměrného výškového přírůstu jedince o určité velikosti (50, 150 a 250 cm) v závislosti na průměrné teplotě nejteplejšího čtvrtletí daného roku podle klimatologické stanice Labská bouda.



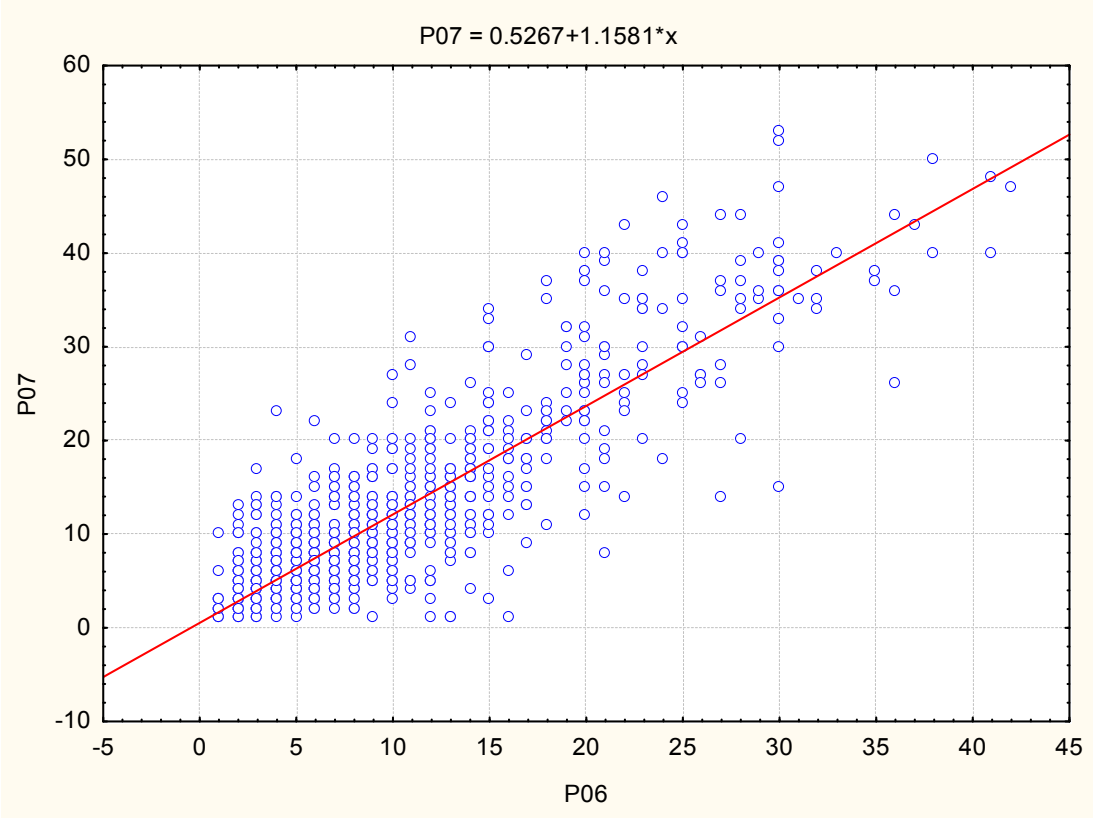
Obr. 12. Závislost výškového přírůstu v letech 2009 a 2010.



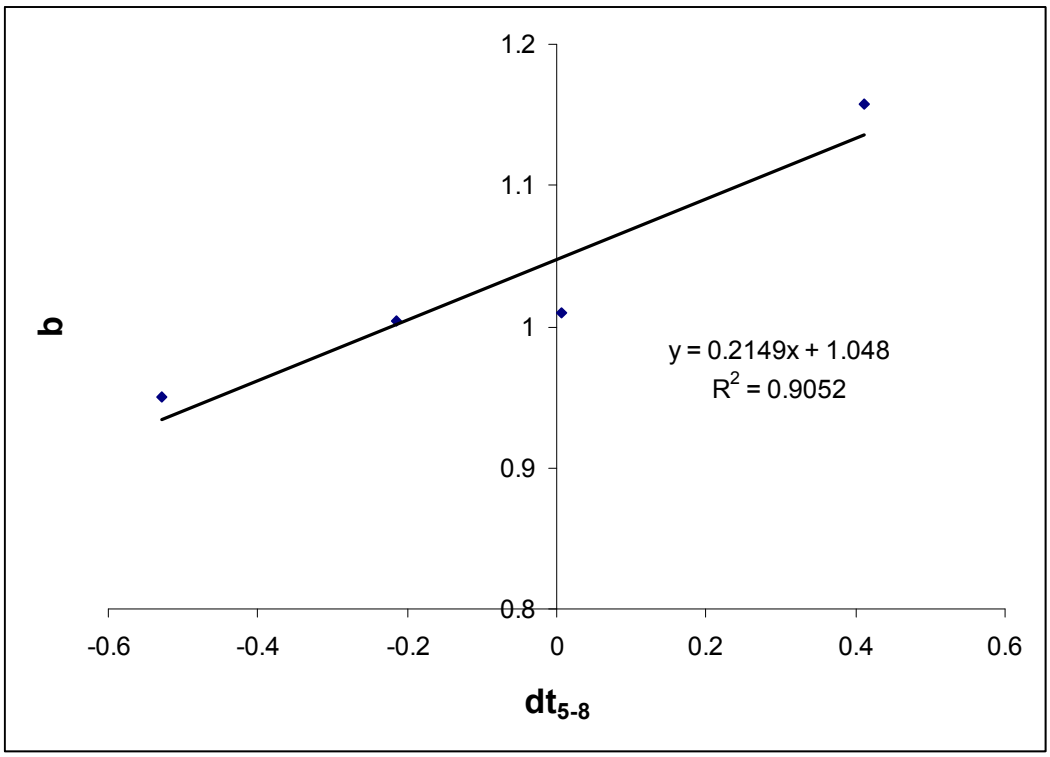
Obr. 13. Závislost výškového přírůstu v letech 2008 a 2009.



Obr. 14. Závislost výškového přírůstu v letech 2007 a 2008.



Obr. 15. Závislost výškového přírůstu v letech 2006 a 2007.



Obr. 16. Závislost meziroční změny výškového přírůstu vyjádřené regresním koeficientem b (viz grafy na Obr. 12-15) na rozdílu průměrných teplot v měsících květen až srpen (podle stanice Labská bouda) v příslušných letech..

Literatura

Franklin J. (2009): Mapping species distributions. Spatial inference and prediction. - Cambridge University Press, Cambridge etc., 320 p.

Hill T., Lewicki P. (2007): STATISTICS: Methods and Applications. - StatSoft, Tulsa, OK. [elektronická verze viz http://www.statsoft.com/textbook/]

Ivanek O., Matějka K., Novotný P. (2009): Genetická struktura dvou částí porostu smrku ztepilého při horní hranici lesa na území KRNAP [Genetic structure of two parts of Norway spruce stand near the alpine forest limit in the Krkonoše National Park] - Zprávy lesnického výzkumu, 54: 300-306.

Matějka K. (2009): Nápověda k programu PlotOA. Plotting of ordination diagrams and cartograms. - URL: http://www.infodatasys.cz/software/hlp_PlotOA/plotoa.htm

Matějka K. (2010): Globální gradienty teploty v České republice. – IDS, Praha, 3p. URL: http://www.infodatasys.cz/climate/globalgradients.pdf

Matějka K. (2011a): Management biodiversity v Krkonoších a na Šumavě - zpráva spoluřešitele za rok 2010. - URL: http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/IDSreport2010.pdf

Matějka K. (2011b): Rozbor průběhu počasí na Churáňově (Šumava) v období 1983-2010 a jeho možná interpretace z hlediska dynamiky ekosystémů. - URL: http://www.infodatasys.cz/climate/churanov1983-2010.pdf

McCune B., Keon D. (2002): Equations for potential annual direct incident radiation and heat load. - Journal of Vegetation Science, 13: 603-606.

Vacek S., Matějka K., Simon J., Malík V., Schwarz O., Podrázský V., Minx T., Tesař V., Anděl P., Jankovský L., Mikeska M. (2007): Zdravotní stav a dynamika lesních ekosystémů Krkonoš pod stresem vyvolaným znečištěním ovzduší [Health status and dynamics of forest ecosystems under air pollution stress in the Giant Mts.] In: Folia Forestalia Bohemica, Vol. 4. - Lesnická práce, s.r.o., Kostelec n. Černými lesy, 216 p.

Wilson J.P., Gallant J.C. [eds.] (2000): Terrain analysis. Principles and applications. - John Wiley & Sons, Inc., New York etc., 479 pp.

Příloha 1.

Fytocenologické snímky na modelových plochách.

snímek	16/11	37/11	15/11	14/11
lokalita	6	3	5	4
datum	19.7.2011	2.9.2011	19.7.2011	19.7.2011
sklon	8	30	15	45
expozice	265	345	50	210
plocha	100	200	100	100
pokryvnost E_2 (%)	30	25	15	5
pokryvnost E_1 (%)	95	95	90	60
pokryvnost E_0 (%)	20	45	30	5
E_2				
Picea abies (L.) Karsten	99%	100%	100%	100%
Sorbus aucuparia L.	1%			
E_1				
Picea abies (L.) Karsten	+	1	1	1
Avenella flexuosa (L.) Drejer	3	2-3	1	1
Calamagrostis villosa (Chaix) J. F. Gmelin	2	2	+	r
Vaccinium myrtillus L.	1	2-3	4	+-1
Vaccinium vitis-idaea L.		r		2
Epilobium angustifolium L.	r	r	+	
Trientalis europaea L.	+	+	+-1	
Athyrium distentifolium Opiz.	+	1-2		
Senecio ovatus (G., M. et Sch.) Willd.	+	r		
Sorbus aucuparia L.	r	r		
Galium saxatile L.	1			
Juncus filiformis L.	1			
Deschampsia cespitosa (L.) P. B.	+			
Rumex arifolius All.	+			
Senecio hercynicus Herborg	+			
Silene dioica (L.) Clairv.	+			
Silene vulgaris (Moench) Garcke	+			
Bistorta major S. F. Gray	r			
Veratrum album subsp. lobelianum (Bernh.) Arcang.	r			
Dryopteris dilatata (Hoffm.) A. Gray		1	+	
Lycopodium annotinum L.		1		
Oxalis acetosella L.		1		
Homogyne alpina (L.) Cass.		+		
Betula carpatica Willd.		r		
Rubus idaeus L.		r		
Athyrium filix-femina (L.) Roth			1	
Calluna vulgaris (L.) Hull				3
Hieracium laevigatum Willd.				r

Poznámka: Použita Braun-Blanquetova stupnice pokryvnosti.

Foto 1. Pohled do porostu na ploše 6, snímek 16/11. Umělá obnova na lokalitě se svěží až vlhkou půdou.

Foto 2. Pohled do porostu na ploše 3, snímek 37/11. Přirozená obnova pod rozpadlým stromovým patrem mateřského porostu.

Foto 3. Pohled do porostu na ploše 5, snímek 15/11. Přirozená obnova v místech rozpadu stromového patra.

Foto 4. Pohled do porostu na ploše 4, snímek 14/11. Umělá obnova na extrémním stanovišti na lokalitě, která byla v minulosti využívána jako pastvina. Zde je tato obnova jen málo úspěšná, stromy mají jen malý přírůst.

Foto 5. Lokalita 9 (TVP22) představuje přirozenou obnovu na místech, kde došlo k plošnému narušení mateřského porostu větrem. Skladba porostu byla sledována ještě před jeho rozpadem (IVANEK ET AL. 2009).

Foto 6. Příklad fenotypu mladého smrku s malými přírůsty, krátkými a hustými jehlicemi na lokalitě 9.

Foto 7. Příklad fenotypu mladého smrku s extrémně velkými přírůsty, dlouhými a řídkými jehlicemi na lokalitě 9. Jedinci tohoto fenotypu nejsou vhodní pro horské polohy 8. lvs, kde dochází k jejich mechanickému a mrazovému poškozování.

Foto 8. Srovnání větviček dvou odlišných fenotypů mladého smrku (viz též Foto 6-7).