

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra ekologie a životního prostředí



**Klimato-fenologická srovnávací analýza tří
stanovišť alpského bezlesí Vysokých Sudet
na příkladu druhů
Calluna vulgaris a *Vaccinium myrtillus***

David Zahradník

Diplomová práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Mgr. v oboru

Ochrana přírody

Vedoucí práce: RNDr. Marek Banaš, Ph.D.

Olomouc 2011

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr.
Marka Banaše Ph.D. a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci 6. května 2011

.....

podpis

Zahradník, D.: Klimato-fenologická srovnávací analýza tří stanovišť alpského bezlesí Vysokých Sudet na příkladu druhů *Calluna vulgaris* a *Vaccinium myrtillus*. Diplomová práce. Katedra ekologie a životního prostředí PřF UP v Olomouci, 61 stran, 14 příloh, česky.

Abstrakt

V prostředí alpského bezlesí nejvyšších vysokosudetských partií byl na třech cílových lokalitách (Petrovy kameny, Králický Sněžník, Studniční hora) v letech 2009 a 2010 prováděn klimato-fenologický průzkum. V rámci fenologického šetření byly v týdenních intervalech sledovány fenologické projevy druhů *Vaccinium myrtillus* a *Calluna vulgaris*. Tato šetření byla v jednotlivých zájmových územích doplněna průběžným monitoringem klimatických veličin – teploty vzduchu, teploty půdního povrchu, teploty půdy, srážek a sněhových charakteristik v průběhu zimního období. Z posbíraných terénních dat byl vyhotoven podrobný popis fenologického vývoje druhů *Vaccinium myrtillus* a *Calluna vulgaris*, který byl konfrontován s výstupy klimatického monitoringu. Z provedených analýz vyplývá několik zajímavých výsledků, které přispívají k pochopení komplexních vztahů mezi alpskou vegetací a drsnými podmínkami prostředí, v nichž se vyskytuje. Příkladem může být zjištění, že na nejchladnější ze tří studovaných cílových lokalit – Studniční hoře, nedochází na rozdíl od Králického Sněžníku a Petrových kamenů vlivem dostatečné mocnosti sněhové pokrývky v zimním období k intenzivnímu promrzání půdy a půdního povrchu, což i při průměrných zimních teplotách pod (-10) °C s vysokou mírou pravděpodobnosti umožňuje zdejší vegetaci částečné zachování fotosyntetické aktivity v zimním a předjarním období. Tento faktor pak spolu s vlastnostmi tajícího sněhu na jaře způsobuje, že i při nesrovnatelně menší dotaci energie v podobě klíčových klimatických faktorů nastávají první fenofáze na Studniční hoře, ve srovnání s ostatními, teplotně příznivějšími lokalitami, dříve či ve stejné době. Zjištěné informace o fenologii dvou typických zástupců alpských keříčků mohou posloužit jako vhodný základ pro výzkum vlivů globálních změn prostředí na alpské ekosystémy.

Klíčová slova: fenologické projevy rostlin, alpské bezlesí, teplota půdy, sněhové charakteristiky, sezónní variabilita klimatu, podmínky prostředí.

Zahradník, D.: Climate-phenological comparative analysis of three alpine sites in the High Sudetes on the example species *Calluna vulgaris* and *Vaccinium myrtillus*. Master Thesis, Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University of Olomouc, 61 pp., 14 Appendices, in Czech.

Abstract

In the highest High Sudeten Mts. parts of Alpine forest-free area, there was a climate-phenological research exercised at three target localities (Petrovy kameny, Králický Sněžník, Studniční hora) in years 2009 and 2010. Within the frame of this research phenological approves of species *Vaccinium myrtillus* and *Calluna vulgaris* were observed weekly. In the each concerned area, this investigation was coupled with continuous monitoring of climate magnitude – air temperature, soil-surface temperature, soil temperature, rainfall and snow characteristics during the winter period. On the grounds of collected terrain data it was made detail description of phenological emergence of species *Vaccinium myrtillus* and *Calluna vulgaris*. This description was confronted with outcomes of climate monitoring. The performed analysis follows some interesting issues, that are contributing to understanding complex relations between alpine vegetation and its hard environment conditions. For example, in the coldest area from the three target locality observed – Studniční hora, thanks to high snow cover in the winter period there is not intensively frozen soil and soil surface in contradiction to Králický Sněžník and Petrovy kameny. This fact probably makes possible partial photosynthetic activity of local vegetation even in average winter temperature below (-10) °C. This element in conjunction with characteristics of melting snow in the spring causes, that even with much more less energy from key climate elements, there are coming up the first phenophase in the Studniční hora earlier or at the same time like in the other areas with higher temperature. The informations discovered about phenology of two typical representatives of alpine shrubs can be the right base for research of global environment changes influence to alpine ecosystems.

Keywords: plant phenology, alpine area, soil temperature, snow characteristics, seasonal climate variability, environmental conditions.

Obsah

Seznam tabulek.....	vii
Seznam obrázků.....	viii
Poděkování.....	x
1. Úvod.....	1
2. Cíle práce.....	3
3. Charakteristika zájmového území.....	4
3.1 Obecná charakteristika zájmového území.....	4
3.1.1 Petrovy kameny.....	4
3.1.2 Králický Sněžník.....	5
3.1.3 Studniční hora.....	7
3.2 Klimatická charakteristika zájmového území.....	8
3.2.1 Petrovy kameny (CHKO Jeseníky).....	8
3.2.2 Králický Sněžník (NPR Králický Sněžník).....	10
3.2.3 Studniční hora (NP Krkonoše).....	12
3.3.1 Brusnice borůvka (<i>Vaccinium myrtillus</i>).....	15
3.3.2 Vřes obecný (<i>Calluna vulgaris</i>).....	16
4. Metodika výzkumu.....	18
4.1 Design a založení výzkumu.....	18
4.2 Sledování klimatických faktorů prostředí.....	18
4.3 Sledování fenologických projevů.....	20
4.4 Východiska a design zpracování výsledkové části práce.....	21
4.5 Metodika zpracování výsledků.....	23
5. Výsledky.....	24
5.1 Klimatická analýza lokalit Petrovy kameny, Králický Sněžník a Studniční hora na příkladu let 2009 a 2010.....	24
5.2 Fenologická analýza lokalit Petrovy kameny, Králický Sněžník a Studniční hora na příkladu druhů <i>Vaccinium myrtillus</i> a <i>Calluna vulgaris</i>	32
5.3 Klimato-fenologický popis lokalit Petrovy kameny, Králický Sněžník a Studniční hora – modely energetické bilance fenofázi (MEBF).....	41
6. Diskuze.....	47
7. Závěr.....	54
8. Literatura.....	55
9. Přílohy.....	61

Seznam tabulek

Tab. 1: Průměrné rozdělení směru větrů na Petrových kamenech v % (Tejnský et Tejnská 1972)	10
Tab. 2: Srovnání mezisezónních teplotních průměrů a mezních hodnot teploty vzduchu na studovaných lokalitách Vysokých Sudet [°C].....	24
Tab. 3: Přehled měsíčních teplotních optim a minim na studovaných lokalitách za období 1.1.2009 – 31.12.2010 [°C]	26
Tab. 4: Charakteristiky teploty půdy a půdního povrchu na sledovaných lokalitách za období za období 1.1.2009 – 31.12.2010 [°C]	28
Tab.5: Přehled srážkové činnosti na studovaných lokalitách za období 1.1.2009 – 31.12.2010 [mm]	29
Tab. 6: Sněhové charakteristiky na studovaných lokalitách v zimě 2008/2009 a 2009/2010	31
Tab. 7: Statistický výstup MANOVA – srovnávací analýza stanovišť z hlediska dotace klíčovými klimatickými faktory prostředí	46

Seznam obrázků

Obr. 1: Průběh denní průměrné teploty vzduchu za období 1.1.2009 – 31.12.2010 na lokalitě Petrovy kameny [°C].....	25
Obr. 2: Průběh denní průměrné teploty vzduchu za období 1.1.2009 – 31.12.2010 na lokalitě Králický Sněžník [°C].....	25
Obr. 3: Průběh denní průměrné teploty vzduchu za období 1.1.2009 – 31.12.2010 na lokalitě Studniční hora [°C]	25
Obr. 4: Přehled teploty půdního povrchu a teploty půdy na lokalitě Petrovy kameny za období 1.1.2009 – 31.12.2010 [°C]	27
Obr. 5: Přehled teploty půdního povrchu a teploty půdy na lokalitě Králický Sněžník za období 1.1.2009 – 31.12.2010 [°C].....	27
Obr. 6: Přehled teploty půdního povrchu a teploty půdy na lokalitě Studniční hora za období 1.1.2009 – 31.12.2010 [°C].....	28
Obr. 7: Přehled počtu dnů s promrzlou půdou v 5 cm pod povrchem na studovaných lokalitách za období 1.1.2009 – 31.12.2010	29
Obr. 8: Vývoj srážkové činnosti na lokalitě Petrovy kameny za období 1.1.2009 – 31.12.2010 [mm]	30
Obr. 9: Vývoj srážkové činnosti na lokalitě Králický Sněžník za období 1.1.2009 – 31.12.2010 [mm]	30
Obr. 10: Vývoj srážkové činnosti na lokalitě Studniční hora za období 1.1.2009 – 31.12.2010 [mm]	30
Obr. 11: Vývoj sněhové pokrývky v zimě 2008/2009 na studovaných lokalitách [cm]	31
Obr. 12: Vývoj sněhové pokrývky v zimě 2009/2010 na studovaných lokalitách [cm]	32
Obr. 13: Schéma pozorovaných fenofází brusnice borůvky (<i>Vaccinium myrtillus</i>) v sezóně 2009	32
Obr. 14: Schéma pozorovaných fenofází brusnice borůvky (<i>Vaccinium myrtillus</i>) v sezóně 2010	32
Obr. 15: Schéma pozorovaných fenofází vřesu obecného (<i>Calluna vulgaris</i>) v sezóně 2009	33
Obr. 16: Schéma pozorovaných fenofází vřesu obecného (<i>Calluna vulgaris</i>) v sezóně 2010	33
Obr. 17: Začátek fenofáze B1 na studovaných lokalitách.....	33
Obr. 18: Konec fenofáze B1 na studovaných lokalitách.....	33
Obr. 19: Délka trvání fenofáze B1 na studovaných lokalitách.....	34
Obr. 20: Prům. délka trvání fenofáze B1 v monitorovaných sezónách.....	34
Obr. 21: Prům. délka trvání intervalu od nástupu B1 do nástupu B5 na studovaných lokalitách.....	34
Obr. 22: Prům. délka trvání intervalu od nástupu B1 do nástupu B5 na studovaných lokalitách.....	34
Obr. 23: Začátek fenofáze B2 na studovaných lokalitách.....	35
Obr. 24: Konec fenofáze B2 na studovaných lokalitách.....	35
Obr. 25: Délka fenofáze B2 na studovaných lokalitách.....	35
Obr. 26: Prům. délka trvání fenofáze B2 v monitorovaných sezónách.....	35
Obr. 27: Začátek fenofáze B3 na studovaných lokalitách.....	35
Obr. 28: Konec fenofáze B3 na studovaných lokalitách.....	35

Obr. 29: Délka fenofáze B3 na studovaných lokalitách.....	35
Obr. 30: Prům. délka trvání fenofáze B3 v monitorovaných letech.....	35
Obr. 31: Začátek fenofáze B5 na studovaných lokalitách.....	36
Obr. 32: Konec fenofáze B3 na studovaných lokalitách.....	36
Obr. 33: Délka fenofáze B5 na studovaných lokalitách.....	36
Obr. 34: Prům. délka trvání fenofáze B5 v monitorovaných sezónách.....	36
Obr. 35: Začátek fenofáze B6 na studovaných lokalitách.....	37
Obr. 36: Prům. doba začátku fenofáze B6 na studovaných lokalitách.....	37
Obr. 37: Začátek fenofáze V1 na studovaných lokalitách.....	37
Obr. 38: Konec fenofáze V1 na studovaných lokalitách.....	37
Obr. 39: Délka fenofáze V1 na studovaných lokalitách.....	38
Obr. 40: Prům. délka trvání fenofáze V1 v monitorovaných sezónách	38
Obr. 41: Začátek fenofáze V2 na studovaných lokalitách	38
Obr. 42: Konec fenofáze V2 na studovaných lokalitách.....	38
Obr. 43: Délka fenofáze V2 na studovaných lokalitách.....	38
Obr. 44: Prům. délka trvání fenofáze V2 v monitorovaných sezónách	38
Obr. 45: Začátek fenofáze V3 na studovaných lokalitách	39
Obr. 46: Prům. doba začátku fenofáze V3 na studovaných lokalitách	39
Obr. 47: Prům. délka intervalu od nástupu B1 do nástupu B6 na studovaných lokalitách	40
Obr. 48: Prům. délka intervalu od nástupu B1 do nástupu B6 v monitorovaných sezónách	40
Obr. 49: Prům. délka intervalu od nástupu V1 do nástupu V3 na studovaných lokalitách	40
Obr. 50: Prům. délka intervalu od nástupu V1 do nástupu V3 v monitorovaných sezónách	40
Obr. 51: Dotace faktorem SET v prům. den nástupu fenofáze B1.....	41
Obr. 52: Dotace faktorem PP v prům. den nástupu fenofáze B1	41
Obr. 53: Dotace faktorem P5 v prům. den nástupu fenofáze B1	41
Obr. 54: Dotace faktorem SS v prům. den nástupu fenofáze B1	41
Obr. 55: Dotace faktorem SET v prům. den nástupu fenofáze B2.....	42
Obr. 56: Dotace faktorem PP v prům. den nástupu fenofáze B2	42
Obr. 57: Dotace faktorem P5 v prům. den nástupu fenofáze B2	42
Obr. 58: Dotace faktorem SS v prům. den nástupu fenofáze B2	42
Obr. 59: Dotace faktorem SET v prům. den nástupu fenofáze B3.....	43
Obr. 60: Dotace faktorem PP v prům. den nástupu fenofáze B3	43
Obr. 61: Dotace faktorem P5 v průměrný den nástupu fenofáze B3	43
Obr. 62: Dotace faktorem SS v průměrný den nástupu fenofáze B3	43
Obr. 63: Dotace faktorem SET v prům. den nástupu fenofáze V1	44
Obr. 64: Dotace faktorem PP v prům. den nástupu fenofáze V1	44
Obr. 65: Dotace faktorem P5 v prům. den nástupu fenofáze V1	44
Obr. 66: Dotace faktorem SS v prům. den nástupu fenofáze V1	44
Obr. 67: Dotace faktorem SET v prům. den nástupu fenofáze V2	44
Obr. 68: Dotace faktorem PP v prům. den nástupu fenofáze V2	44
Obr. 69: Dotace faktorem P5 v prům. den nástupu fenofáze V2	45
Obr. 70: Dotace faktorem SS v prům. den nástupu fenofáze V2	45
Obr. 71: Dotace faktorem SET v prům. den nástupu fenofáze V3	45
Obr. 72: Dotace faktorem PP v prům. den nástupu fenofáze V3	45
Obr. 73: Dotace faktorem P5 v prům. den nástupu fenofáze V3	45
Obr. 74: Dotace faktorem SS v prům. den nástupu fenofáze V3	45

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé práce RNDr. Marku Banašovi, Ph.D a všem svým milým kolegům za pomoc při mnohdy nelehkém sběru dat.

Zvláštní dík patří Evě Jiráskové, bez níž by výsledný text zřejmě nevzniknul dříve než napřesrok.

1. Úvod

Klimatické podmínky představují v prostředí alpínského bezlesí zásadní limitní faktor pro výskyt rostlinných společenstev. Ekosystém se vyznačuje velmi krátkým vegetačním obdobím, průměrnou roční teplotou pohybující se v podmínkách střední Evropy v rozmezí 0–2 °C (Vesecký 1961, Lednický 1985, Głowicki 1997) (většina dřevin přitom vyžaduje pro uskutečnění základních metabolických pochodů průměrnou roční teplotu nad 5 °C), vysokými teplotními extrémy při povrchu země (důsledek střídání dne a noci na stanovištích vystavených přímému oslunění) a silným působením větru, který se projevuje jako výrazný deflační a korozní činitel. Pro exponované horské partie je navíc typická minimální vrstva sněhu v zimním období, umožňující intenzivní promrzání půdy a zároveň vysoká míra tvorby námrazy (Lednický 1985 – na 1 m drátu naměřeno na vrcholové části Pradědu 28 kg námrazy).

Z dlouhodobého hlediska je v daném prostředí možná existence pouze takových rostlinných druhů, které jsou schopny přizpůsobit svou životní strategii drsným klimatickým podmínkám a v důsledku toho rovněž omezené dostupnosti zdrojů (Sørensen 1941, Walker et al. 1995). Mimo jiné i tento fakt umožnil ve vrcholových partiích Vysokých Sudet výskyt charakteristických a co do výskytu jedinečných vegetačních formací, které by v příznivějších podmínkách, například v důsledku konkurence, často nemohly existovat.

V posledních letech pozorujeme v alpínských ekosystémech četné projevy klimatických změn (Peters et Darling 1985, Hall 1988, Ozenda et Borel 1991, Maxwell 1992, Körner 1999, IPCC 2008). Celosvětově dochází v horských oblastech k průkaznému zvyšování teplot vzduchu (Krajčick 2004), jehož důsledkem je kupříkladu v Alpách zřetelný nárůst druhové bohatosti v nejvyšších partiích v důsledku invazí rostlin z nižších poloh, a to až v 90 % případů (Messerli et Ives 1997). Neméně důležitým projevem klimatických změn je trend, směřující k extremizaci v prostorově-časovém schématu distribuce srážkové činnosti (Trenberth 1998, 1999). Již chod srážkové činnosti v rámci teplejší periody klimatologických záznamů (od r. 1980) vykazuje bimodální rozdělení. Na jedné straně dochází k posunům směrem k sušším podmínkám a, na straně druhé, k extrémním srážkovým událostem (Beniston et al. 1997). S tím souvisí zvýšení

variability v obsahu půdní vlhkosti se zásadními důsledky pro terestrické ekosystémy (Austin et al. 2004). Právě množství vody v prostředí v kombinaci s teplotou totiž patří mezi zásadní faktory, které výrazně ovlivňují podmínky existence alpínských společenstev (Körner 1999, Jobbágy et Sala 2000).

Riziko, spojené se zásadní proměnou alpínského prostředí v důsledku klimatických změn, se netýká pouze vysokých pohoří. Rozsáhlými změnami, především v druhovém složení, jsou ohroženy rovněž pohoří Vysokých Sudet (Soukupová 2001). Vrcholové partie Krkonoš, Králického Sněžníku a Jeseníku přitom patří mezi přírodovědecky nejcennější části Hercynského pohoří střední Evropy s četným zastoupením reliktních a endemických forem.

Jednou z možností, jak pozorovat vliv klimatu nejen na alpínskou vegetaci, je pravidelné a dlouhodobé sledování sezónních fenologických projevů rostlin pod vlivem mikroklimatických podmínek. I přes fakt, že je fenologie projevem ontogenetického vývoje, byla už mnohokrát prokázána významná závislost mezi klimatem a fenologií rostlin, a to v téměř všech ekosystémech, které vykazují sezónní variabilitu klimatu (Leith 1974, Rathcke et Lacey 1985).

U arktických a alpínských ekosystémů je tento vztah obzvláště významný. Přizpůsobení se zdejšími obtížnými podmínkám se u rostlin odráží ve specifické růstové a reprodukční fenologii, která vyazuje vysokou citlivost vůči změnám v dostupnosti zdrojů a to i v relativně krátkodobém horizontu (Larcher 1983, Walker et al. 1995, Körner et al. 1997). Této vlastnosti horské vegetace lze úspěšně využít k indikaci projevů klimatických změn a k predikci jejich budoucího vývoje a dopadů.

Zásadním problémem Vysokých Sudet je doposud velmi nízká probádanost v oblasti fenologických projevů rostlin, a to zejména v prostředí alpínského bezlesí. Vychází to především z obtížné dostupnosti a tím vysoké časové (a tedy i finanční) nákladnosti takových sledování.

Doposud zde chybí ucelenější analýza charakteristických sezónních fenologických projevů rostlin, která by zároveň v kompaktní podobě a jednotné metodické struktuře odrážela nehomogenní podmínky jednotlivých částí sudetského masívu.

2. Cíle práce

Cílem práce je definovat za pomoci srovnávací analýzy fenologický vývoj dvou typických zástupců společenstva alpínských keříčků – *Calluna vulgaris* a *Vaccinium myrtillus* na třech cílových stanovištích alpínského bezlesí Vysokých Sudet: Petrových kamenech (CHKO Jeseníky), Králickém Sněžníku (NPR Králický Sněžník) a Studniční hoře (NP Krkonoše) a konfrontovat jej s monitorovanými faktory klimatu, jakožto limitujícího činitele výskytu vegetace v daném ekosystému.

3. Charakteristika zájmového území

3.1 Obecná charakteristika zájmového území

Zájmové území je tvořeno třemi studovanými lokalitami, jež se nacházejí v nejvyšších polohách alpínského bezlesí Vysokých Sudet. Konkrétně se jedná o vrcholové plató Petrových kamenů (Hrubý Jeseník), vrcholové partie Králického Sněžníku a vrcholové partie Studniční hory (Krkonoše).

Území charakterizují deflační vrcholové plošiny a vrcholy, typické extrémními ekologickými podmínkami, jež jsou výrazně umocňovány především účinky větru, jehož vlivem bývá zemský povrch v zimním období kryt jen tenkou vrstvou sněhu, což způsobuje promrzání půdy a aktivní kryopedogenetické pochody, jejichž výsledkem je např. tvorba mrazových půdních forem (Chytrý et al. 2001).

3.1.1 Petrovy kameny

Lokalita se nalézá ve vrcholové části Hrubého Jeseníku. Orograficky patří k Pradědské hornatině, která spadá do Sudetské soustavy (Kavalec 1982).

Cílová lokalita Petrovy kameny je situována cca 60 m západně od vrcholové skály Petrových kamenů, v nadmořské výšce 1430 m. Nachází se na území bývalé státní přírodní rezervace Petrovy kameny (dnes součást NPR Praděd), na katastrálním území Malá Morávka (GPS: 50°4'6N, 17°13'53E).

Geomorfologicky náleží prostor Petrových kamenů do desenské klenby, jež je tvořena krystalickým jádrem a mladším pláštěm (fylity s vložkami sedimentovaných křemitých břidlic) (Kavalec 1982). Území se vyznačuje komplikovaným polygenetickým reliéfem. Dominantními prvky, jež udávají ráz studovaného území, je skupina skal z břidlic a rul, na něž je vázána řada vzácných rostlin, především lišejníků a mechů, často endemitních forem a severovýchodní svah směrem k Ovčárně o průměrném sklonu 33 %. Geologicky je území tvořeno proterozoickými horninami, assyntsky zvrásněnými, s různým stupněm variského

Cílová lokalita leží na území NPR Králický Sněžník (vyhlášena r. 1990), asi 150 m jihovýchodně od vrcholu Králického Sněžníku v nadmořské výšce cca 1415 m.

Geomorfologicky náleží lokalita do hercynského systému, v rámci nějž spadá do Krkonošsko-jesenické (Sudetské) soustavy (Demek et al. 1987). Králický Sněžník je kerné pohoří, vzniklé tektonickými zdvihy v mladších třetihorách (Jahn et al. 1996). Území spadá do západosudetské oblasti (Iugikum), která je tvořena krystalickými horninami z období proterozoikum až paleozoikum (Faltysová et al. 2002). Jedná se o východní křídlo orlicko-sněžnického krystalinika. Geologické podloží je velmi blízké předchozí lokalitě, je tvořeno především přeměněnými horninami (břidlice, fylity, ruly a svory), v menší míře se zde vyskytují krystalické vápence a dolomity. Ve čtvrtohorách bylo území modelováno ledovcem, vznikl charakteristický amfiteátr řeky Moravy, mrazové sruby, kamenná moře a jiné periglaciální jevy. V krystalických vápencích a dolomitech v údolí horního toku Moravy vznikl pozoruhodný kras s jeskyněmi, ponory a vyvěračkami. (Demek 2004). Pohoří se vyznačuje poměrně příkrými svahy (stř. sklon kolem 15°) (ibid.).

Pedologické vlastnosti stanoviště jsou obdobně jako v případě Petrových kamenů výrazně ovlivněny geologickými a klimatickými podmínkami. Charakteristická jsou iniciální stadia půd, litozemě, případně rankery. Převažujícím půdním typem je modální podzol (geoportal.gov.cz).

Vodopisně je Králický Sněžník pozoruhodnou lokalitou. Pramení zde tři toky, jejichž vody odtékají do tří moří. Liptovský potok do Severního moře, řeka Morava do Černého moře a Kladská Nisa do moře Baltského (Vacek et al. 2004).

Dle biogeografického členění řadíme lokalitu Králického Sněžníku do provincie střeoevropských listnatých lesů, hercynské podprovincie. Příslušným bioregionem je 1.70 – Jesenický. Lokalita náleží k biochoře 8ZS – Hřbety na kyselých metamorfitech 8. v.s., jež se nalézá na nejvyšších hřebtech nejvyšších hercynských pohoří (Culek 1996, 2003)

Fytogeograficky řadíme území do Českého oreofytika a okresu Králický Sněžník (mapy.nature.cz). Nad horní hranici lesa, která je zde v nadmořské výšce asi 1300–1350 m (Filipov 2007), se nachází přechod do alpského bezlesí se specifickou, na něj vázanou keříčkovou vegetací svazu *Loiseleurio procumbentis-Vaccinion* (Kočí et Chytrý 2007), vyfoukávaných alpských trávníků svazu

Juncion trifidi a zapojených alpínských trávníků svazu *Nardo strictae-Caricion bigelowii* (Kočí 2007).

3.1.3 Studniční hora

Zájmové území Studniční hora (1554 m n.m.; GPS: 50°43'37 N, 15°42'22 E) se nachází v první zóně Krkonošského národního parku, na katastrálním území Pec pod Sněžkou v Královéhradeckém kraji, v okrese Trutnov.

Studniční hora se svým výrazně kupovitým tvarem, je třetí nejvyšší vrchol České republiky a patří k nejvyšším izolovaným vrcholům Krkonoš s výskytem artko-alpínské tundry nad hranicí lesa, která se zde pohybuje okolo 1250 m n.m. (Faltysová et al. 2002). Vlastní vrchol je plochý a oblý, svahy na sever a západ jsou mírné. Naproti tomu do Modrého a zejména Obřího dolu klesá terén velmi prudce, je zde několik lavinových svahů. Známy je zejména jižní lavinový svah se sněhovým polem nazývaným Mapa republiky. Na východ a jihovýchod od vrcholu jsou pak skalnaté ledovcové kary.

Geomorfologicky náleží lokalita do hercynského systému, v rámci nějž spadá do Krkonošsko-jesenické (Sudetské) soustavy (Demek et al. 1987). Geologický podklad je tvořen muskovitickými albitickými svory až fylity. Podobně jako u jiných lokalit nad horní hranicí lesa ČR, i zde měl na formování reliéfu významný vliv čtvrtohorní ledovec. Na severně exponovaných svazích Luční a Studniční hory zřejmě v tomto období existoval i náhorní ledovec (Faltysová et al. 2002). Z tohoto období pochází také mrazové půdní formy, jako jsou polygonální a brázděné půdy (ibid.).

Půdní pokryv území je možné zařadit ke kyselým rankerům, které jsou vytvořené na mělkých výchozech kyselých hornin (Faltysová et al. 2002). Převažují kyselé a nutričně chudé půdy (Kociánová et Sekyra 1995).

Dle biogeografického členění řadíme lokalitu Studniční hory do provincie středoevropských listnatých lesů, hercynské podprovincie. Příslušným bioregionem je 1.68 – Krkonošský. Lokalita náleží k biochoře 8BR – Rozřezané plošiny na kyselých plutonitech 8. v. s. (Culek 1996, 2003).

Fytogeograficky řadíme území do Českého oreofytika a okresu Krkonoše subalpínské (mapy.nature.cz). Studované stanoviště na úpatí Studniční hory se

opět vyznačuje keříčkovou vegetací svazu *Loiseleurio procumbentis-Vaccinion*, vyfoukávaných alpínských trávníků svazu *Juncion trifidi* a zapojených alpínských trávníků svazu *Nardo strictae-Caricion bigelowii* (Kociánová et Sekyra 1995).

3.2 Klimatická charakteristika zájmového území

3.2.1 Petrovy kameny (CHKO Jeseníky)

Lokalita Petrovy kameny leží v pohoří Hrubého Jeseníku, které je jádrem CHKO Jeseníky, a nachází se na rozhraní dvou klimatických oblastí. Západní hranice kontinentálního klimatu se zde setkává s doznívajícími vlivy klimatu atlantického. Vyznačuje se vysokou relativní vlhkostí a převládajícím západním větrným prouděním, které přináší značné množství srážek. Podle Quitta (Quitt 1971) je horská část CHKO Jeseníky řazena k chladné oblasti, ostatní území patří k mírně teplé oblasti. Pro území je charakteristická značná proměnlivost počasí, která je způsobena všeobecným charakterem vzdušné cirkulace nad střední Evropou a navíc je zvýrazněna členitým reliéfem.

Průměrná roční teplota vzduchu (měřeno na meteorologické stanici Praděd) je 1,1 °C, přičemž nejteplejším měsícem je červenec s průměrem 9,7 °C a nejchladnějším leden s průměrnou teplotou (-7,5) °C. Na lokalitě trvá během roku nejdéle období s průměrnou denní teplotou pod bodem mrazu, jež má průměrnou délku 168 dní a kolísat může od 141 do 188 dnů (Lednický 1985). Hodnoty pod bodem mrazu zde však můžeme naměřit prakticky po celý rok. Letní dny s maximální teplotou nad 25 °C se zde nevyskytují (ibid).

Dosud nejvyšší teplota vzduchu byla naměřena 27. 7. 1983, kdy dosáhla hodnoty 25,2 °C, a absolutně nejnižší teplota (-32,6) °C byla zjištěna dne 9. února 1956 (Kavalec 1982, Lednický 1985)

Dalším z důležitých údajů klimatického popisu území je charakteristika oblačnosti a slunečního svitu. Nejvyšší průměrná měsíční oblačnost je zde v listopadu, kdy dosahuje 83 % a nejnižší v srpnu a září (68 %). Celoroční průměr na dané lokalitě se pak pohybuje okolo 74 %. Vysoká hodnota oblačnosti ovlivňuje nepříznivě délku slunečního svitu. V ročním průměru představují dny jasné pouhých 8 %, přičemž bez slunečního svitu je téměř třetina dnů v roce

(průměrně 121 dnů). Mlha se pak vyskytuje v 293 dnech (280,2 – Tejnský et Tejnská 1972), což představuje 80 % dnů v roce (Lednický 1972).

Relativní vzdušná vlhkost je v podmínkách Petrových kamenů poměrně vysoká – 86 % a její kolísání je v průměrných hodnotách malé. Od 85 % v květnu, červnu a srpnu do 91 % v listopadu. Běžné je však vysoké kolísání relativní vzdušné vlhkosti v průběhu dne. S ohledem na vlhkostní klasifikaci dnů lze říci, že v průměru je za rok 25 dnů suchých, 206 dnů vlhkých a 134 dnů obzvláště vlhkých (Lednický 1985).

V souvislosti s velkou relativní vlhkostí a vysokým počtem dní s mlhou je třeba zmínit fakt mimořádně silné tvorby námrazy (ibid).

Jako protiklad k nepříznivé situaci, kterou způsobují uvedené vlhkostní poměry, nastávají od podzimu do jara inverzní situace, za kterých klesá vlhkost na 10 % i méně, vzduch je průzračný a dohlednost je tak vynikající, že i pouhým okem jsou vidět Západní a Vysoké Tatry. V letním období inverzních situací ubývá a v červenci se téměř nevyskytují. Podle měření v letech 1951–1960 na Pradědu (1492 m n.m.) a v Jeseníku (423 m n.m.) bylo v lednu v průměru 8,5 % dní a v únoru 9,3 % dní s inverzí (Tejnský et Tejnská 1972).

Celek Hrubého Jeseníku je jednou ze srážkově nejbohatších oblastí České republiky. Průměrný roční úhrn srážek činí na Petrových kamenech asi 1231 mm, s maximem v červenci (180 mm) a minimem v říjnu (69 mm). Srážky přitom spadnou průměrně ve 200 dnech roku (210,8 – Tejnský et Tejnská 1972), přičemž prvenství v největším počtu srážkových dnů má červenec, nejméně jich pak je v září (Lednický 1972).

Se srážkovou činností souvisí i výskyt bouřek, kterých bývá do roka 35,3, z toho 68 % připadá na letní období s maximem v červenci (Lednický 1985).

Sníh padá průměrně v 30 % dnů roku, což představuje téměř polovinu dnů chladné poloviny roku. Sněhová pokrývka se na území Petrových kamenů drží průměrně 166,9 dne v roce (Tejnský et Tejnská 1972). Souvislá sněhová vrstva se pak vytváří průměrně v době od 4. října do 19. května. Průměrné roční maximum sněhové pokrývky činí cca 195 cm, přičemž ve sněžníku pod Petrovými kameny jsou i za na srážky chudých zimních období běžné hodnoty přes 5 m (Lednický 1985).

První sezónní sněžení bylo na meteorologické stanici Praděd zaznamenáno 5. 8. 1976. Nejpozdější sníh napadl 17. 7. 1970 (ibid).

Lokalita Petrovy kameny je známa jako místo velice větrné, což potvrzuje skutečnost, že v průměru po 214 dní v roce dosahuje vítr rychlosti vichřice a z toho v 69 dnech dokonce rychlosti mohutné vichřice (ibid.). Tato situace je velmi běžná při přechodu front, kdy dostává proudění vzduchu silně nárazový charakter a kdy jednotlivé nárazy dosahují síly až 200 km.hod^{-1} ($55,5 \text{ m.s}^{-1}$) (Tejnský et Tejnská 1972).

Průměrná rychlost větru za rok činí $7,1 \text{ m.s}^{-1}$ a největší rychlost je v měsících listopadu až lednu (Lednický 1972). Dle autorů Tejnský et Tejnská (1972) činí tento údaj $4,3 \text{ }^\circ\text{B}$, což odpovídá hodnotám $5,9$ až $8,7 \text{ m.s}^{-1}$.

Pokud se týče směru větru, převládá ve všech měsících v roce západní. Na Petrových kamenech se vyskytují i případy bezvětří, kterých je nejméně v zimních měsících a nejvíce v srpnu. Za rok je klidových situací celkem $5,2 \%$ (Lednický 1972).

Tab. 1: Průměrné rozdělení směru větrů na Petrových kamenech v % (Tejnský et Tejnská 1972)

Směr větru	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	bezvětří
% výskytu	11,8	7,2	5,7	4,0	11,6	16,1	22,8	15,3	5,5

Podnebí na lokalitách Petrovy kameny a Praděd bylo na základě metodiky komplexně-klimatického hodnocení podle Henzela-Petroviče charakterizováno následovně: v ročním souhrnu je zde v průměru $18,1 \%$ dní příznivých, $42,6 \%$ dní méně příznivých a $39,3 \%$ nepříznivých pro pobyt v přírodě.

3.2.2 Králický Sněžník (NPR Králický Sněžník)

Podnebí této oblasti lze charakterizovat jako studené, vlhké a poměrně drsné. Klimatické vlastnosti vrcholové části Králického Sněžníku ovlivňuje několik faktorů. Prvním je fakt, že pohoří Králického Sněžníku je členitým útvarem, v jehož pomyslném středu se nachází poměrně silně exponovaný vrchol – Králický Sněžník, od něž se rozbíhá systém rozsáhlých a hluboko vhloubených rozsoch. Toto terénní uspořádání je důležitým faktorem pro tvorbu zdejšího mikroklimatu.

Zásadní vliv má existence a orientace terénních sníženin na činnost větru, která je především ve vrcholové části velmi intenzivní. Tento jev, totiž systém lokální cirkulace vzduchu v závislosti na morfologii oblasti, dobře ve své práci

zdokumentoval Piasecki et Szymanowski (1993). Pro lokalitu je poměrně charakteristický tzv. fénový efekt. V závislosti na proudění ohřátých mas vzduchu je prokázáno navýšení teploty od 1,1 °C do 1,3 °C na 100 m výškového rozdílu. Krátkodobě byly změřeny i změny o 5 °C (Piasecki et Szymanowski 1993). Obecně je nejčastější západní směr proudění vzduchu (Vacek et al. 2004), druhotně pak vítr od jihu (Piasecki 1993).

Dle klimatického členění (Quitt 1971) náleží masiv Králického Sněžníku převážně k oblastem chladným CH 4, které jsou charakterizovány velmi krátkým, chladným a vlhkým létem, s velmi dlouho trvajícím přechodným obdobím s chladným jarem a mírně chladným podzimem. Zima je pak velmi dlouhá, chladná, vlhká s velmi dlouhým trváním sněhové pokrývky.

Dle chodu průměrné roční teploty můžeme masiv Králického Sněžníku ve vertikálním profilu rozlišit do čtyř klimatických pater (Hess et al. 1980). Mírně teplé patro s roční průměrnou teplotou 8–6 °C sahá do nadmořské výšky 550m. Následuje mírně chladné patro (6–4 °C) limitované nadmořskou výškou 950m. Do 1280 m n.m. zasahuje patro chladné, s teplotou 4–2 °C a vrcholové partie spadají dle klasifikace do patra velmi chladného (méně než 2 °C).

Průměrná roční teplota na sledovaném území (měřeno v Hali pod Śnieżnikiem) činí 2,4 °C (4 °C – Vacek et al 2004), přičemž ve vegetačním období, které zde, ve výšce nad 1400 m n.m. trvá průměrně 62 dnů, tato hodnota dosahuje až 9 °C (Vacek et al. 2004). Nejteplejším měsícem bývá červenec s průměrnou teplotou 11,2 °C, nejchladněji bývá v lednu (-5,4) °C. Průměrná roční teplotní amplituda pak činí 16,6 °C. Období s průměrnou denní teplotou nižší než 0 °C trvá na vrcholu Králického sněžníku přes 156 dnů s nástupem okolo 4. listopadu. Období s denním průměrem vyšším než 5 °C zde trvá cca 139,5 dne. Teplota nad 10 °C se zde vyskytuje po 44 dnů v roce (Piasecki 1993).

Území náleží k srážkově nejbohatším v ČR, vyskytují se zde však značné lokální rozdíly. Množství srážek na návětrných svazích je výrazně vyšší než na závětrných (Vacek et al. 2004).

Informace o průměrném ročním úhrnu srážek se však u jednotlivých autorů různí. Vacek et al. (2004) udává jako průměrnou hodnotu údaj 1150 mm ročně. Na internetových stránkách Sdružení obcí Orlicko můžeme nalézt hodnotu 1250 mm a dle Piaseckeho (Piasecki 1993) dokonce 1312 mm ročně. Z celkového množství srážek připadá 65 % na období od května do října, 35 % na zbytek roku

(průměrně 650 mm v rámci vegetační sezóny – Vacek et al. 2004). Srážkově nejbohatším měsícem bývá červenec, na nějž připadá 13,5 % celkového ročního úhrnu (175 mm). Oproti tomu nejméně srážek spadne v měsíci lednu (83 mm). Srážkové složení tak můžeme označit za příznivé, neboť maximum srážek spadne na Králickém Sněžníku v době začínající a vrcholící vegetační sezóny. Dle Langova dešťového faktoru spadá lokalita do perhumidní srážkové oblasti (Vacek et al. 2004). Srážky v oblasti spadnou průměrně ve 253 dnech a z toho ve 116 dnech v podobě sněhu (Piasecki 1993). Souvislá sněhová pokrývka pak v nejvyšších polohách trvá až 230 dní a její výška na závětrných svazích dosahuje až 250 cm (Vacek et al. 2004).

3.2.3 Studniční hora (NP Krkonoše)

Základní rysy klimatu jsou dány polohou pohoří ve střední Evropě. Pro zdejší část klimatického mírného pásma je typický vedle výrazného střídání ročních období i vliv Atlantického oceánu a velmi častá velkoprostorová výměna vzdušných mas různých vlastností, která vyvolává silnou proměnlivost počasí, a to převážně v krátkých časových obdobích.

Tato skutečnost však příliš neplatí o drsném a chladném klimatu krkonošských náhorních plošin, které můžeme, na rozdíl od návětrných a závětrných údolí a karů, označit za poměrně jednotvárné, v prostoru i čase vykazující pouze malé výkyvy (www.krnap.cz 2008).

Vedle polohy se uplatňuje i vliv hor, tj. vertikální složky, která má vliv jak na úbytek teplot a tlaku s výškou, tak na rychlejší proudění vzduchu, intenzivnější sluneční záření a donedávna i menší znečištění vzduchu.

Průměrná roční teplota se ve vrcholových partiích pohybuje kolem 0,2 °C. Nejteplejším měsícem je zde červenec s průměrnou teplotou 8,3 °C, nejchladnější pak leden s průměrnou teplotou (-7,2) °C (Głowicki 1997).

Roční úhrn srážek průměrně činí 1227 mm (meteorologická stanice Sněžka). Při použití výpočtu s opravou chyb způsobených měření (Kwiatkowski 1982), činí tato hodnota až 1934 mm a v úrovních zarovnaného povrchu v nadmořské výšce kolem 1500 m i 2060 mm. Dle meteorologických stanic v údolních polohách činí průměrný roční úhrn srážek ve Špindlerově Mlýně 1322

mm a v Peci p. Sněžkou 1405 mm srážek. Nejvyšší množství srážek v Krkonoších spadne na většině míst v srpnu, což je důsledek západního proudění a četných bouřek. Nejnižší srážky jsou naopak v jarních měsících (s minimem v březnu) (Coufal et Šebek 1969). Doposud největší množství srážek během jediného dne bylo zaznamenáno 29. 7. 1897 v Obřím dole (266 mm) (www.krnap.cz 2008). Srážky ve formě sněhu se na lokalitě vyskytují průměrně ve 120 dnech v roce. Ve středních polohách Krkonoš v 90 dnech. První sníh zde zpravidla padá v září až říjnu, poslední v květnu, ale známy jsou i červnové případy. Souvislá sněhová pokrývka se v Krkonoších vytváří v listopadu, méně často v říjnu nebo až v prosinci. Ve středních polohách pak vytrvává do března, v nejvyšších polohách pak do dubna či května. Celkově se sněhová pokrývka udržuje v podhůří 70–120 dní, ve středních horských polohách s rekreačními středisky 135–160 a ve vrcholových partiích i přes 180 dní v roce. Maximum v mocnosti sněhu je v nižších polohách v únoru, ve vyšších až v březnu, před nástupem hlavního jarního tání (ibid). Výška vrstvy sněhové pokrývky je dána do značné míry činností větru a tvarem reliéfu. Největší a nejznámější sněhové převisy vznikají na hraně Obřího a Labského dolu, vůbec největší mocnost sněhové akumulace byla však naměřena na lavinovém poli v Modrém dole (tzv. Mapa republiky), a to 15 m (Coufal et Šebek 1969). Lokalita Studniční hory se v tomto směru vyznačuje poměrně širokou amplitudou. Typické bývají nízké hodnoty minimálních mocností sněhové pokrývky, vysoká maximální výška a dlouho zůstávající sněžník (Janásková 2006).

Důležitými faktory, ovlivňujícími na lokalitě Studniční hora vlastnosti sněhové pokrývky, jsou její exponovaná poloha a diferenciací vegetačního krytu. I přes značné sněhové úhrny zpravidla bývá mocnost sněhu na volné ploše vysoká do 40 cm. Na ploše souvisle zapojené porostem borovice kleče pak tento údaj činí až 60 cm (vzácně 70 cm). Běžný rozdíl co do mocnosti sněhové pokrývky na těchto dvou typech podkladů je 10–15 cm (Harčarik 2002). Prokazatelný je také vliv vegetačního krytu na teplotní poměry. Zatímco na zapojeném povrchu Studniční hory osciluje denní teplota půdy kolem 0 °C (denní amplituda činí pouze několik málo desetin °C), na otevřené ploše běžně zaznamenáváme intenzivní poklesy půdní teploty na (-3,5 °C). Minimální naměřená hodnota volné plochy je (-13,5 °C), zapojené (-5 °C) (ibid).

Významným fenoménem, který se v oblasti sezónně vyskytuje, jsou laviny. Nejčastější jsou v Krkonoších laviny lednové a zvláště únorové, které vznikají po velkých sněhových vánicích, kdy vrstvy nového sněhu napadají na starý firn, popřípadě i v důsledku oblev. S nastupujícím jarem vznikají i laviny firnové, vyvolané rychlým fénovým táním. Doposud největší lavina je zaznamenána ze dne 8. 3. 1956, kdy se na Úpské hraně utrhla sněhová masa o objemu 480 000 m³ (www.krnep.cz 2008).

Průměrná roční oblačnost se na území Krkonoš pohybuje kolem hodnoty 7 (7/10 plochy oblohy zakryto mraky). Hodnota slunečního svitu pak ve středních polohách činí průměrně 1444 hodin v roce (ibid).

Větrné poměry jsou v Krkonoších komplikované. Vedle obecného vlivu pohoří, jako mohutné překážky vzdušného proudění, se uplatňuje reliéf jako významný činitel pro lokální větry. Obecně převládají v Krkonoších větry západního až jihozápadního směru. Ve spojitosti se západovýchodní orientací hlavních údolí centrálních Krkonoš zde existují specifické anemoorografické systémy. Západní větry stoupají údolními otevřenými k západu (Mumlava, Bílé Labe) vzhůru a nabývají současně se zužováním údolí na rychlosti. Na otevřených pláních zarovnaných povrchů (Labská louka, Bílá louka) se pak jejich rychlost ještě zvětšuje. Propadáním větru do hlubokých karů za těmito pláněmi (Labský důl, Kotelní jámy, Obří důl) dochází k mohutné turbulenci (ibid). Obecně lze konstatovat, že v Krkonoších jsou nejsilnější větry v zimě, nejslabší v létě. Důležité jsou v Krkonoších i lokální větry. Patří sem větry s denním chodem, které ve dne vanou k vrcholům, v noci naopak shora dolů, vírové proudění větru, vzniklé třístěním o překážky, a v případě proudění vzduchu ze severní strany pohoří se uplatňuje také fén. Poměrně běžně se v oblasti vyskytují větry o síle vichřice až orkánu o rychlosti přesahující 150 km.h⁻¹ (ibid).

Velmi častým klimatickým jevem, především v podzimních a zimních měsících, jsou zde inverze, a to jak místní, tak rozsáhlé, trvající řádově i několik týdnů.

3.3 Charakteristika studovaných druhů rostlin

3.3.1 Brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*)

Patří mezi keříčkovité chamaefyty s oddenky 150–200 mm pod zemským povrchem. Jedná se o dlouhožijící, pomalu rostoucí opadavý druh, který se s výjimkou severně orientovaných vápencových planin chová jako striktně kalcifugní a často se vyskytuje i na rašelinných půdách (Grime et al. 1986). Dosahuje výšky 20–50 (60) cm, na exponovaných vrcholech hor většinou ne více než 5 cm. Podzemní výběžky dřevnatí, vyrůstají z nich drobné adventivní kořeny (Čvančara 1990). Zelené větve jsou nápadně trojhranné, nesoucí 2–3 řady listů (Ritchie 1956). Zelené listy jsou okrouhle vejčité, 6–20 (30) mm dlouhé, 4–15 mm široké, na okraji jemně zoubkaté, lysé, s žilnatinou na rubu nevyniklou.

Jednotlivé květy jsou hermafroditní, hmyzosprašné, zřídka samosprašné (Grime et al. 1986). Koruna kulovitě baňkovitá, 3–6 mm dlouhá, s velmi krátkými nazpět ohnutými cípy, nazelenalá s růžovým nádechem. Plodem je kulovitá bobule, 5–7 (10) mm v průměru, modročerná, výjimečně v době zralosti i bělavá, zelenobílá či červená, většinou ojíněná, dužina modrofialová. Druh je velmi variabilní ve velikosti a tvaru vegetativních orgánů i v barvě a tvaru plodů. Bylo popsáno mnoho variet, ale jsou svými znaky spojeny s typem plynulými přechody nebo jde o vzácné mutace, takže nemají taxonomický význam (Čvančara 1990). Borůvka se vyskytuje v celé Evropě, od Islandu po severní část Pyrenejského poloostrova, přes Itálii, Makedonii až ke Kavkazu (Ritchie 1956). Maximální výskyt byl zaznamenán ve výšce 2840 m n.m. v Graubündenu. Nejvyšší oblasti výskytu jsou slunné a rostliny zde rostou ve spárách a puklinách (Ritchie 1956). Chybí v severní Americe (ibid). V ČR se vyskytuje na celém území s kolísavou frekvencí výskytu. V teplých územích je borůvka vzácná, ve středních polohách roztroušená až hojná, v horách běžná, ale ustoupila vlivem poškození lesů imisemi (Čvančara 1990).

Borůvka se šíří zejména vegetativně horizontálními oddenky, které vyrůstají laterálně z hlavního oddenku. Tímto způsobem mohou noví klonální jedinci rychle osídlivat nová území (Ritchie 1956). Může vytvářet bohaté a rozsáhlé porosty, jimiž, přestože je opadavá, tvoří značnou fotosyntetickou plochu

i v zimě a brzy na jaře (Grime et al. 1986). Častěji kvete v nižších nadmořských výškách a na chráněných místech, ve výšce nad 1000 m n.m. se objevuje jen pár květů.

Zakládání adventivního kořenového systému probíhá na jaře a na podzim, kdy je silný i oddenkový růst a růst větviček. Lístky raší od března do dubna, ve vyšších polohách o něco později. V nižších polohách kvete borůvka 2 x ročně, na jaře a brzy v létě, v horských oblastech pouze jednou. V září lístky začínají žloutnout, sesychávají a koncem října opadávají. Poté se vytvářejí nové pupeny, které přezimují (Ritchie 1956). Bobule a semena jsou nejvíce roznášena ptáky, kteří se jimi živí, zejména kurovitými. Borůvka se však v přírodě reprodukuje semeny jen velmi omezeně (ibid). Zakládání nových jedinců ze semen je zřejmě málo četné a pomalé (Grime et al. 1986). Regenerace ze semen ve vyšších nadmořských výškách je ještě ojedinělejší vzhledem k tomu, že zde borůvky kvetou jen málo (ibid). Efektivnější reprodukce se tedy uskutečňuje vegetativním způsobem pomocí oddenků, velmi rychlý je tento proces v místech s malou konkurencí. Roční radiální přírůstek může být 5–10 cm.

3.3.2 Vřes obecný (*Calluna vulgaris*)

Stálezelený keříček dosahující výšky 15–40 cm (Křísa 1990). Stonky jsou větvené od báze, se vzpřímeným nebo poléhavým rozbíhavým vzrůstem, nejspodnější větve bývají rozprostřené a adventivně kořenicí (Gimingham 1958). Běžná růstová forma vřesu je polopřisedlý zakrslý keřík (Du Rietz in Gimingham 1958), ale může se chovat i jako plazivý keříček, hlavně na exponovaných lokalitách (Gimingham 1958). Listy jsou úzce kopinaté, xenomorfní s podvinutými okraji (Grime et al. 1986), o velikosti 2,5–3,5 mm (Tutin 1972). Na postranních nekvetoucích větévkách jsou listy husté a střídavé, na hlavních kvetoucích větvích řídké a vstřícné (Křísa 1990). Růžové květy jsou hermafroditní, proteandrické, hmyzosnubné nebo větrosnubné (Grime et al. 1986), čtyřčetné a vyskytují se ve vrcholových nebo úžlabních hroznech. Plodem jsou pukající tobolky obsahující více než 32 semen (Grime et al. 1986). Vřes je původní ve většině Evropy s výjimkou JV oblastí. Oblast výskytu se nachází od Gibraltaru do středního Povolží včetně Azor, Islandu a Britských ostrovů, severně zasahuje do Skandinávie, jižně až do Itálie a Chorvatska a odtud přes Karpaty a

střední Ukrajinu až do západní Sibiře. Výskyt je též potvrzen v Turecku a v severní Africe u Tangeru (Křísa 1990). Druh byl zaznamenán ve všech výškách, ale protože bylo mnoho nížinných vřesovišť zničeno, je vázán na výše položené oblasti, zejména nad 1100 m n. m. (Grime et al. 1986). Nejvýše zjištěný výskyt vřesu je v Alpách ve výšce 2680 m n. m. (Heigi in Gimingham 1958). V České republice se vyskytuje od planárního do subalpínského stupně. V teplých nížinných oblastech roztroušeně, ve středních až horských polohách poměrně hojně (Křísa 1990).

Vřes je oligotrofní a kalcifugní druh, rostoucí na písku, šterku, chudých půdách a hlavně na organickém substrátu jako je kyselý humus či vyschlá rašelina. Je charakteristickým druhem podzolu, kterému napomáhá ke zvyšující aciditě půdy opad listů. Podzolové půdy mohou být kryty humusovou vrstvou, v níž vřes bohatě větví kořeny, a která po podzolu snadno klouže i s vřesem (Gimingham 1958). Vřes se dožívá okolo 25 let, maximum sahá nad 30 let (ibid).

V dubnu a květnu se objevují mladé větvičky, ty přezimující se dále prodlužují. Kvetení může nastat už v pozdním červnu, ale častěji až v půlce srpna a pokračuje až do září. Tobolky dozrávají od září do listopadu. Ve vyšších nadmořských výškách jsou plodné tobolky tvořeny jen zřídka, v takových podmínkách převládá vegetativní způsob rozmnožování pomocí adventivního kořenění jednotlivých ramet. Mladé rostlinky klíčí na podzim a přezimují v různých stádiích vývoje, vývoj pokračuje od jara do léta (ibid).

4. Metodika výzkumu

4.1 Design a založení výzkumu

Na třech výše popsaných lokalitách byl v průběhu března až dubna 2008 sledován stav sněhové pokrývky za účelem podchycení začátku vegetační sezóny. Následovalo okamžité založení výzkumných čtverců. Jejich výběr byl založen na modifikovaném náhodném výběru v porostech alpínských vřesovišť svazu *Loiseleurio procumbentis-Vaccinion*, v nichž se vyskytovaly rostlinné druhy vytipované pro podrobná fenologická šetření (*Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus*). Založené plochy se nacházejí na lokalitách s obdobným minimálním sklonem terénu a obdobnou abiotickou exponovaností. V každém ze tří pohoří bylo vybráno pět trvalých čtverců o rozměrech 0,5x0,5 m (0,25 m²), oddělených od sebe minimální pufrační zónou 1,5 m. Každá plocha byla opatřena číslem.

4.2 Sledování klimatických faktorů prostředí

Na konci října 2008 byly na lokalitách Petrovy kameny a Králický Sněžník instalovány terénní meteorologické stanice z produkce EMS Brno, zaznamenávající klimatické veličiny teplota vzduchu, relativní vlhkost vzduchu, solární radiace a množství srážek (vše ve výšce 2 m nad zemí). Na lokalitě Studniční hora byly po celou dobu výzkumu využívány klimatická data z meteorologické stanice na vrcholu Studniční hory, provozované Správou KRNAP. V neposlední řadě byly studované lokality vybaveny automatickými dataloggery, zaznamenávajícími v půlhodinových intervalech mikroklimatické veličiny teplota půdního povrchu, teplota půdy a vodní potenciál půdy. Čidlo, zaznamenávající teplotu půdy, se nacházelo v konstantní hloubce 5 cm pod povrchem (dle metodik Molau et Mølgaard 1996, Welker et al. 1997), čidlo měřící teplotu povrchu půdy bylo umístěno v porostu vegetace tak, aby nebylo ovlivňováno přímým slunečním zářením (dle metodiky Sullivan et Welker 2005). V případě měření obou zmíněných teplot byly využity dvoukanálové dataloggery Minikin, které byly umístěny v zemi v místech vytyčených výzkumných čtverců, a to vždy ve třech opakováních na lokalitu. Vodní potenciál půdy (SWP) byl

měřen automatickým dataloggerem Mikrolog, jehož čidlo, vybavené fritou, se nacházelo 5 cm pod povrchem. Toto zařízení bylo instalováno v počtu jeden kus na lokalitu.

Kromě výše uvedených mikroklimatických charakteristik probíhalo na lokalitách během zimního období jednou měsíčně měření mocnosti sněhové pokrývky. Na Petrových kamenech, Králickém Sněžníku a Studniční hoře byl ve směru V–Z vytyčen transekt o délce 50 m, jehož koncové body byly označeny roxorovými tyčemi (viditelné cca 120 cm nad zemí). Na něm pak byla za pomoci sněhových sond v intervalech 5 m standardním způsobem (tři vpichy na délku paže v rozptylu cca 30 cm) měřena výška sněhové vrstvy. Na transektu tak bylo měřením získáno deset průměrných hodnot výšky sněhu. Údaje o datu odtání byly stanoveny na základě místního šetření a s přihlédnutím k informacím z nejbližších profesionálních meteorologických stanic.

Sumarizujeme-li výše popsané, byly na všech studovaných lokalitách monitorovány následující mikroklimatické faktory:

- teplota vzduchu ve 2 m nad povrchem země
- relativní vzdušná vlhkost ve 2 m nad povrchem země
- solární radiace ve 2 m nad povrchem země
- množství srážek
- teplota půdního povrchu
- teplota půdy v 5 cm pod povrchem země
- vodní potenciál půdy v 5 cm pod povrchem země
- mocnost sněhové pokrývky od napadnutí souvislé sněhové pokrývky do jejího odtání (měřeno 1x měsíčně)

Obsluha zařízení, monitorujících mikroklimatické faktory prostředí, byla prováděna jednou měsíčně a sestávala z výměny baterií, přetažení naměřených dat z paměti meteorologické stanice do terénního počítače, následného pročištění paměti a mechanické údržby (kontrola ukotvení, stabilizace krytů čidel – především v zimním období, apod.). Soubory, obsahující klimatické charakteristiky, pak byly průběžně upravovány a převáděny do časových řad.

Bohužel, je nutno konstatovat, že spolehlivost měření některých klimatických faktorů byla v průběhu výzkumu negativně ovlivněna náročnými podmínkami prostředí. V časových řadách mikroklimatických sledování se tyto události projevují jako obtížně kalibrovatelné hiáty o různých délkách, které v dlouhodobém horizontu

znemožňují srovnávání těchto veličin. Zcela bez ovlivnění zůstala na všech pohořích obě čidla zaznamenávající teplotu půdy a půdního povrchu, rovněž nijak neutrpěla sněhová sledování. Veličiny teplota vzduchu a množství srážek vykazovaly krátkodobé výpadky měření, které byly kalibrovány daty z nejbližších meteorologických stanic v síti ČHMÚ (Luční bouda v případě Studniční hory a Šerák v případě Petrových kamenů). Veličiny relativní vlhkost vzduchu, solární radiace a vodní potenciál půdy nebylo možné z důvodů nekompletnosti v době vyhotovování práce zahrnout do statistických zpracování.

4.3 Sledování fenologických projevů

Fenologický vývoj byl sledován u dvou charakteristických zástupců společenstva alpínských keříčků – vřesu obecného (*Calluna vulgaris*) a brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*). Sledování rostlin probíhalo na vyznačených čtvercích vždy od začátku vegetační sezóny, představovaným dnem odtání sněhu, po nástup pozdních fenologických fází rostlin v dané sezóně. Na každé z výzkumných ploch bylo v rámci každého druhu označeno pět jedinců (ramet) za pomoci navázaných různobarevných drátků. Tím obdržel každý jedinec unikátní kód, dle něž ho bylo možné rychle a snadno identifikovat (př: B2m – brusnice borůvka, plocha číslo 2, modře označený jedinec). Celkem tedy bylo v každém pohoří sledováno cca 25 jedinců (ramet). Sledované fenofáze jsou druhově specifické. Časové údaje započítání nebo konce fenofází jsou uváděny jako počet dnů od začátku roku. Jednotlivé sledované fenofáze jsou modifikací metodiky dle Molau et Mølgaard (1996) pro prostředí alpínských poloh ČR, resp. pro sledované druhy rostlin:

Vaccinium myrtillus

B1 – Rozpuk prvního listového pupenu

B2 – První viditelná blizna

B3 – První opad koruny

B4 – První zralý plod

B5 – První změna barvy listu

Calluna vulgaris

V1 – První bílo-žlutě zbarvený květní pupen

V2 – První viditelná blizna

V3 – První opad koruny

Terénní šetření probíhalo ve všech pohořích vždy jednou za sedm dní po celou dobu trvání vegetační sezóny. Informace o průběhu jednotlivých fenofází byly zaznamenávány do terénního zápisníku.

4.4 Východiska a design zpracování výsledkové části práce

Při výsledné sumarizaci a zpracování výsledků fenologických pozorování bylo záměrem konfrontovat zjištěné údaje a rozdíly mezi pohořími s výsledky klimatických sledování. Klima představuje v podmínkách alpského bezlesí limitní faktor pro existenci rostlinných společenstev a navíc nepřímo ovlivňuje i další podstatné aspekty prostředí. Zejména dostupnost živin (vyšší průměrné teploty prostředí vedou k rychlejší mineralizaci odumřelé organické hmoty, a tak rovněž ovlivňují rychlost uvolňování živin - Hobbie et al. 2002, Huber et al. 2007, Koch et al. 2007), vlastností půd (v důsledku drsného klimatu končí pedologický vývoj zpravidla u iniciálních stádií) či způsob rozmnožování rostlin (zcela převažuje vegetativní rozmnožování). V podmínkách Vysokých Sudet jde zároveň o zásadní parametr prostředí podílející se na heterogenitě zkoumaných lokalit (viz. Charakteristika zájmového území). Zatímco v mnoha ohledech jsou si zvolené lokality velmi podobné (totožný geologický vývoj, podobná morfologie terénu na stanovištích, pedologické podmínky stanovišť, atd.) po stránce mikroklimatu se lokality (z pohledu vlivu na vegetaci) dramaticky liší. To je dáno jednak polohou jednotlivých pohoří (např. kontinentálnější poloha Petrových kamenů ve srovnání se Studniční horou) a jednak jejich celkovou morfologií (Studniční hora jako součást rozsáhlého a členitého masívu Krkonoš má typově odlišné mikroklima ve srovnání s masívem Králického Sněžníku, který je tvořen nemnoha vrcholy), jež vytváří specifické anemo-orografické systémy.

Jak bylo zmíněno již v teoretických východiscích práce, z mnoha klimatických faktorů, uplatňujících se na zájmovém území, patří mezi nejzásadnější, které ovlivňují podmínky existence alpských společenstev, především teplota

v kombinaci s dostupností vody (Körner 1999, Jobbágy et Sala 2000). Výsledky fenologických šetření proto byly zkonfrontovány s následujícími mikroklimatickými faktory prostředí:

- Teplota vzduchu ve 2 m nad zemí
- Teplota půdy v hloubce 5 cm pod povrchem
- Teplota povrchu země nevystavená přímému oslunění
- Množství srážek

Výše popsané klimatické veličiny byly modifikovány do podoby, která umožňuje jejich statistické analýzy ve vztahu k fenologii rostlin, a to následujícím způsobem:

SET – *suma efektivních teplot vzduchu ve 2 m nad zemí* – součet průměrných denních teplot vzduchu vyšších než x °C (dle studovaného ekosystému) od počátku kalendářního roku (Begon et al. 1995, Bednářová et Merklová 2005). Pro stanovení výchozí průměrné teploty byla stanovena efektivní teplota relevantní pro alpský stupeň – tj. > 0 °C (Walker 1995).

P5 – *suma efektivních teplot půdy v hloubce 5 cm* – součet průměrných denních teplot půdy > 0 °C (tj. mimo období promrznutí půdy) od začátku kalendářního roku.

PP – *suma efektivních teplot povrchu půdy* - součet průměrných denních teplot povrchu půdy > 0 °C od začátku kalendářního roku (vychází z pojetí typově obdobné veličiny SET).

SS – *suma srážek* – suma horizontálních srážek od začátku vegetační sezóny (termín odtání souvislé sněhové pokrývky na stanovištích).

Z průměrných zjištěných termínů nástupů fenofází v jednotlivých pohořích, které byly doplněny ekvivalentem dodaných klimatických faktorů, byly sestaveny modely energetické bilance fenofází (MEBF) na jednotlivých lokalitách.

Fenologie rostlin je ve výsledcích práce časově popisována jako n -tý den kalendářního roku a je sledována na následujících počtech jedinců: *Vaccinium myrtillus* – 2009: $n = 75$, 2010: $n = 75$; *Calluna vulgaris* – 2009: $n = 54$, 2010: $n = 66$.

V práci je využito klimatických a fenologických dat za sezóny 2009 a 2010.

4.5 Metodika zpracování výsledků

Klimatická a fenologická data byla statisticky testována v programu NCSS. V první části výsledků – klimatické analýze studovaných lokalit byly použity testy jednocestná ANOVA, Kruskal-Wallisův test, T-test a lineární regrese. Fenologická část výstupů byla testována pomocí GLM ANOVy s faktorem Rok (RANDOM) a Pohoří (FIXED). Modely energetické bilance fenofází (MEBF) byly vytvořeny srovnávací analýzou testem MANOVA (Pillai's Trace). Veškeré statistické testy a analýzy byly prováděny na hladině významnosti $\alpha=0,05$. K vytvoření textů, tabulek a vysvětlujících grafů byl použit software Microsoft Office.

5. Výsledky

Výsledky práce jsou utříděny do tří tematických podkapitol. První část popisuje a srovnává průběh sezónní klimatické variability studovaných lokalit alpského bezlesí Vysokých Sudet ve dvou klimaticky průměrných letech 2009 a 2010. Druhá pak shrnuje výsledky fenologických pozorování druhů *Vaccinium myrtillus* a *Calluna vulgaris* v tomto období. Třetí podkapitola konfrontuje za pomoci srovnávací analýzy zjištěná klimatická data s fenologickými pozorováními.

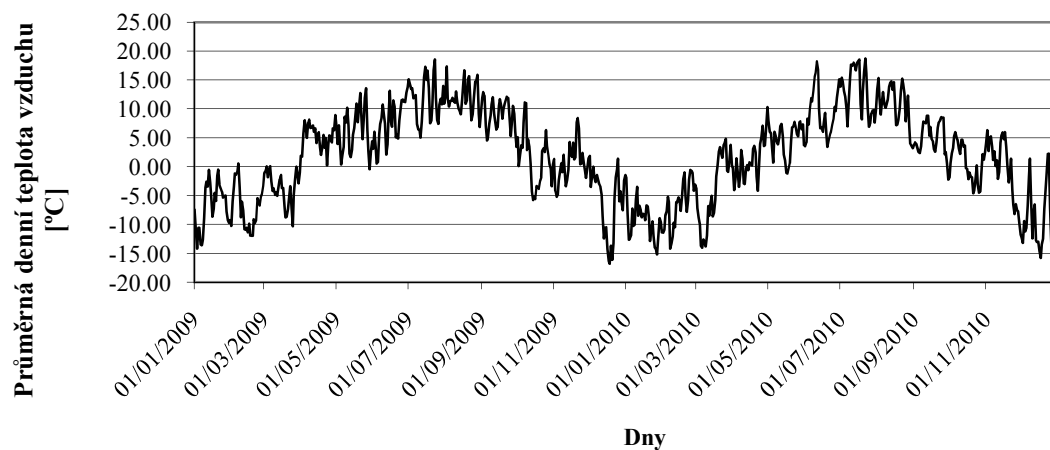
5.1 Klimatická analýza lokalit Petrovy kameny, Králický Sněžník a Studniční hora na příkladu let 2009 a 2010

Teplota vzduchu

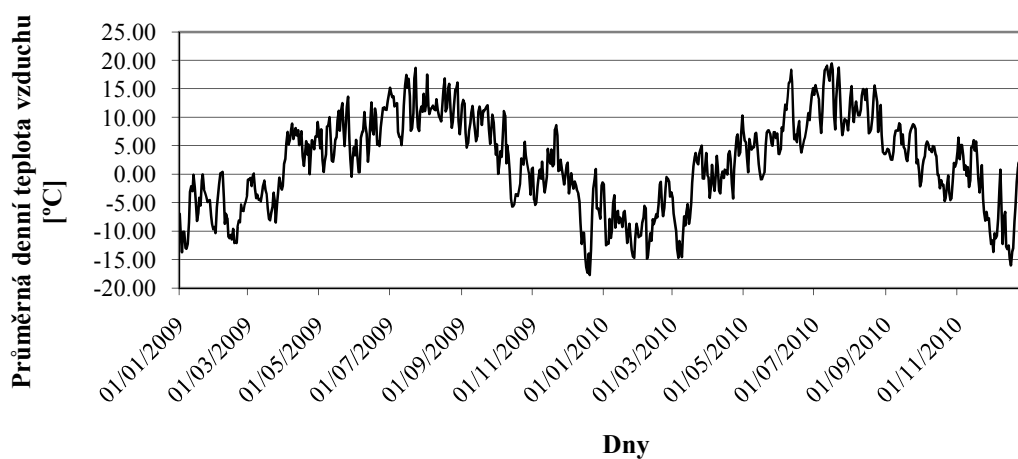
Z prozatím proběhlých klimatických sledování jednoznačně vyplývá, že nejchladnější lokalitou v rámci sudetských pohoří byla v daném období Studniční hora s celkovou průměrnou teplotou 0,83 °C. Jako teplotně nejpříznivější se s celkovým teplotním průměrem 1,99 °C jevil Králický Sněžník s kladným teplotním rozdílem 1,16 °C oproti Studniční hoře. Srovnání hodnot teplot vzduchu ve všech pohořích je v Tab. 2, vývoj průměrné denní teploty vzduchu v rámci sledovaného období je znázorněn v Obr. 1, 2 a 3.

Tab. 2: Srovnání mezisezónních teplotních průměrů a mezních hodnot teploty vzduchu na studovaných lokalitách Vysokých Sudet [°C]

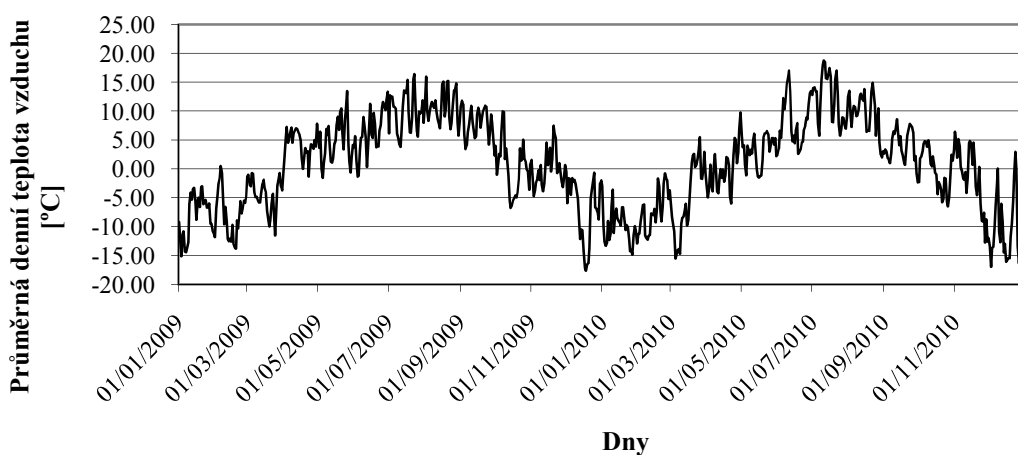
Lokalita / Rok / Kategorie	Petrovy kameny		Králický Sněžník		Studniční hora	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Průměrná teplota vzduchu	2,55	1,35	2,65	1,32	1,43	0,23
Max. denní teplota vzduchu	18,53 (23.7.)	18,70 (22.7.)	18,68 (23.7.)	19,45 (16.7.)	16,38 (23.7.)	18,75 (11.7.)
Min. denní teplota vzduchu	-16,78 (18.12.)	-15,78 (17.12.)	-17,70 (20.12.)	-16,01 (17.12.)	-17,60 (18.12.)	-16,97 (2.12.)
Max. okamžitá teplota vduchu	24,02 (23.7.)	22,97 (17.7.)	24,82 (23.7.)	23,66 (17.7.)	21,93 (23.7.)	23,11 (11.7.)
Min. okamžitá teplota vzduchu	-20,06 (20.12.)	-19,37 (6.3.)	-21,72 (20.12.)	-19,51 (6.3.)	-18,53 (18.12.)	-19,49 (2.12.)



Obr. 1: Průběh denní průměrné teploty vzduchu za období 1.1.2009 – 31.12.2010 na lokalitě Petrovy kameny [°C]



Obr. 2: Průběh denní průměrné teploty vzduchu za období 1.1.2009 – 31.12.2010 na lokalitě Králický Sněžník [°C]



Obr. 3: Průběh denní průměrné teploty vzduchu za období 1.1.2009 – 31.12.2010 na lokalitě Studniční hora [°C]

I přes nejvyšší teplotní dotaci byl Králický Sněžník, co do teploty vzduchu, nejextrémnějším stanovištěm v rámci všech sledovaných. Během monitorovaného období zde byl zjištěn největší rozdíl nejen mezi hodnotami denního teplotního průměru (průměrný rozdíl mezi nejchladnějším a nejteplejším dnem činil 35,92 °C), ale i v rámci aktuálních minimálních a maximálních hodnot (zde prům. rozdíl 44,86 °C). Celkový teplotní průměr na lokalitě Petrovy kameny činil 1,95 °C. Rozdílnost lokalit, co do průměrné teploty vzduchu, byla statisticky ověřována jednocestnou ANOVOU s výsledkem ($P=0,00$), ověření Kruskal-Wallisovým testem: ($P=0,01$). Lze tedy konstatovat významnou teplotní rozdílnost v rámci stanovišť. Detaily statistického výstupu jsou uvedeny v Příloze 1.

Měsíční teplotní optimum se na všech lokalitách nacházelo v červenci a srpnu. Teplotní minimum pak náleželo měsícům lednu a únoru, na Studniční hoře byl pak zvláště mrazivý prosinec 2010, jak dokládá Tab. 3. Podrobný přehled měsíčních teplotních průměrů se nachází v Příloze 2.

Tab. 3: Přehled měsíčních teplotních optim a minim na studovaných lokalitách za období 1.1.2009 – 31.12.2010 [°C]

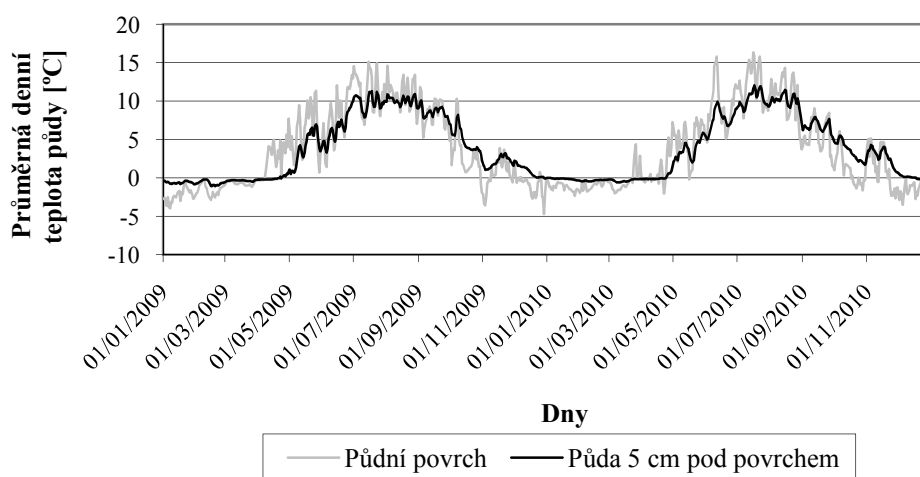
Lokalita Měsíc/Sezóna	Petrovy kameny		Králický Sněžník		Studniční hora	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Měsíční teplotní optimum – O	11,92 (VIII.)	13,21 (VII.)	12,07 (VIII.)	13,35 (VII.)	10,76 (VIII.)	12,20 (VII.)
Měsíční teplotní minimum – M	-7,04 (II.)	-9,49 (I.)	-7,01 (II.)	-9,34 (I.)	-9,99 (I.)	-10,37 (XII.)
Rozdíl O – M	18,96	22,70	19,08	22,69	20,75	22,18

Ze srovnání vývoje teploty vzduchu ve dvou monitorovaných letech 2009 a 2010 vyplynuly následující skutečnosti. Průměrná teplota na všech stanovištích alpského bezlesí Vysokých Sudet činila v roce 2009 2,21 °C, oproti celkovému průměru 0,97 °C v roce 2010. Statisticky významná rozdílnost obou sezón byla potvrzena T–testem (viz. Příloha 3). Přehledné srovnání vývoje teploty vzduchu v rámci všech studovaných pohoří je znázorněno v Příloze 4.

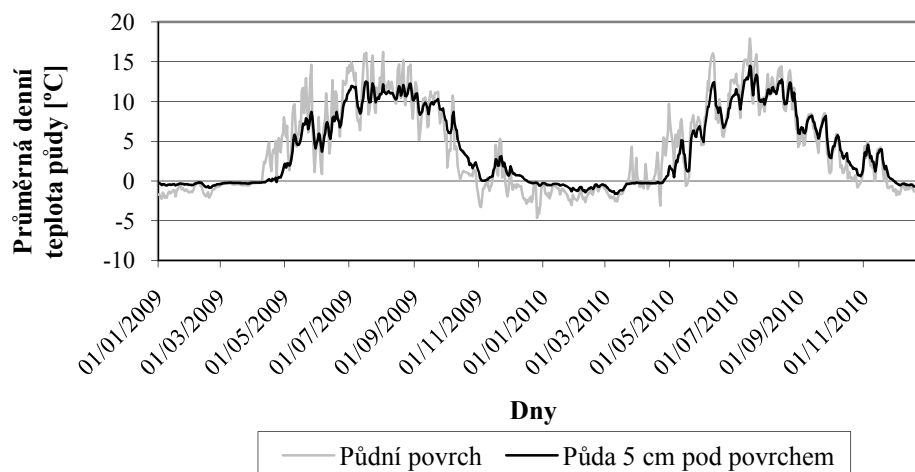
Teplota půdy a půdního povrchu

Vývoj teploty půdy a půdního povrchu je přehledně zobrazen na Obr. 4, 5 a 6. Zatímco teplota půdního povrchu víceméně odrážela vývoj teploty vzduchu v jednotlivých pohořích (statistický výstup v Příloze 6), teplota půdy vykazovala

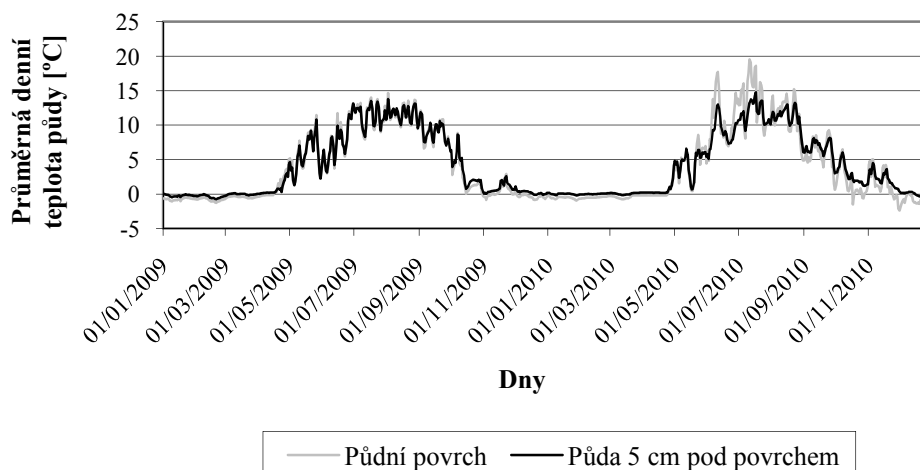
odlišnosti. Překvapivě se ukázalo, že lokalitou s nejdéle a nejintenzivněji promrzlou půdou byl jinak teplotně nejpříznivější Králický Sněžník (viz. Tab. 4). Naopak nejméně a v nejmenší intenzitě promrzala v obou letech půda na Studniční hoře, která je co do teploty vzduchu výrazně nejchladnější lokalitou. Zatímco na Králickém Sněžníku a Petrových kamenech po zamrznutí půdy na počátku zimního období mělo promrznutí souvislý charakter, trvajícím až do termínu jarního rozmrznutí (po kterém už teplota půdy neklesá pod 0 °C), na Studniční hoře v zimních obdobích vůbec k souvislému promrznutí nedocházelo a teplota půdy se i v průběhu zimy pohybovala v kladných hodnotách (viz. Obr. 4, 5 a 6).



Obr. 4: Přehled teploty půdního povrchu a teploty půdy na lokalitě Petrovy kameny za období 1.1.2009 – 31.12.2010 [°C]



Obr. 5: Přehled teploty půdního povrchu a teploty půdy na lokalitě Králický Sněžník za období 1.1.2009 – 31.12.2010 [°C]



Obr. 6: Přehled teploty půdního povrchu a teploty půdy na lokalitě Studniční hora za období 1.1.2009 – 31.12.2010 [°C]

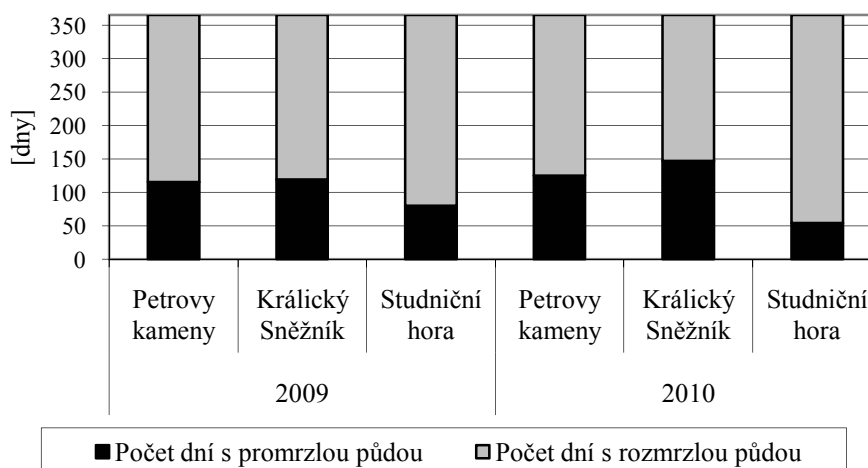
Ze statistického ověření závislosti míry promrznání půdy na zimních teplotách vzduchu vyplynulo, že zatímco na Petrových kamenech a Králickém Sněžníku existuje mezi těmito faktory prostředí průkazný vztah, na Studniční hoře tomu tak není. Lze tedy s vysokou mírou jistoty konstatovat, že na rozdíl od obou dalších lokalit má na promrznání půdy na Studniční hoře vliv jiný faktor, než teplota vzduchu (podrobnosti statistického zpracování viz. Příloha 7).

Tab. 4: Charakteristiky teploty půdy a půdního povrchu na sledovaných lokalitách za období 1.1.2009 – 31.12.2010 [°C]

Lokalita / Rok / Kategorie	Petrovy kameny		Králický Sněžník		Studniční hora	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Termín rozmrznutí půdy	24.4	24.4.	15.4.	26.4.	i 31.3.	i 20.3.
Termín zmrznutí půdy	30.12.	18.12.	17.12.	30.11.	i 18.12.	i 16.12.
Průměrná teplota rozmrzlé půdy	5,72	5,77	6,23	6,57	5,41	4,81
Průměrná teplota zmrzlé půdy (Intenzita promrznutí)	-0,45	-0,22	-0,36	-0,64	-0,24	-0,10
Max. prům. t. půdy	11,28 (18.7.)	12,05 (17.7.)	12,52 (17.7.)	14,51 (16.7.)	13,79 (2.8.)	14,77 (17.7.)
Min. prům. t. půdy	-1,08 (16.2.)	-0,58 (6.3.)	-0,87 (19.2.)	-1,62 (10.3.)	-0,76 (20.2.)	-0,35 (30.12.)

i – v případě Studniční hory se nejedná o intenzivní promrznutí. Půda zde v průběhu zimy balancuje mezi kladnými a zápornými teplotami.

Nejkratší dobu byla v sezónách 2009 a 2010 půda promrzlá na Studniční hoře, kde také v obou případech rozmrzla nejdříve ve srovnání s Petrovými kameny a Králickým Sněžníkem. Půdní teplota pod nulou se zde vyskytovala průměrně v 67 dnech v roce (viz. Obr. 7). Na Petrových kamenech to pak bylo 120 dní v roce a na Králickém Sněžníku byla půda zmrzlá průměrně po 133 dní.



Obr. 7: Přehled počtu dnů s promrzlou půdou v 5 cm pod povrchem na studovaných lokalitách za období 1.1.2009 – 31.12.2010

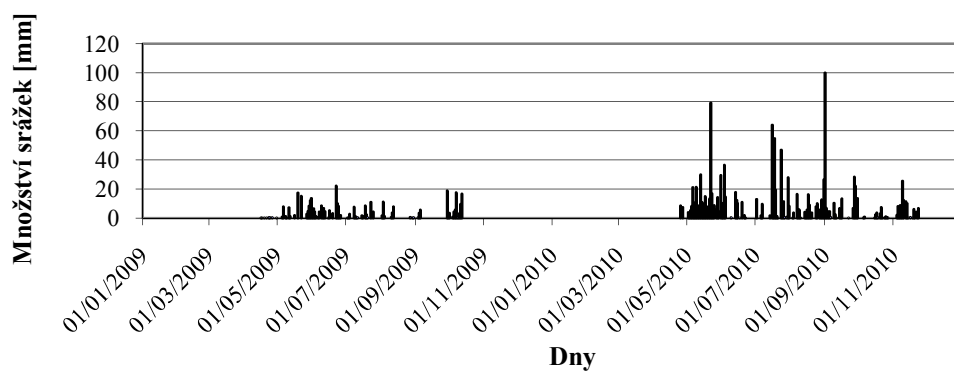
Množství srážek

pozn.: veškerá data, týkající se srážek jsou udávána v rámci období, jež není ovlivněno sněhem (tj. sumy srážek od odtání sněhové pokrývky do vytvoření první souvislé sněhové pokrývky). Data rovněž nezahrnují horizontální srážky.

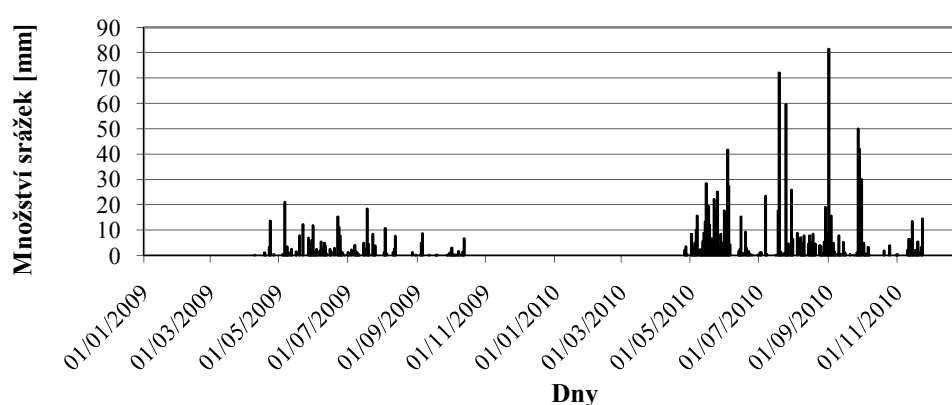
Nejhumidnější lokalitou v rámci vysokosudetských pohoří je s odstupem Studniční hora s celkovou sumou srážek 2085,9 mm za obě sledované sezóny (viz. Tab. 5). Lokalitou nejméně ovlivněnou srážkovou činností je pak Králický Sněžník. Vývoj srážkové činnosti je zachycen na Obr. 8, 9 a 10. V mezisezónním srovnání vychází jako vlhčí rok 2010.

Tab.5: Přehled srážkové činnosti na studovaných lokalitách za období 1.1.2009 – 31.12.2010 [mm]

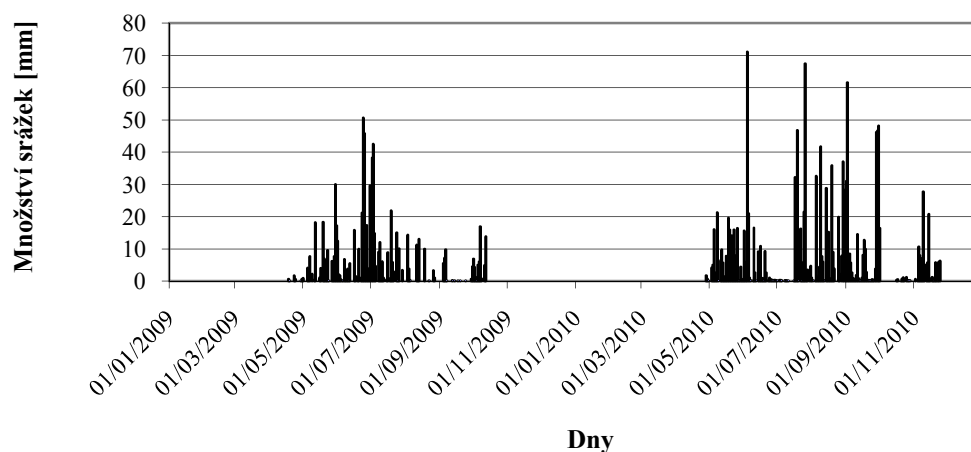
Lokalita / Kategorie	Petrovy kameny	Králický Sněžník	Studniční hora
Suma srážek 2009	360,8	280,8	745,1
Suma srážek 2010	1277,6	1059,8	1340,8
Suma srážek celk.	1638,4	1340,6	2085,9



Obr. 8: Vývoj srážkové činnosti na lokalitě Petrovy kameny za období 1.1.2009 – 31.12.2010 [mm]



Obr. 9: Vývoj srážkové činnosti na lokalitě Králický Sněžník za období 1.1.2009 – 31.12.2010 [mm]



Obr. 10: Vývoj srážkové činnosti na lokalitě Studniční hora za období 1.1.2009 – 31.12.2010 [mm]

Sněhové charakteristiky

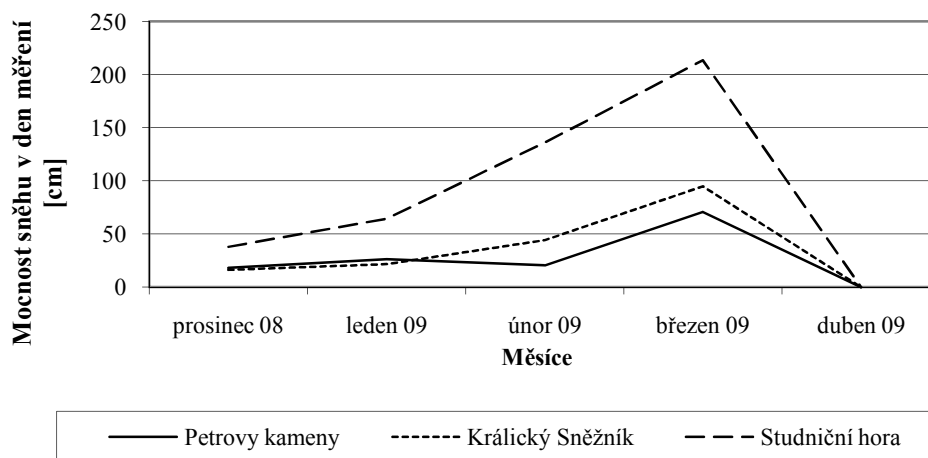
Rozdíly mezi délkou trvání sněhové pokrývky na studovaných lokalitách nebyly ve sledovaném období příliš významné (viz. Tab. 6). Zásadnější variabilita se

v tomto směru uplatňovala spíše v rámci obou sezón, kdy v zimě 2009/2010 setrval sníh na stanovištích o cca 41 dní déle než v zimě 2008/2009.

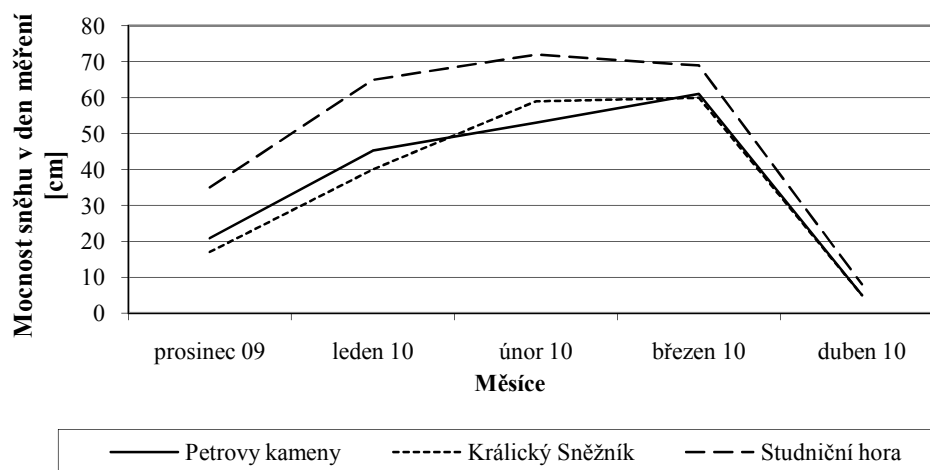
Tab. 6: Sněhové charakteristiky na studovaných lokalitách v zimě 2008/2009 a 2009/2010

Lokalita / Rok / Kategorie	Petrovy kameny		Králický Sněžník		Studniční hora	
	zima 08/09	zima 09/10	zima 08/09	zima 09/10	zima 08/09	zima 09/10
První souvislý sníh na stanovišti	19.11.08	13.10.09	18.11.08	13.10.09	23.10.08	12.10.09
Termín odtání sněhové pokrývky	8.4.09	24.4.10	12.4.09	24.4.10	12.4.09	23.4.10
Délka trvání sněhové pokrývky [dny]	141	194	146	194	172	194

Největší mocnost sněhové pokrývky byla v obou letech měřena na Studniční hoře a to po celou dobu jejího trvání. Mocnosti sněhu na Králickém Sněžníku a Petrových kamenech byly výrazně nižší a ve vývoji si navzájem podobné (viz. Obr. 11 a 12). Maximum sněhu bylo na lokalitách zpravidla zjišťováno v měsíci březnu.



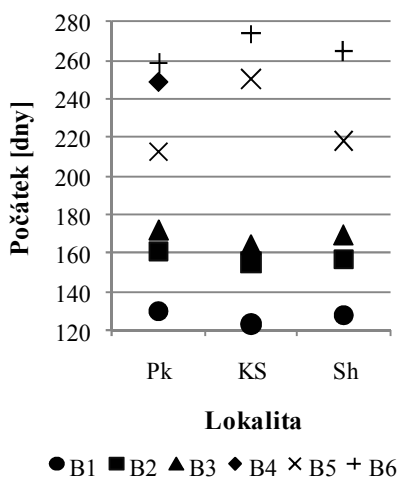
Obr. 11: Vývoj sněhové pokrývky v zimě 2008/2009 na studovaných lokalitách [cm]



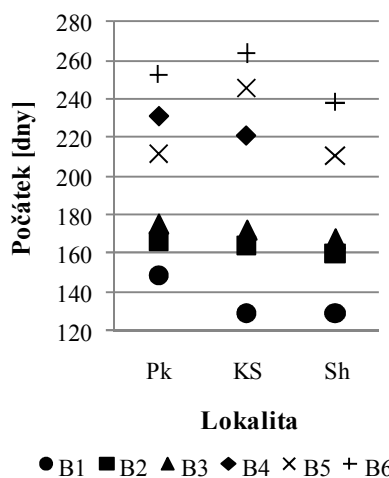
Obr. 12: Vývoj sněhové pokrývky v zimě 2009/2010 na studovaných lokalitách [cm]

5.2 Fenologická analýza lokalit Petrovy kameny, Králický Sněžník a Studniční hora na příkladu druhů *Vaccinium myrtillus* a *Calluna vulgaris*

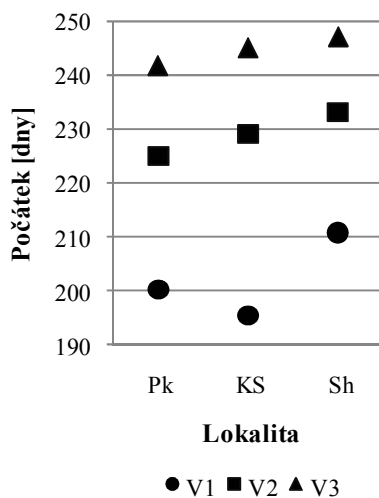
Schéma nástupů jednotlivých sledovaných fenofází u brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) (Obr. 13 a 14) mělo obdobný trend v obou sledovaných letech. Nástup první fenofáze – B1 býval zpravidla zaznamenáván v rozmezí 120. a 140. dne, nástup poslední sledované fenofáze – B6 nastával obvykle v intervalu 240. až 280. dne. Sledovaný cyklus u vřesu obecného (*Calluna vulgaris*) (Obr. 15 a 16) byl svým počátkem ve fenofázi V1 posunut do pozdější části sezóny a byl výrazně kratší. Interval mezi nástupem V1 a V3 průměrně nikde netrval déle než 60 dnů.



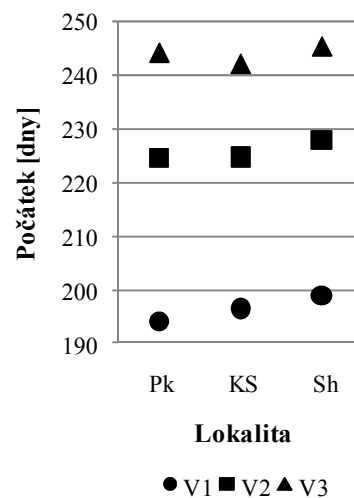
Obr. 13: Schéma pozorovaných fenofází brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) v sezóně 2009



Obr. 14: Schéma pozorovaných fenofází brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) v sezóně 2010

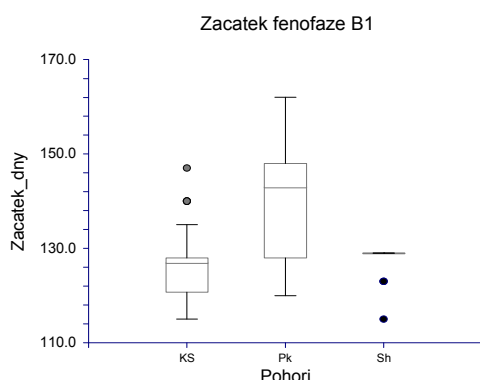


Obr. 15: Schéma pozorovaných fenofází vřesu obecného (*Calluna vulgaris*) v sezóně 2009

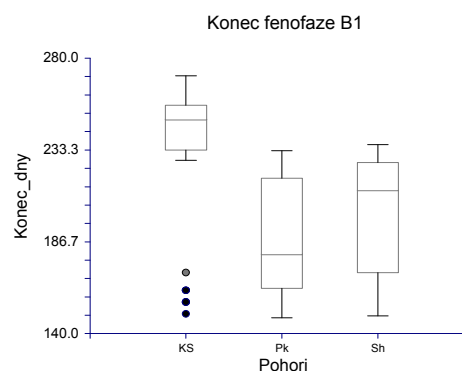


Obr. 16: Schéma pozorovaných fenofází vřesu obecného (*Calluna vulgaris*) v sezóně 2010

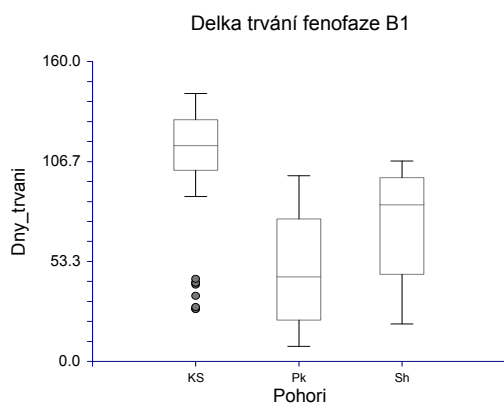
První detekovatelná fenofáze – B1 nastávala nejdříve na Králickém Sněžníku, a to v průměru ve 126. den v roce. Krátce na to býval její nástup sledován na Studniční hoře – 128. den a nejpozději byla fenofáze zaznamenávána na Petrových kamenech, kde její nástup v průměru připadal na 139. den. Nejdéle fenofáze B1 v rámci obou sledovaných let trvala na Králickém Sněžníku, což je ale částečně dáno faktem, že zde většina jedinců vydržela v úvodní fenofázi až do nástupu fáze B5. Naopak nejkratší dobu trvala fenofáze B1 na Petrových kamenech.



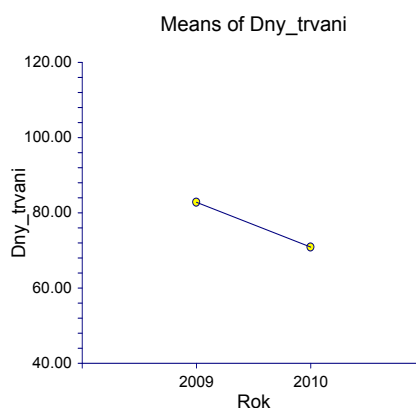
Obr. 17: Začátek fenofáze B1 na studovaných lokalitách



Obr. 18: Konec fenofáze B1 na studovaných lokalitách

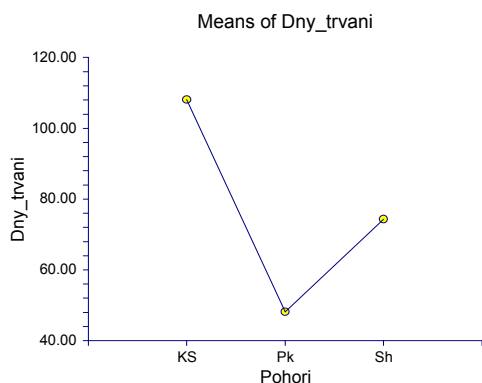


Obr. 19: Délka trvání fenofáze B1 na studovaných lokalitách

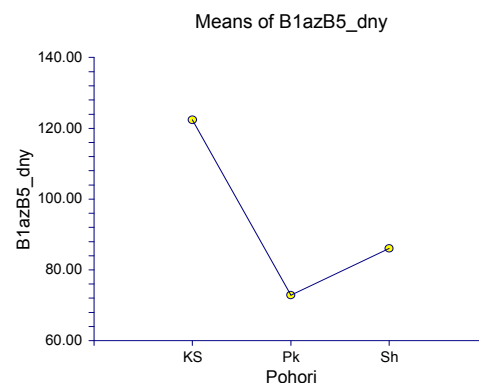


Obr. 20 Prům délka trvání fenofáze B1 v monitorovaných sezónách

Statisticky bylo testováno, nakolik se změní charakter trvání fenofáze B1 v případě, že pomíneme generativní fenofáze B2 až B4 a délka B1 tak bude vztahována k nástupu nejbližší další vegetativní fáze – B5. Ukázalo se, že variabilita délky fenofáze v rámci jednotlivých pohoří zůstala víceméně zachována (statistický výstup viz. Příloha 8)

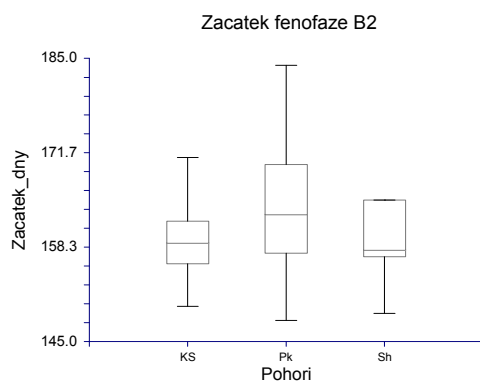


Obr. 21: Prům délka trvání intervalu od nástupu B1 do nástupu B5 na studovaných lokalitách

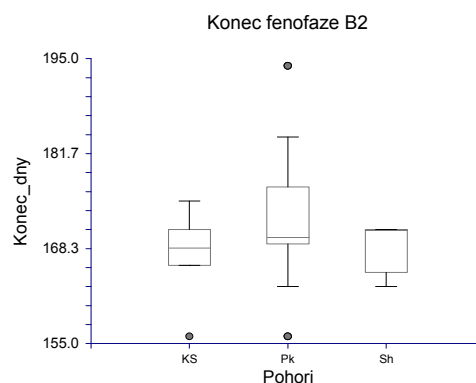


Obr. 22: Prům délka trvání intervalu od nástupu B1 do nástupu B5 na studovaných lokalitách

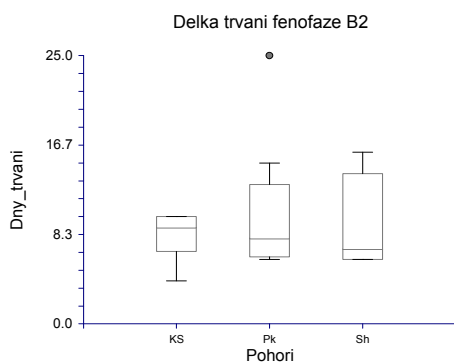
První viditelná blizna brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) (fenofáze B2) se rovněž objevovala nejdříve na Studniční hoře. Největší časový rozptyl v nástupu této fenofáze byl jednoznačně sledován na Petrových kamenech (viz. Obr. 23), průměrně zde začínala fenofáze nejpozději. Délka fenofáze byla ve všech pohořích podobná a pohybovala se v obou letech průměrně mezi 8 až 10 dny.



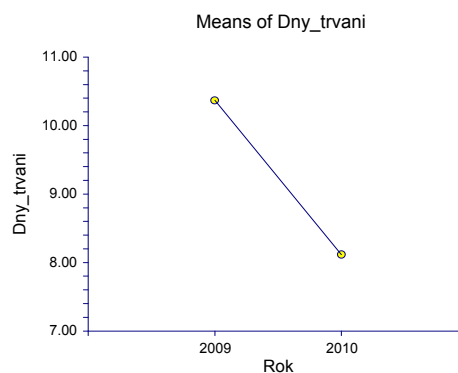
Obr. 23: Začátek fenofáze B2 na studovaných lokalitách



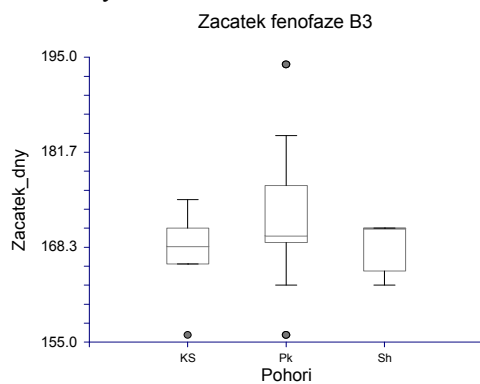
Obr. 24: Konec fenofáze B2 na studovaných lokalitách



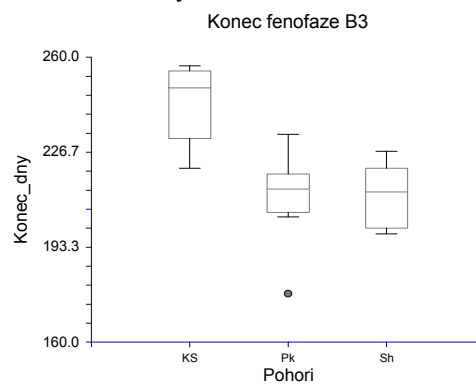
Obr. 25: Délka fenofáze B2 na studovaných lokalitách



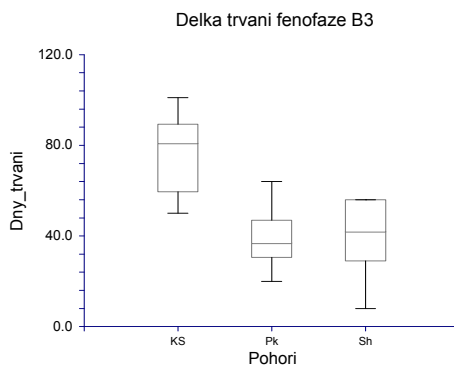
Obr. 26: Prům. délka trvání fenofáze B2 v monitorovaných sezónách



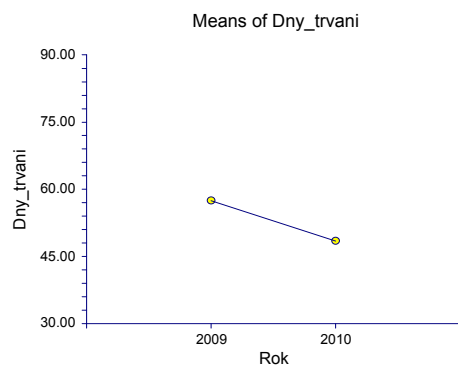
Obr. 27: Začátek fenofáze B3 na studovaných lokalitách



Obr. 28: Konec fenofáze B3 na studovaných lokalitách



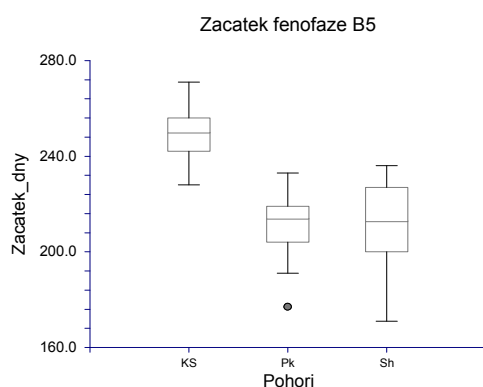
Obr. 29: Délka fenofáze B3 na studovaných lokalitách



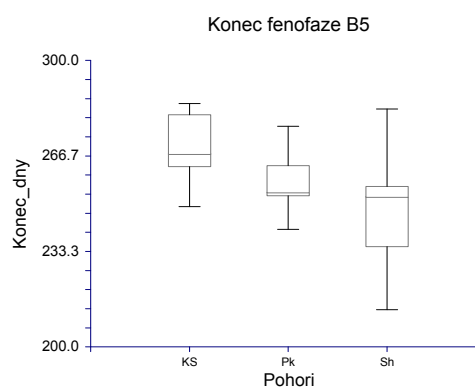
Obr. 30: Prům. délka trvání fenofáze B3 v monitorovaných letech

Fenofáze B4 se ve sledovaných pohořích projevovala jen ve velmi omezené míře. V roce 2009 byl v rámci 75 jedinců ve všech pohořích sledován jediný zralý plod na Petrových kamenech. V roce 2010 dosáhlo fenofáze B4 celkem 10 jedinců ze 75, z toho 9 bylo sledováno na Petrových kamenech a 1 Králickém Sněžníku. Vzhledem k malému zastoupení jedinců ve fenofázi B4 nebyla tedy tato fenofáze statisticky vyhodnocována.

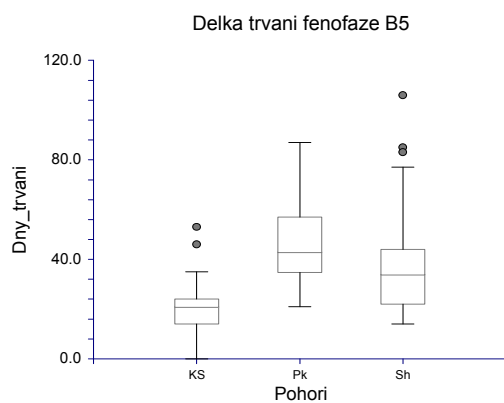
První změny barvy listu (B5) byly v rámci sledovaného období jako první pozorovány na Petrových kamenech (průměrně 212. den) a krátce na to na Studniční hoře (průměrně 214. den). Nejkratší průměrný časový interval mezi prvním zbarveným listem a kompletním zbarvením všech listů (fenofáze B6) byl zaznamenáván na Králickém Sněžníku, kde byl dokonce u některých jedinců fenofázový přechod kratší než interval terénního šetření (7 dnů).



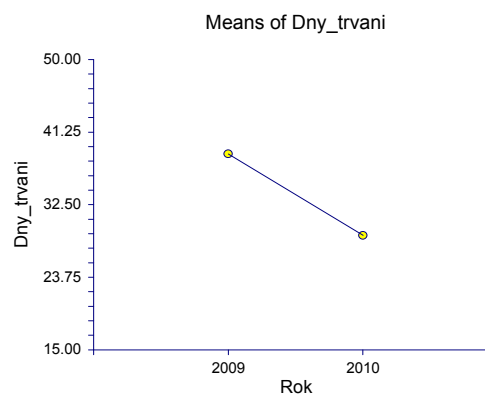
Obr. 31: Začátek fenofáze B5 na studovaných lokalitách



Obr. 32: Konec fenofáze B5 na studovaných lokalitách

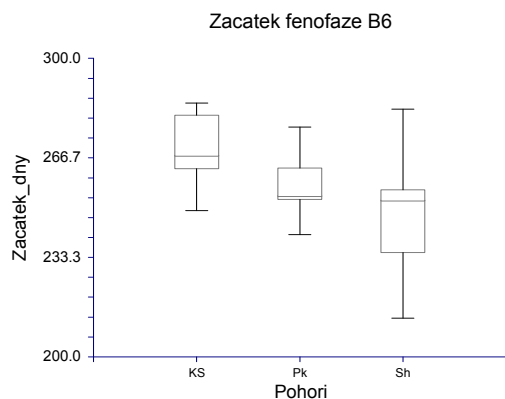


Obr. 33: Délka fenofáze B5 na studovaných lokalitách

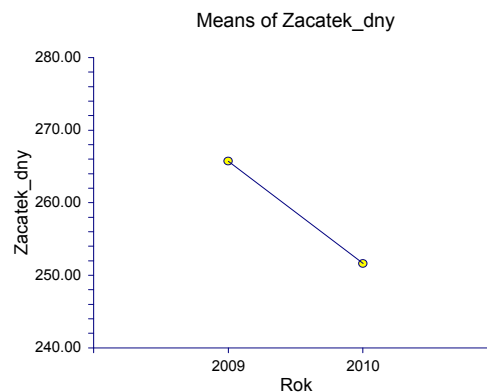


Obr. 34: Prům. délka trvání fenofáze B5 v monitorovaných sezónách

Fenofáze B6 byla u brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) poslední sledovanou, a proto zde byl statisticky hodnocen pouze její nástup. Největší rozptyl byl v tomto směru zaznamenán na Studniční hoře, kdy první jedinci prodělali kompletní změnu barvy listů již ve 213. den a poslední pak ve 283. dnu (v rámci obou sezón 2009 a 2010). Průměrně nejdříve tato fenofáze začínala rovněž na Studniční hoře.

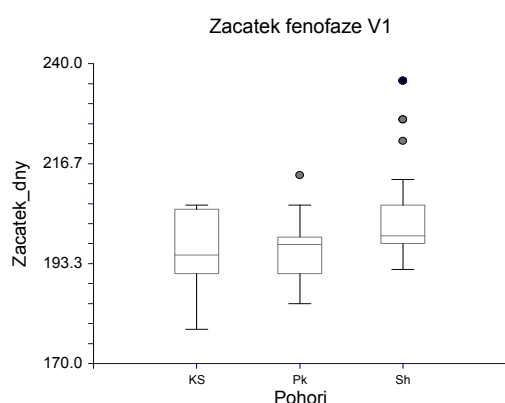


Obr. 35: Začátek fenofáze B6 na studovaných lokalitách

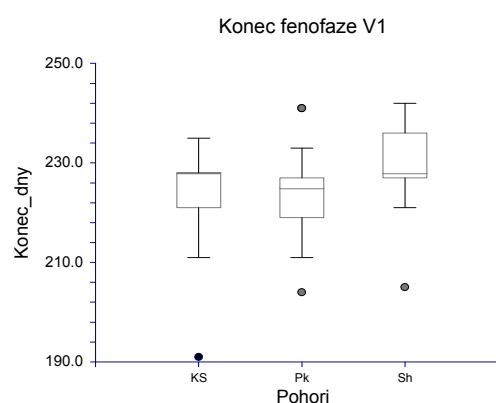


Obr. 36: Prům. doba začátku fenofáze B6 na studovaných lokalitách

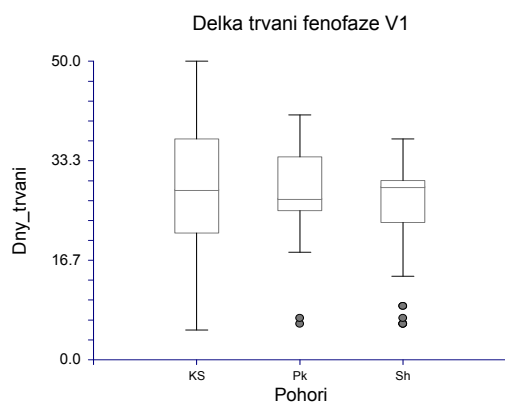
První sledovaná fenofáze vřesu obecného (*Calluna vulgaris*) – V1 začínala průměrně nejdříve na Petrových kamenech a Králickém Sněžníku, kde rovněž nejdéle vytrvávala. Doba mezi vytvořením prvního květního pupenu (V1) a sledováním první viditelné blizny (V2) zde průměrně trvala 29 dnů. Nejrychlejší býval tento přechod na Studniční hoře, kde průměrně trval 25 dnů.



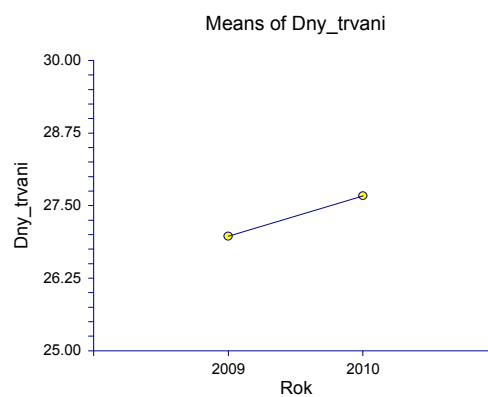
Obr. 37: Začátek fenofáze V1 na studovaných lokalitách



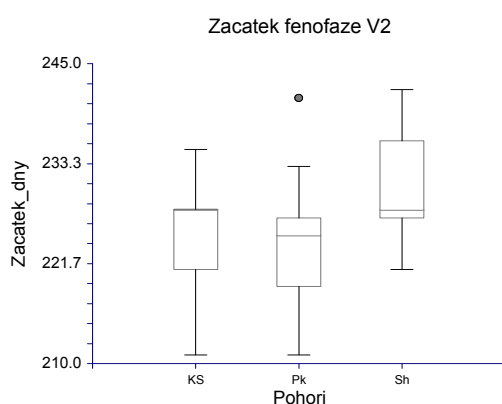
Obr. 38: Konec fenofáze V1 na studovaných lokalitách



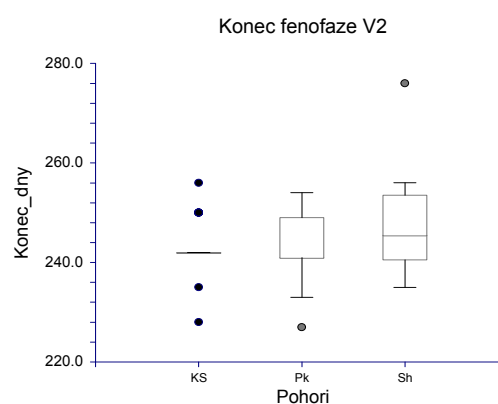
Obr. 39: Délka fenofáze V1 na studovaných lokalitách



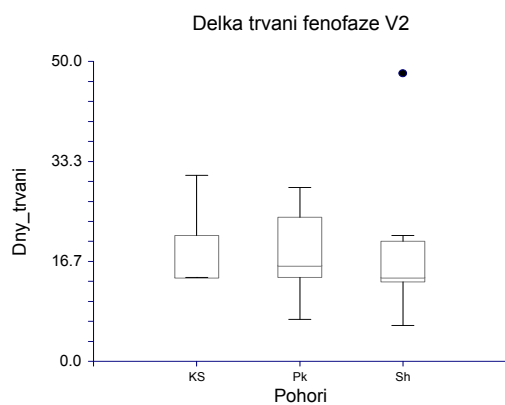
Obr. 40: Prům. délka trvání fenofáze V1 v monitorovaných sezónách



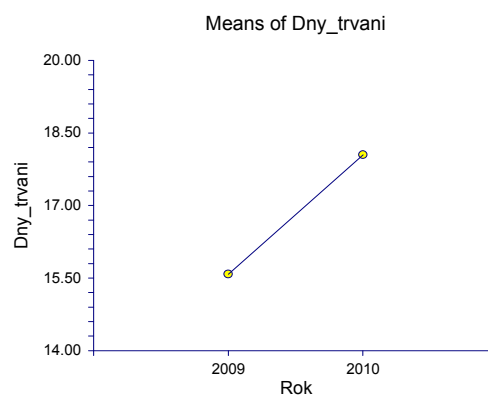
Obr. 41: Začátek fenofáze V2 na studovaných lokalitách



Obr. 42: Konec fenofáze V2 na studovaných lokalitách



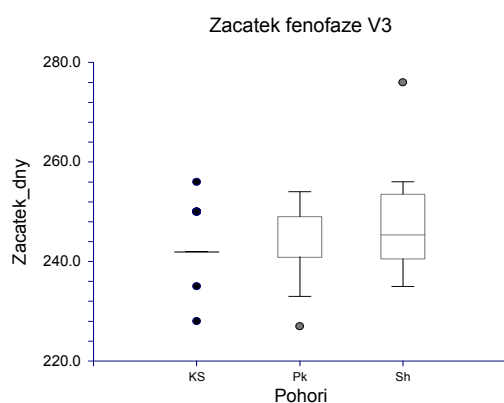
Obr. 43: Délka fenofáze V2 na studovaných lokalitách



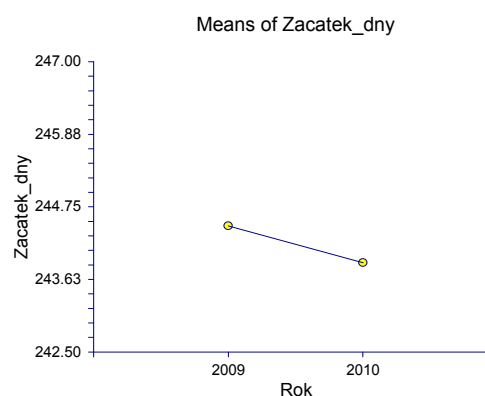
Obr. 44: Prům. délka trvání fenofáze V2 v monitorovaných sezónách

Nástup fenofáze V3 byl v obou sezónách časově velmi podobný (viz. Obr. 46) a rovněž v rámci sledovaných lokalit se příliš nelišil. Na Petrových kamenech a Králickém Sněžníku k němu docházelo shodně – průměrně ve 243. den v roce, na Studniční hoře tomu pak bylo ve 246. den (podrobné výstupy statistických analýz se

nacházejí v Příloze 9, podrobné tabulkové přehledy nástupů a konců jednotlivých fenofází jsou obsaženy v Příloze 11).



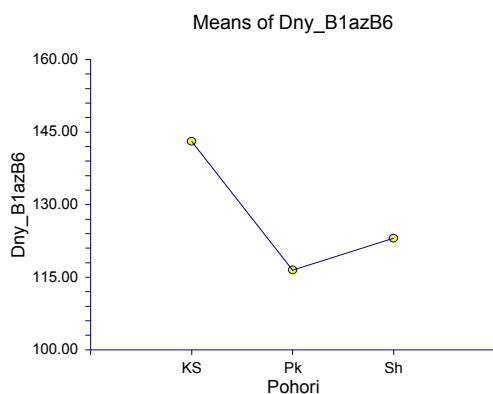
Obr. 45: Začátek fenofáze V3 na studovaných lokalitách



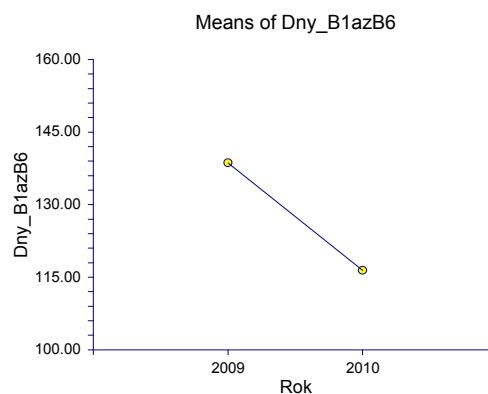
Obr. 46: Prům. doba začátku fenofáze V3 na studovaných lokalitách

Délka trvání jednotlivých fenofází brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) byla ve všech případech delší v roce 2009 než v roce 2010 (viz. Obr. 20, 21, 30 a 34). U vřesu obecného (*Calluna vulgaris*) tomu bylo naopak (viz. Obr. 40 a 44).

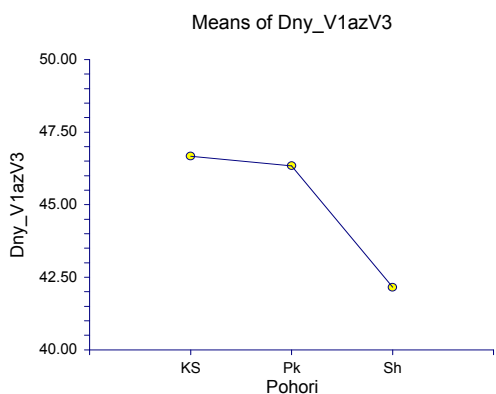
Statisticky byla testována celková délka fenologických projevů rostlin (počet dní od nástupu první do nástupu poslední fenofáze sezóny) v rámci jednotlivých pohoří a sezón. Ukázalo se, že nejdelší aktivitu během sezóny vykazují jedinci brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) i vřesu obecného (*Calluna vulgaris*) na lokalitě Králický Sněžník (viz. Obr. 47 a 49). V rámci sezón dosahovaly oba sledované druhy odlišných výsledků. Zatímco brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*) vykazovala delší aktivitu v sezóně 2009 (při statisticky průkazné hodnotě $P=0,00$ viz. Příloha 10), výsledek u vřesu obecného (*Calluna vulgaris*) byl opačný (při hodnotě $P=0,07$).



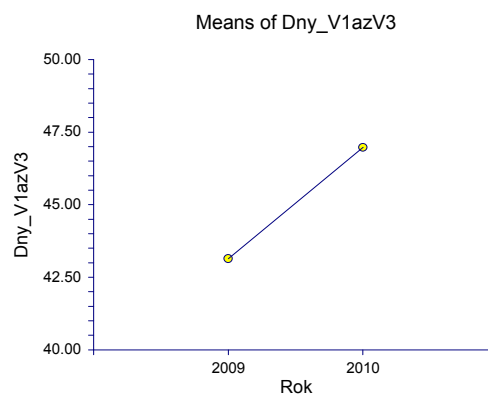
Obr. 47: Prům. délka intervalu od nástupu B1 do nástupu B6 na studovaných lokalitách



Obr. 48: Prům. délka intervalu od nástupu B1 do nástupu B6 v monitorovaných sezónách



Obr. 49: Prům. délka intervalu od nástupu V1 do nástupu V3 na studovaných lokalitách

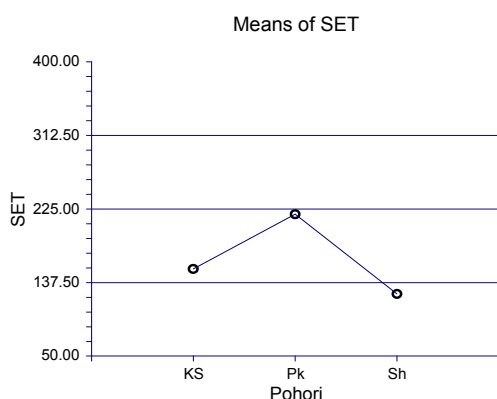


Obr. 50: Prům. délka intervalu od nástupu V1 do nástupu V3 v monitorovaných sezónách

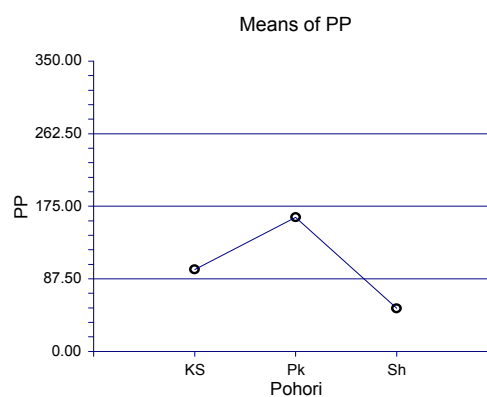
Testem GLM ANOVA byl zjišťován rozdíl v délce intervalu od nástupu fenofáze B1 do doby nástupu první senescentní fenofáze B5 u kvetoucích a nekvetoucích jedinců brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*). Při hodnotě $P=0,02$ byl konstatován statisticky průkazný rozdíl mezi délkou intervalu od nástupu fenofáze B1 do B5 u kvetoucích a nekvetoucích jedinců. Zatímco jedinci, kteří v sezóně kvetli, dosahovali prvního žloutnutí listů výrazně dříve – interval B1 až B5 zde trval průměrně 86 dnů, u nekvetoucích jedinců činil tento interval cca 97 dnů (podrobnosti statistického zpracování v Příloze 12).

5.3 Klimato-fenologický popis lokalit Petrovy kameny, Králický Sněžník a Studniční hora – modely energetické bilance fenofází (MEBF)

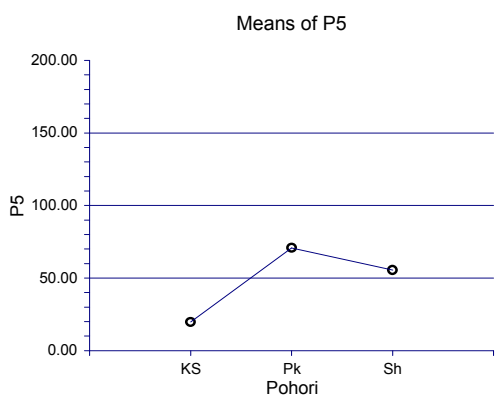
Z konfrontace dat, získaných dvouletým klimatickým a fenologickým šetřením na zájmových lokalitách, vyplynulo několik zjištění. Statistická analýza dotace klimatickými faktory v průměrný den nástupu první fenofáze prokázala významný rozdíl mezi jednotlivými pohořími (viz. Tab. 7). Fenologický nástup startoval v obou sezónách průměrně nejdříve na Králickém Sněžníku a Studniční hoře. Při konfrontaci tohoto faktu s klimatickými měřeními však vyšla na obdobný den nástupu první fenofáze na Studniční hoře výrazně nižší dotace většinou klima faktorů (kromě P5). Suverénně nejvyšší přísun všech monitorovaných klima faktorů ke dni nástupu fenofáze B1 byl zjištěn na Petrových kamenech (podrobné přehledy průměrných nástupů fenofází a jim příslušné ekvivalenty v dotacích klima faktory pro jednotlivá pohoří a sezóny jsou uvedeny v Příloze 13).



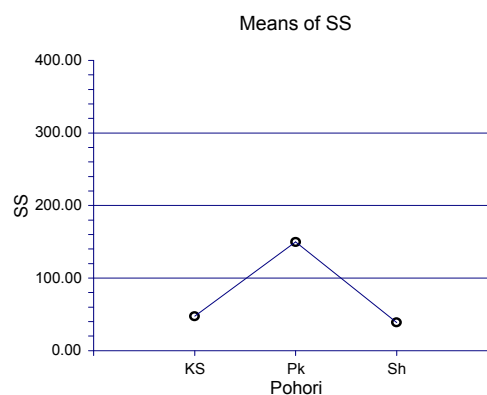
Obr. 51: Dotace faktorem SET v prům. den nástupu fenofáze B1



Obr. 52: Dotace faktorem PP v prům. den nástupu fenofáze B1

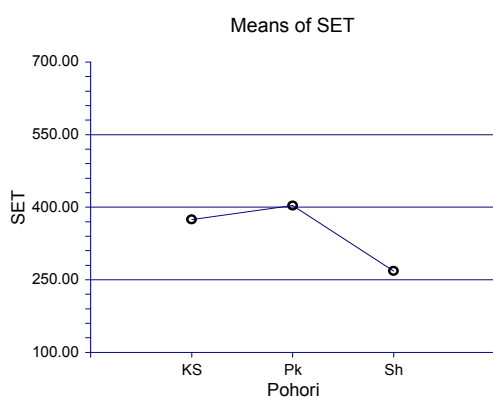


Obr. 53: Dotace faktorem P5 v prům. den nástupu fenofáze B1

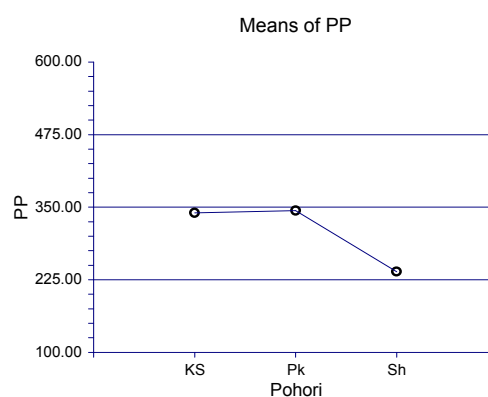


Obr. 54: Dotace faktorem SS v prům. den nástupu fenofáze B1

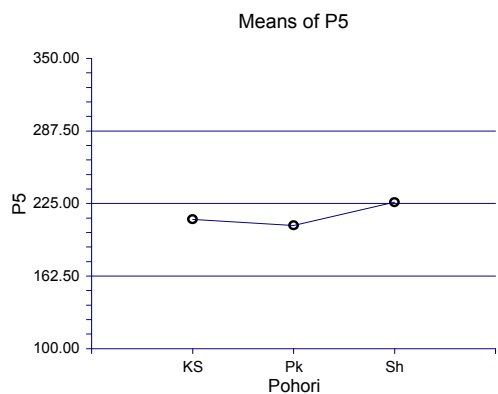
U nástupu fenofáze B2 nebyl prokázán statistický významný rozdíl v dotaci P5 a SS mezi jednotlivými pohořími. Tento výsledek koreluje s výsledkem srovnání rozdílnosti nástupu samotné fenofáze B2 v jednotlivých pohořích (viz. Příloha 9), kde v začátku fenofáze rovněž nebyl signifikantní rozdíl. V dotaci PP a SET se průměrný termín nástupu fenofáze B2 významně lišil. Stále zde byl evidentní nižší přísun tepla na Studniční hoře oproti dvěma dalším lokalitám, byť s nižším rozdílem oproti fenofázi B1. Fenofáze B3 zaznamenávala ve všech pohořích nástup ve velmi krátkém intervalu od nástupu B2 (viz. Obr. 13 a 14), což odrážela i variabilita mezi pohořími v dotaci klimatickými faktory, jež oproti B2 zůstala téměř nepozměněna.



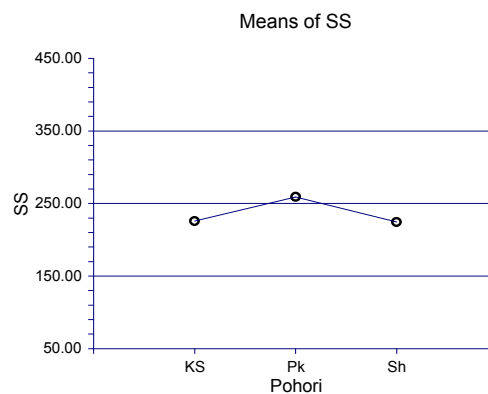
Obr. 55: Dotace faktorem SET v prům. den nástupu fenofáze B2



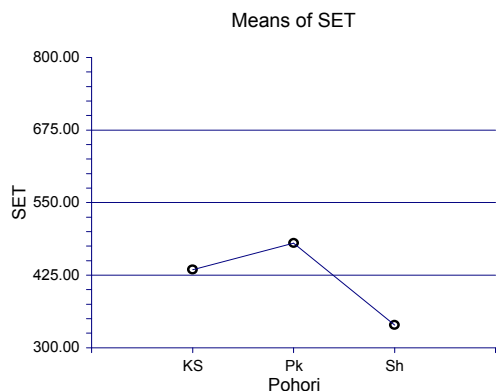
Obr. 56: Dotace faktorem PP v prům. den nástupu fenofáze B2



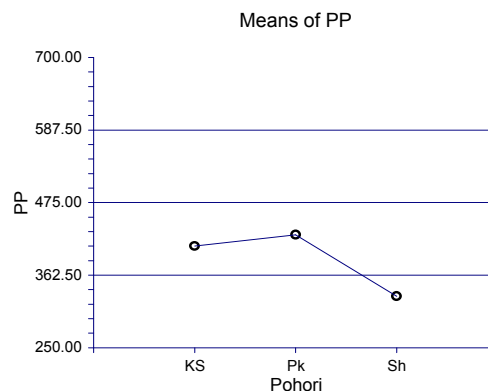
Obr. 57: Dotace faktorem P5 v prům. den nástupu fenofáze B2



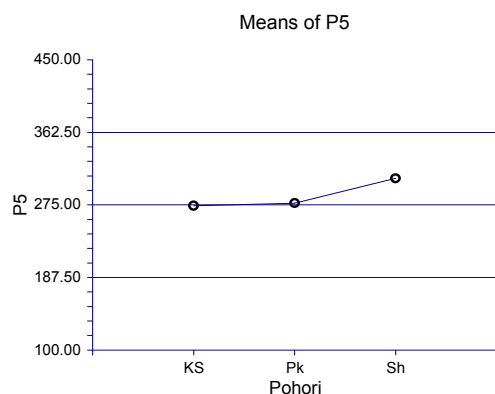
Obr. 58: Dotace faktorem SS v prům. den nástupu fenofáze B2



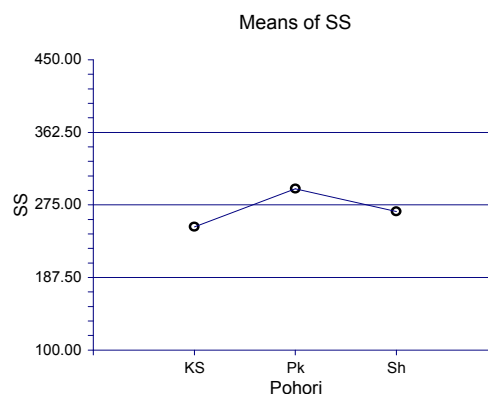
Obr. 59: Dotace faktorem SET v prům. den nástupu fenofáze B3



Obr. 60: Dotace faktorem PP v prům. den nástupu fenofáze B3



Obr. 61: Dotace faktorem P5 v průměrný den nástupu fenofáze B3

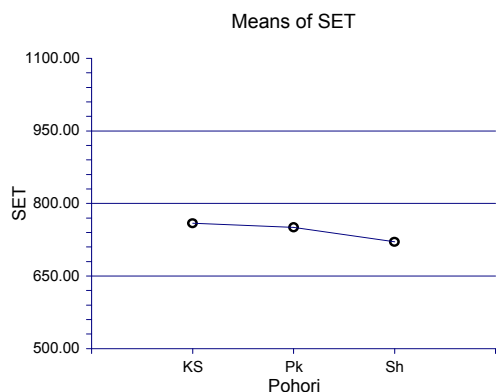


Obr. 62: Dotace faktorem SS v průměrný den nástupu fenofáze B3

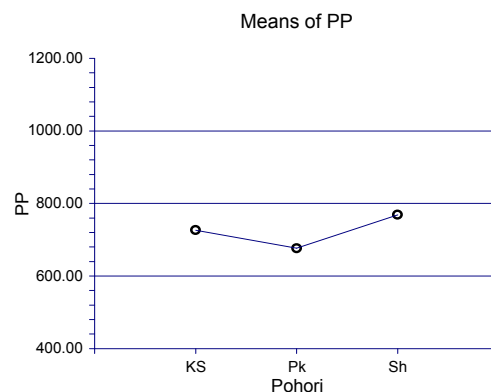
Fenofáze B4 nebyla konfrontována s klimatickými měřeními (viz. Kapitola 5.2). Obě senescentní fenofáze brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) – B5 a B6 nastávaly průměrně nejdříve na Petrových kamenech a Studniční hoře. To se do určité míry odráželo i v ekvivalentu dodané energie v podobě klima faktorů. Nejmenší dotace SET a PP byla v obou případech sledována na Studniční hoře největší přísun byl zjištěn na Králickém Sněžníku. P5 faktor byl v průměrný den nástupu těchto fenofází průkazně nejnižší na Petrových kamenech, nejvyšší na Králickém Sněžníku. Dotace faktoru SS byla i přes výrazně pozdější nástup fenofází B5 a B6 na Králickém Sněžníku oproti Petrovým kamenům srovnatelná s tímto pohořím.

Průměrný nástup první sledované fenofáze u vřesu obecného (*Calluna vulgaris*) – V1 byl z hlediska většiny klima faktorů nejvíce dotován na Studniční hoře (viz. Obr. 64, 65 a 66). Nástup fenofáze V2 a V3 byl velmi podobný na lokalitách Petrovy kameny a Králický Sněžník, na Studniční hoře startoval v obou případech nejpozději. I přes to byla ke dnům průměrného nástupu těchto fenofází hodnota faktoru SET výrazně nejnižší právě na Studniční hoře. Hodnota faktoru PP

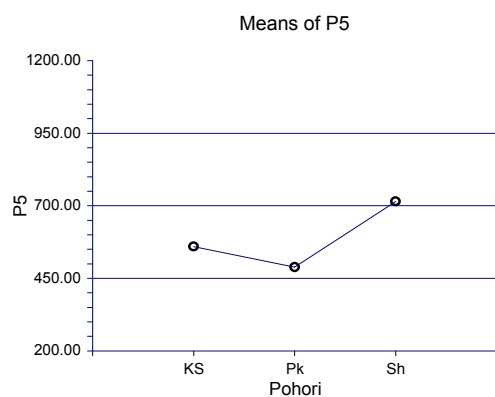
zde pak i přes značný časový rozdíl v nástupu fenofází nabývala obdobných sum jako na Petrových kamenech. Hodnota P5 byla navzdory relativně nízké dotaci lokality Studniční hora teplem ve fázi V3 nejvyšší zde.



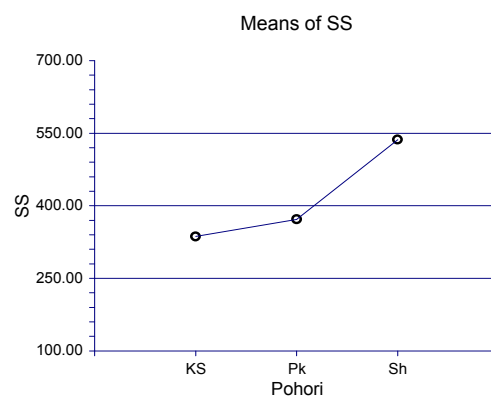
Obr. 63: Dotace faktorem SET v prům. den nástupu fenofáze V1



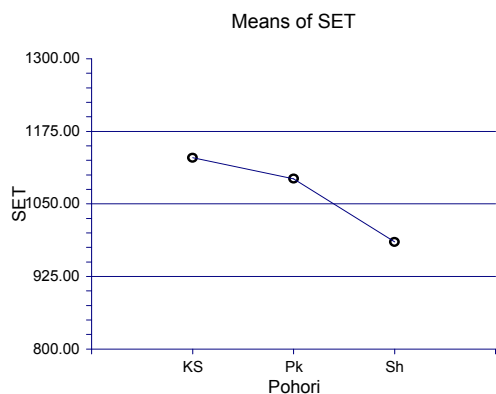
Obr. 64: Dotace faktorem PP v prům. den nástupu fenofáze V1



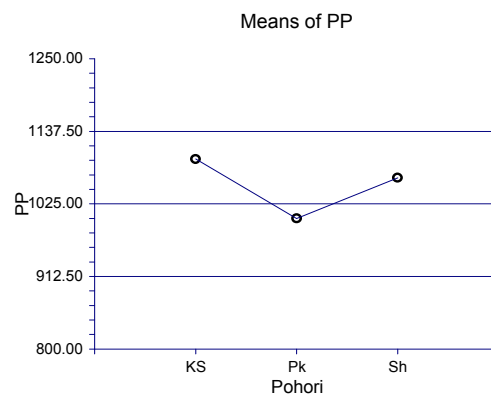
Obr. 65: Dotace faktorem P5 v prům. den nástupu fenofáze V1



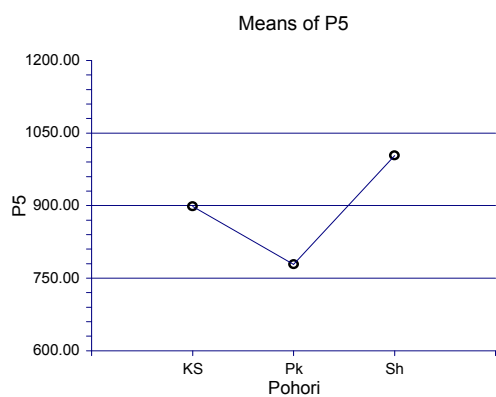
Obr. 66: Dotace faktorem SS v prům. den nástupu fenofáze V1



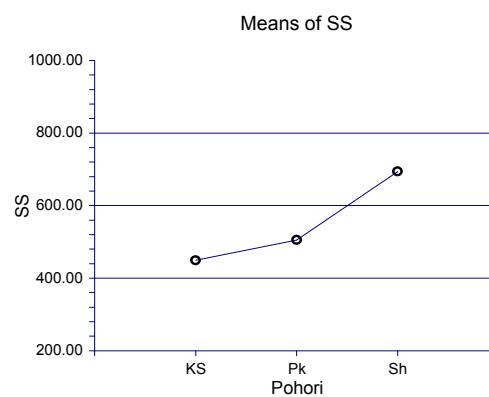
Obr. 67: Dotace faktorem SET v prům. den nástupu fenofáze V2



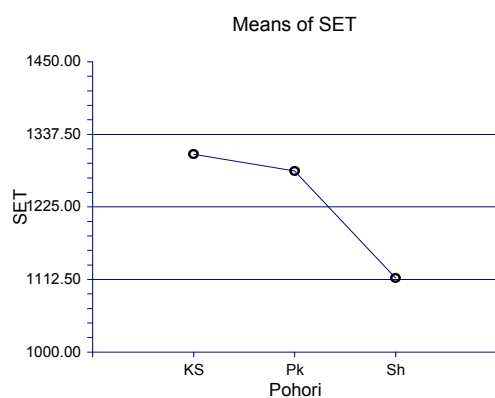
Obr. 68: Dotace faktorem PP v prům. den nástupu fenofáze V2



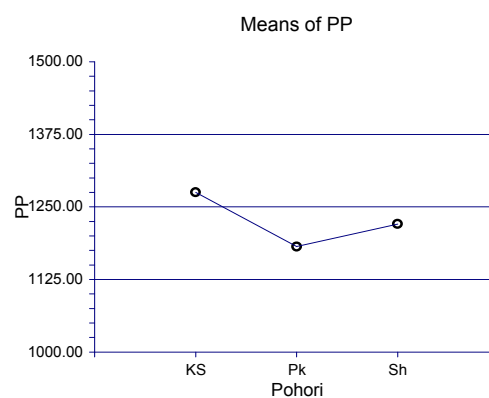
Obr. 69: Dotace faktorem P5 v prům. den nástupu fenofáze V2



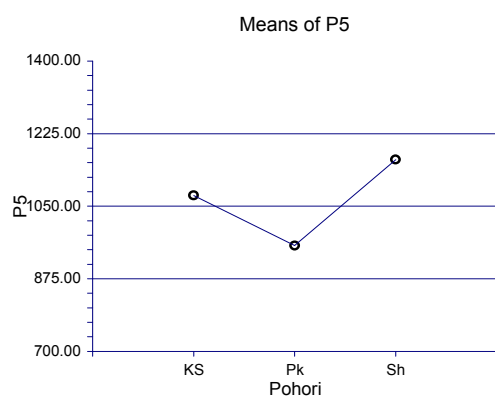
Obr. 70: Dotace faktorem SS v prům. den nástupu fenofáze V2



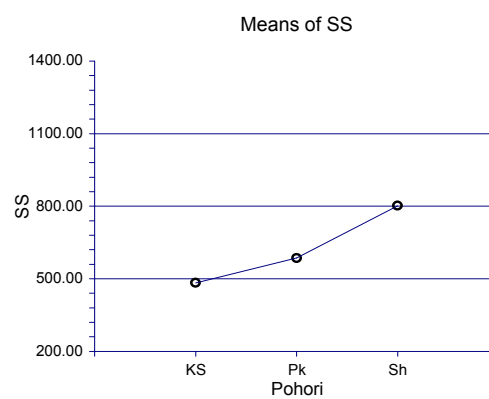
Obr. 71: Dotace faktorem SET v prům. den nástupu fenofáze V3



Obr. 72: Dotace faktorem PP v prům. den nástupu fenofáze V3



Obr. 73: Dotace faktorem P5 v prům. den nástupu fenofáze V3



Obr. 74: Dotace faktorem SS v prům. den nástupu fenofáze V3

6. Diskuze

Výsledky klimatologických měření, která byla spolu s fenologickým šetřením po dvě sezóny zasazena do prostředí nejvyšších vysokosudetských partií, umožňují postihnout základních klimatických trendů a podmínek prostředí, jimž je zdejší vegetace vystavena. Jak bylo popsáno v úvodu práce, a jak dokládá rovněž řada autorů (např. Körner 1999), alpské klima má své spojující charakteristiky a specifika, vymezující ho oproti ostatním ekosystémům. Jakkoli tato skutečnost platí i pro vrcholové partie sudetských pohoří, zkoumané lokality Petrových kamenů, Králického Sněžníku a Studniční hory nelze zdaleka označit za klimaticky uniformní. Na každé z lokalit se uplatňují určité fenomény, které, jak naznačují provedená měření, mohou mít zásadní vliv na fenologické projevy zdejších rostlinných druhů.

Statistické testy potvrdily skutečnost, že zkoumaná pohoří se významně liší z hlediska všech monitorovaných klimatických faktorů – teploty vzduchu, teplot půdy a množství srážek včetně srážek sněhových. Teplotně nejpříznivější lokalitou je Králický Sněžník, což je s vysokou pravděpodobností dáno jeho orografií. Na rozdíl od Studniční hory a Petrových kamenů není tato lokalita součástí rozsáhlejšího horského komplexu a je proto snáze ovlivňována podmínkami okolního prostředí. Tento fakt by zároveň zdůvodňoval značnou teplotní amplitudu, která zde byla při měřeních zjištěna. Příznivý vliv na zdejší teplotní poměry může rovněž mít pro Králický Sněžník typický fénový efekt, který ve své práci popisují Piasecki et Szymanowski 1993. Jednou z nejzásadnějších klimatických veličin v prostředí alpského stupně jsou srážky. Zároveň však jde také o faktor, jehož měření je ve zdejších drsných podmínkách velmi často zatíženo chybou (jak dokládají i značné rozpory v hodnotách různých autorů u totožných lokalit - např. Coufal et Šebek 1969 a Kwiatkowski 1982, nebo Piasecki 1993 a Vacek et al. 2004).

Srážková činnost má v horském prostředí značně nevyrovnanou a lokální distribuci, neboť se zde více než jinde uplatňuje efekt lokálních srážkových stínů. To lze příhodně demonstrovat právě na rozdílu v četnosti srážek mezi Studniční horou a Králickým Sněžníkem. Králický Sněžník je svou polohou mírně

upozaděný za masívem Krkonoš a Jizerských hor, které představují na našem území první výraznou překážku vlhkému atlantickému vzdušnému proudění (Soukupová et Kociánová 1995). Tento fenomén částečně kompenzuje četná lokální srážková činnost a rovněž hojný výskyt horizontálních srážek, jenž je však současnou technikou jen velmi obtížně kvantifikovatelný.

Zajímavá zjištění přineslo analyzování výsledků půdních teplot. Dle očekávání byl zjištěn podstatný rozdíl mezi charakterem vývoje teploty půdního povrchu a půdy samotné. Půdní povrch, byť neovlivněn přímým osluněním, se vyznačoval značnou teplotní labilitou, která velmi rychle odrážela aktuální vývoj teploty vzduchu. V hloubce 5 cm pod povrchem je teplota půdy již výrazně stabilnější a jak se ukázalo, především v jarním období má významný vliv na aktivitu rostlin. Pro arкто-alpínské ekosystémy je charakteristické intenzivní promrzání půdy v zimním období (Körner et Larcher 1988). Tento jev byl v obou sezónách pozorován na Králickém Sněžníku i Petrových kamenech. Teplota půdy zde zpravidla koncem listopadu až začátkem prosince klesla pod hodnotu 0 °C a zde v různých intenzitách promrznutí setrvala až do termínu jarního rozmrznutí půdy, po němž už do záporných hodnot zpravidla neklesla. Jinak tomu bylo na Studniční hoře. Na této lokalitě, která je v rámci srovnávaných pohoří s odstupem nejchladnější (dvousezónní průměr teploty vzduchu zde činil 0,83 °C), vůbec k intenzivnímu promrzání půdy nedocházelo. Během zimního období, kdy zde teplota vzduchu běžně klesala pod (-15 °C), docházelo na této lokalitě ke kolísání teploty půdy mezi kladnými a zápornými hodnotami a to více méně rovnoměrně po celou dobu zimního období. Intenzita dočasného promrzání půdy zde navíc dosahovala výrazně nižších průměrných hodnot, než na ostatních horských lokalitách (nejintenzivnější promrzání bylo v průměru zjištěno na Králickém Sněžníku). Rovněž termín konečného jarního rozmrznutí půdy zde v obou sezónách nastával výrazně dříve - v sezóně 2010 dokonce o více než měsíc. Vysvětlení tohoto jevu je zřejmé při pohledu na výsledky zimních sněhových měření. V obou letech byla na lokalitě Studniční hora zjišťována výrazně vyšší sněhová pokrývka oproti Králickému Sněžníku a Petrovým kamenům. Zatímco zde po naprostou většinu zimy byla průběžná mocnost sněhu nad 60 cm, u obou dalších lokalit dosahoval sníh pouze krátkodobých maxim nad 50 cm a to zpravidla v závěru zimního období (březen) po zbytek zimy se zde průměrně pohybovala výška sněhu mezi 30–40 cm. Tento fakt je dán tím, že zatímco

studijní plochy Králický Sněžník a Petrovy kameny jsou v bezprostředních vrcholových partiích vystaveny silnému deflačnímu vlivu větru, který v zimě neumožňuje výraznější sněhové kumulace, lokalita Studniční hora se nachází pod vrcholem v prostoru Modrého sedla a jako taková není ve srovnání s oběma dalšími natolik exponovaná a sněhu zde proto bývá více. Izolační vlastnosti sněhu byly již mnohokrát prokázány (u nás poprvé zřejmě Hrbek et Krhounek 1957). Mocnost sněhu nad 50 cm (na Studniční hoře po převážnou většinu zimy) umožňuje v našich podmínkách promrzání půdy jen výjimečně. Toto vysvětlení bylo ověřováno statistickým testem, kde byl zkoumán vliv zimních teplot vzduchu na teplotu půdy v 5 cm a intenzitu promrzání. Zatímco na Petrových kamenech a Králickém Sněžníku byl tento vliv prokázán, neboť zde ležící menší vrstva sněhu izoluje půdní povrch pouze částečně, na Studniční hoře nebyla teplota vzduchu ovlivňujícím faktorem, což s velkou pravděpodobností poukazuje na přítomnost dostatečné izolační vrstvy sněhu, zabraňující i při teplotách pod (- 15 °C) poklesu teploty půdy pod bod mrazu.

Ze srovnání fenologického vývoje vegetace ve zkoumaných pohořích se ukázalo, že právě půdní faktory jako je intenzita promrzání a doba rozmrznutí mohou být klíčové pro dobu nástupu první fenofáze u brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) (B1), která je zároveň prvním sledovaným sezónním fenologickým projevem. Tato fenofáze byla totiž v obou letech sledována nejdříve na teplotně nejpříznivějším Králickém Sněžníku a právě na Studniční hoře. Pro rok 2010 je navíc pravděpodobné, že první fenofáze nastala na Studniční hoře dříve než na Králickém Sněžníku, neboť v den prvního šetření (9.5. – 129. den) zde byly již u všech zkoumaných jedinců první zelené lístky vyrašené (na Králickém Sněžníku tato fenofáze připadala průměrně na 128. den). První fenofáze tak nastala na těchto lokalitách ve srovnatelné době při nesrovnatelné bilanci teploty vzduchu (viz. Modely energetické bilance jednotlivých fenofází) a srážek, které však, nutno přiznat, nelze v období počátku jara považovat za rozhodující vláhový faktor pro dané prostředí. S vysokou mírou pravděpodobnosti lze předpokládat, že na Studniční hoře, na rozdíl od obou dalších lokalit, je částečně zachována fotosyntetická aktivita rostlin po většinu zimního období. Lundell et al. 2008 a Saarinen et Lundell 2010 ve svých výzkumech v oblasti arktické tundry prokázali na příkladu brusnice brusinky (*Vaccinium vitis-idaea*), zachování fotosyntetické aktivity v zimním období. Předpokladem však bylo, že

se na rostlinách nacházela izolační vrstva sněhu a že teplota neklesla pod (-2 až -6 °C). Teplota půdního povrchu na Studniční hoře v průběhu obou zimních období nevykazovala hodnoty pod (-1,5) °C, na rozdíl od Králického Sněžníku a Petrových kamenů, kde teplota povrchu půdy běžně klesala pod (-3), resp. (-4) °C. Výška sněhové pokrývky má tedy na jednu stranu průkazně pozitivní vliv na teplotu půdy a půdního povrchu a druhotně rovněž na případnou zimní aktivitu rostlin. Na druhou stranu však výrazně snižuje intenzitu fotosynteticky aktivního záření, které pronikne k rostlinám (Curl et al. 1972) a proto je fotosyntéza nutně omezena i v případě, že panující teploty jsou pro fotosyntetické procesy rostlin dostačující. V období jara, kdy na Studniční hoře začíná sníh odtávat, se však tyto podmínky rychle mění. Jakmile totiž vzrůstá teplota a dostupnost záření, zvyšuje se fotosyntetická aktivita rostlin velmi rychle a ustaluje se cca za 4 dny. Za těchto podmínek zpravidla dosahuje fotosyntéza téměř 20–40 % denního letního maxima (Lundell et al. 2008). Na lokalitách s menší vrstvou sněhu však po jeho brzkém odtání při prvních jarních oblevách a následném nástupu přizemních mrazů dochází k významnému zbrždění metabolických pochodů a často i k poškození rostlin (Ögren 1996). Navíc je zde pak snížena možnost čerpání vláhy z odtávajícího sněhu. Všechna tato fakta poukazují na značné zvýhodnění vegetace na lokalitě Studniční hora ve smyslu přechodu ze zimního na jarní metabolismus.

Jako poslední byl první rašící lístek u brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) pozorován na Petrových kamenech, a to s cca 12 denním zpožděním oproti oběma lokalitám. Ačkoliv jsou Petrovy kameny v celkovém průměru svými klimatickými podmínkami poměrně blízké Králickému Sněžníku, v jarním období se zde na nástup první fenofáze pravděpodobně uplatňuje efekt horského komplexu, který udržuje chladnější teplotu prostředí po delší dobu oproti Králickému Sněžníku, který je snáze dotykově ovlivněn příznivějšími podmínkami okolí.

Při fenologických analýzách bylo testováno, nakolik se změny průběh fenofáze B1, když jeho konec nebude vztahován k začátku fenofáze B2, ale rovnou k B5 – první změna barvy listu. B2 – první viditelná blizna je totiž generativní fenofází a vymezení délky vegetativní fenofáze nástupem generativní fenofáze se tak může jevit jako metodicky ošidné. Kromě logické změny v délce fenofáze (viz. Výsledky – Obr. 22) nedošlo ke změně ve variabilitě délky fenofáze

mezi pohořími, neboť proporce kvetoucích jedinců byla ve všech pohořích zastoupena více méně obdobně. Pokud jde o variabilitu v nástupu fenofází B2 a B3 mezi jednotlivými pohořími, zůstává zde zachován trend, který je dán nástupem první fenofáze – přibližně stejný nástup na Studniční hoře a Králickém Sněžníku, kde rostliny na Studniční hoře stále těží z metabolického zvýhodnění v předjarním období a na Králickém Sněžníku z nadprůměrných teplot během jara a postupně se snižující odstup v nástupu fenofází na Petrových kamenech, kde již lze v období pozdního jara usuzovat na nástup stabilních příznivých podmínek pro vývoj vegetace.

Fenofáze B4 se na zkoumaných lokalitách uplatňovala v natolik omezené míře, že ji nebylo možné jakkoli statisticky vyhodnotit. Z celkového počtu 75 sledovaných jedinců byl zralý plod zjištěn v roce 2009 u jednoho jedince, v roce 2010 pak u deseti. Tento výsledek potvrzuje zjištění řady autorů (Grime et al. 1986, Körner 1988, Pluess et Stöcklin 2005), že v klimaticky náročných podmínkách nesměřují obvykle rostliny investice do generativní formy rozmnožování a plodí proto spíše ve výjimečných případech. Správnost tohoto úsudku může naznačovat rovněž výsledek testu, který byl učiněn u kvetoucích a nekvetoucích jedinců brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) a který zjišťoval, zda má kvetení vliv na celkovou dobu fenologické aktivity sledovaných jedinců. Tento test prokázal, že jedinci, kteří v průběhu sezóny nastoupili kvetení, prokazatelně dříve nastupovali první senescentní fenofázi B5 oproti nekvetoucím jedincům, a to v průměru o 10 dnů. Dala by se tak konstatovat nevýhodnost nástupu generativních fenofází u brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) v podmínkách alpského prostředí Vysokých Sudet, neboť většina jedinců stejně nedovede svůj vývoj až ke tvorbě semen a navíc prokazatelně snižuje svou fitness oproti jedincům, kteří nástup generativních fenofází neprodělají.

Nástup pozdních fenofází, kterými jsou první změna barvy listu a kompletní zbarvení listů jedince, byl zjištěn nejdříve na Studniční hoře a Petrových kamenech. Pravděpodobným vysvětlením bude již výše zmíněný charakter těchto lokalit oproti Králickému Sněžníku - nástup podmínek, indikujících tyto fenofáze, zde lze čekat v dřívější části sezóny. To potvrzuje i charakter této fenofáze na Králickém Sněžníku, kde k jejímu nástupu sice dochází oproti ostatním lokalitám později, ale přechod od prvního zbarvení listu do kompletního přebarvení asimilačních orgánů zde pak má oproti oběma dříve

nastupujícím lokalitám velmi rychlý průběh – často kratší, než je interval šetření. Při zjišťování těchto fenofází je však nutné počítat s určitou chybou, neboť první změna barvy listu (B5) se v určitých situacích může projevit jako reakce na krátkodobé zhoršení podmínek prostředí, a to třeba již v první polovině léta. Takové případy lze ovšem jen stěží považovat za projevy sezónní senescence. Tyto výchyly od normálu je však částečně možné detekovat za pomoci modelu energetické bilance fenofáze (viz. níže).

Sledování fenologie vřesu obecného (*Calluna vulgaris*) nepřineslo zásadní rozpory oproti úvodním předpokladům. Nástup fenologie tohoto druhu se uplatňoval v pozdější části sezóny oproti fenologii brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) a začínal detekcí prvního květního pupenu. K ní zpravidla docházelo kolem 200. dne sezóny, přičemž průměrně nejdříve nastávala fenofáze V1 na Petrových kamenech a Králickém Sněžníku a nejpozději na lokalitě s nejméně příznivými podmínkami v průběhu vegetační sezóny – Studniční hoře. Z toho by se dalo usuzovat na vliv určité hladiny dotované energie na indikaci průměrné doby kvetení, stejně tak však nemůže být vyloučeno, že je tato variabilita způsobena rozdílností genotypů v rámci sledovaných pohoří. Opad koruny, který představoval u tohoto druhu poslední sledovanou fenofázi, nastával v přibližně stejné době ve všech sledovaných pohořích, jak rovněž potvrdily výsledky statistického testu. Obecně vzato lze ze zjištěných výsledků sledování fenofází vřesu obecného (*Calluna vulgaris*) konstatovat, že oproti brusnici borůvce není jeho aktivita (alespoň v rozsahu sledovaných fenofází) natolik ovlivňována lokální variabilitou klimatu, což nepřímo potvrzuje rovněž srovnání jeho vývoje v rámci obou sledovaných sezón. Zatímco brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*) měla prokazatelně delší interval mezi fenofází B1 až B6 v roce 2009, v roce následujícím, který byl na monitorovaných stanovištích o cca 1,2 °C chladnější, byla celková délka fenologické aktivity kratší o 22 dnů. U vřesu obecného (*Calluna vulgaris*) tomu bylo naopak – subjektivně byl interval V1 – V3 delší v roce 2010, statistický test však neprokázal v tomto případě mezi sezónami významný rozdíl. Tato situace by ovšem mohla být odlišná při fenologickém sledování, jež by zahrnovalo větší počet sezón.

Na základě provedeného klimatologického a fenologického monitoringu tří stanovišť v prostředí alpského bezlesí Vysokých Sudet byl v závěru práce proveden přehled energetické náročnosti nástupu jednotlivých fenofází na všech

stanovištích ve vztahu k jejich dotaci klíčovými klimatickými faktory. Srovnávací analýzy potvrdily významný statistický rozdíl v přísunu jednotlivých klima faktorů na průměrný začátek stejné fenofáze v různých pohořích. Lokalitou s nejmenší dotací většinou klimatických faktorů na nástup prvních tří jarních fenofází (B1 až B3) byla Studniční hora. Jediným faktorem, který u této lokality nebyl ve srovnání s ostatními v minimu, je teplota půdy, což je důsledek kladné teplotní bilance v zimním a předjarním období. Tuto kompenzaci lze proto považovat za klíčovou z hlediska vývoje a průběhu jarních fenofází na Studniční hoře. Naopak největším přírůstkem dodané energie byl charakteristický nástup všech jarních fenofází na Petrových kamenech. Zdůvodnění tohoto fenoménu je rozebíráno výše při popisu vývoje v nástupu jednotlivých fenofází na této lokalitě. Petrovy kameny jsou na rozdíl od Králického Sněžníku v jarním období déle vystaveny doznívajícím vlivům chladného zimního období a o to větší může být následná potřeba dodané energie na aktivaci metabolických pochodů. Na rozdíl od typově podobné lokality na Studniční hoře zde navíc dochází k poměrně intenzivnímu půdnímu promrzání a není zde tak příliš reálný předpoklad této aktivace již v předjarním období. Na rozdíl od jarních fenofází lze faktory teplotu a srážky považovat při nástupu sezónních projevů senescence spíše za okrajové. Na jejich nástup však v podmínkách alpínského bezlesí často mohou mít vliv extrémní v podobě nadbytku či nedostatku těchto faktorů, jakými může být přísušek spojený s vyšší dotací tepla koncem letního období.

7. Závěr

V sezónách 2009 a 2010 se na třech lokalitách alpínského bezlesí Vysokých Sudet (Petrovy kameny, Králický Sněžník a Studniční hora) uskutečnil výzkum, zaměřený na sledování fenologických projevů vybraných alpínských keříčků (*Vaccinium myrtillus* a *Calluna vulgaris*) pod vlivem lokálních klimatických faktorů prostředí, jež v daných podmínkách představují zásadní limitní faktor pro výskyt vegetace.

Konfrontace klimatických a fenologických dat přinesla několik zajímavých zjištění, která potvrzují, že sledovaná vegetace (zejména *Vaccinium myrtillus*) reaguje i v krátkodobém horizontu svým sezónním vývojem na odlišné působení klimatických faktorů, uplatňujících se jak během vegetační sezóny, tak v zimním období. Výsledky práce rovněž poukazují na skutečnost, že i mírná změna ve specifických podmínkách prostředí může mít detekovatelný vliv na chování studovaných druhů.

Jedním z předpokladů pro úspěšnou predikci dlouhodobého trendu vývoje alpínských rostlinných společenstev pod vlivem probíhajících klimatických změn je právě znalost sezónního fenologického vývoje v kontextu podmínek prostředí. Předkládaný text se snaží přispět k pochopení komplexních vztahů mezi alpínskou vegetací a podmínkami, v nichž se vyskytuje a může tak představovat vhodný základ ke konfrontaci s výsledky výzkumů v oblasti vlivů globálních změn prostředí na tento unikátní ekosystém.

8. Literatura

- Austin AT, Yahdjian L, Startk JM et al., 2004: Water pulses and biogeochemical cycles in arid and semiarid ecosystems. *Oecologia* 141: 221–235.
- Banaš M, 2007: Subalpínská vegetace Hrubého Jesníku a její změny pod vlivem lidské činnosti. Univerzita Palackého. Katedra Ekologie a ŽP.
- Bednářová E, Merková L, 2005: Sledování fenologických fází u buku lesního v oblasti Dražanská vrchovina. – In: Rožnovský J, Litschmann T. (eds.): *Bioklimatologie současnosti a budoucnosti* [Internet]. Dostupný z: <http://www.cbks.cz/>.
- Begon M, Harper JL, Townsend CR, 1995: *Ecology. Individuals, populations and communities* – Blackwell Science, Cambridge etc.
- Beniston M, Diaz HF, Bradley RS, 1997: Climatic change at high elevation sites: An overview. *Climatic Change* 36: 233–251.
- Coufal L, Šebek O, 1969: Klimatické poměry Krkonoš. In: Fanta J, [eds.]: *Příroda Krkonošského národního parku*. 1. vyd. Praha: SZN, s. 88–101.
- Culek M, 1996: *Biogeografické členění České republiky*. Enigma. Praha. 347p.
- Culek M et al., 2003: *Biogeografické členění České republiky - II.díl*. Enigma. Praha. 589p.
- Curl H, Hardy T, Ellermeyer R, 1972: Spectral absorption of solar radiation in alpine snowfields. *Ecology* 53:1189–1194.
- ČHMÚ Ostrava, 2011: Data z meteorologických stanic Luční bouda, Šerák.
- Čvančara A, 1990: Vacciniaceae S. F. GRAY – borůvkovité – In: Hejný S a Slavík B (ed.), *Květena ČR 2*. Academia. Praha. 503–508.
- Demek J et al., 1987: *Hory a nížiny. Zeměpisný lexikon ČSR*. Academia, Praha. 584p.
- Demek J, 2004: *Dynamická geomorfologie Králického Sněžníku* [Internet]. Dostupný z: <http://www.sneznik.cz/cz/dynamicka-geomorfologie-kralickeho-snezniku/>.
- Diaz HF, Bradley RS, 1997: Temperature variations during the last century at high elevation sites. *Climatic Change* 36: 253–279.
- Faltysová H, Mackovčín P, Sedláček M, 2002: *Královehradecko*. In: Mackovčín P, Sedláček M [eds.]: *Chráněná území ČR, svazek V. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha*.

- Filippov P, 2007: Primární smrčiny Králického Sněžníku [Internet]. Dostupný z: <http://www.sneznik.cz/cz/primarni-smrciny-kralickeho-snezniku/>.
- Gimingham CH, 1960: *Calluna vulgaris* (L) Hull. *The Journal of Ecology* 48: 455–483.
- Glowicki B, 1997: Wieloletnia seria pomiarów temperatury powietrza na Śnieżce. - In: Sarosiek J, Štursa J [eds.]: *Geoekologiczne problemy Karkonszy*. Tom 1. Acarus, Poznań.
- Grime JP, Hodgson JG, Hunt R, 1986: *Comparative plant ecology: A functional approach to common British species*. Unwin Hyman Ltd London. 742p.
- Hall DK 1988: Assessment of Polar climate change using satellite technology. *Reviews of Geophysics* 26: 26–39.
- Harčarik J, 2002: Mikroklimatické poměry arktó-alpínské tundry [Microclimatic relationships of the arctic-alpine tundra]. *Opera Corcontica* 39: 45–68.
- Hess M, Niedźwiedz T, Otrebska-Starkłowa B, 1980: O pravidłowościach pietrowego zróżnicowania stosunków klimatycznych w Sudetach. *WSP w Krakowie* 71. Pr, Geogr. 8.
- Hladný J, Sýkora B, 1983: Klimatologie, hydrologie, sněhová pokrývka. In: Sýkora B [eds.], *Krkonošský národní park, Stát. zeměd. nakladatelství, Praha*, 33–44.
- Hobbie SE, Nadelhoffer KJ, Högberg P, 2002: A synthesis: The role of nutrients as constrains on karbon balances in boreal and artic regions. *Plant and Soil* 242: 163–170.
- Hofmeister J, Hruška J, 2005: Sledování biodiverzity suchozemských ekosystémů v kontextu globálních změn. In: Vačkář D [eds.]. *Ukazatelé změn biodiverzity*. Academia Praha. 58–76.
- Hrbek J, Krhounek S, 1956: Promrzání půd v zimě 1955 – 1956, *Meteorologické zprávy* 10, č. 1, s. 16–23.
- Huber E, Wanek W, Gottfried M, Pauli H, Schweiger P, Arndt SK, Reiter K, Richter A, 2007: Shift in soil-plant nitrogen dynamics of an alpine-nival ecotone. *Plant and Soil* 301: 65–76.
- Chytrý M, Kučera T, Kočí M [eds.], 2001: *Katalog biotopů České republiky. Interpretační příručka k evropským programům Natura 2000 a Smaragd*. AOPK ČR. Praha.
- IPCC, 2008: Ministerstvo životního prostředí [Internet]. Dostupný z: <http://www.env.cz/>.

- Jahn A, Kozłowski S, Pulina M [eds.]: 1996: Masyw Śnieżnika – zmiany w środowisku przyrodniczym. Polska Agencja Ekologiczna S.A., Wydawnictwa PAE. 320p.
- Janásková B, 2006: Ukládání a odbourávání sněhu ve vrcholové oblasti východních Krkonoš. *Opera Corcontica* 43: 57–80.
- Jobbágy EG, Sala OE, 2000: Control of grass and shrub aboveground production in the Patagonian steppe. *Ecological Applications* 10: 541–549.
- Kavalec K, 1982: Státní přírodní rezervace Petrovy kameny. Inventariační průzkum lesnický dle metodiky SÚPPOP 1973. Krajské středisko státní památkové péče a ochrany přírody v Ostravě. Ostrava.
- Kociánová M, Sekyra J, 1995: Distribution of vegetated patterned grounds. In: Soukupová L, Kociánová M, Jeník J, Sekyra J [eds.]: Arctic – alpine tundra in the Krkonoše, the Sudetes. *Opera Corcontica* 32: 54–66.
- Kočí M, 2007: Acidofilní alpínské trávníky (*Juncetea trifidi*). In: Chytrý M [eds.]: Vegetace České republiky 1. Travná a keříčková vegetace. Academia, Praha. 76–83.
- Kočí M, Chytrý M, 2007: Alpínská vřesoviště. In: Chytrý M [eds.]: Vegetace České republiky 1. Travná a keříčková vegetace. Academia, Praha. 65–69.
- Koch O, Tschirko D, Kandeler E, 2007: Temperature sensitivity of microbial respiration nitrogen mineralization, and potential soil enzyme activities in organic alpine soils. *Global Biogeochemical Cycles* 21. GB4017.
- Körner C, Larcher W, 1988: Plant life in cold climates. In Long SF, Woodward FI [eds.], *Plant and temperature*, Symp. Soc. Exp. Biol., 42, The Company of Biologists, Cambridge. 25–57.
- Körner C, Diemer M, Schächli B, Niklaus P, Arnone J, 1997: The response of alpine grassland to four seasons of CO₂ enrichment: a synthesis. *Acta Oecologia* 18: 165–175.
- Körner C, 1999: *The alpine plant life*. Gustaf Fischer Verlag. Heidelberg.
- Krajick K, 2004: Climate change: All downhill from here? *Science* 303(5664): 1600–1602.
- Křísa B, 1990: Ericaceae JUSS. – vřesovité - In: Hejný S a Slavík B [eds.], *Květena ČR 2*. Academia. Praha. 495–503.
- Kwiatkowski J, 1982: Skutečné srážky v Krkonoších. *Opera Corcontica* 19: 45–64.

- Larcher W, 1983: Ökophysiologische Konstitutionseigenschaften von Gebirgspflanzen. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 96: 73–85.
- Lednický V, 1972: Klimatické poměry Pradědu. Campanula 3: 53–60.
- Lednický V, 1985: Podnebí Pradědu. Šumperk, Severní Morava, sv.49: 44–48.
- Leith H, 1974: Phenology and seasonality modeling. Springer-Verlag. New York.
- Lundell R, Saarinen T, Aström H, Hänninen H, 2008: The boreal dwarf shrub *Vaccinium vitis-idaea* retains its capacity for photosynthesis through the winter. Botany 86:491–500.
- Lundell R, Saarinen T, Hänninen H, 2010: Effects of snowmelt on the springtime photosynthesis of the evergreen dwarf shrub *Vaccinium vitis-idaea*. Plant Ecol Divers 3:121–130.
- Maxwell B, 1992: Arctic climate: potential for change under global warming. In: FS III Chapin, RL Jefferies, JF Reynolds, GR Shaver, J Svoboda [eds.]: Arctic Ecosystems in a Changing Climate. An Ecophysiological Perspective. Academic Press. San Diego: 11–34.
- Messerli B, Ives JD, 1997: Mountains of the world - a global priority. The Parthenon Publishing. New York.
- Molau U, Mølgaard P [eds.], 1996: The International Tundra Experiment Manual. Danish Polar Center, Copenhagen. 82p.
- Ozenda P, Borel JL, 1991: Mögliche ökologische Auswirkungen von Klimaveränderungen in den Alpen. Internationale Alpenschutz-Kommission CIPRA, Kleine Schriften 8(91).
- Ögren E, 1996: Premature dehardening in *Vaccinium myrtillus* during a mild winter—a cause for winter dieback? Funct Ecol 10: 724–732.
- Peters RL, Darling JDS, 1985: The greenhouse effect and nature reserves: global warming would diminish biological diversity by causing extinctions among reserve species. Bioscience 35: 707–717.
- Piasecki J, 1993: Badania klimatyczne w Dolinie Kleśnicy w Masywie Śnieżnika Klodzkiego. Acta univ. Wratislaw. Pr. Inst. Geogr., Ser. C.
- Piasecki J, Szymanowski M, 1993: Warunki termiczne w gódcinku doliny Kleśnicy w Masywie Śnieżnika Klodzkiego. Acta univ. Wratislaw. Pr. Inst. Geogr., Ser. C.
- Pluess AR, Stöcklin J, 2005: The importance of population origin and environment on clonal and sexual reproduction in the alpine plant *Geum reptans*. Funct Ecol 19: 228–237.

- Quitt E, 1971: Klimatické oblasti Československa. *Studia geographica* 16. Geografický ústav ČSAV Brno.
- Rathcke B, Lacey EP, 1985: Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 179–214.
- Ritchie JC, 1956: *Vaccinium myrtillus* L. *The Journal of Ecology* [Internet]. 44 (1), 291–299. Dostupný z <http://www.jstor.org/stable/2257181>.
- Soukupová L, 2001: Plant Invasions in Central European Middle-Mountains: A Result of Global Change? In: Visconti G [eds]: *Global Change and Protected Areas*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands , 289–299.
- Soukupová L, Kociánová M, Jeník J, Sekyra J, 1995: Arctic-Alpine tundra in the Krkonoše, The Sudetes. *Opera Corcontica* 32: 5–88.
- Sørensen T, 1941: Temperature relations and phenology of the northeast Greenland flowering plants. *Meddelelser om Grønland* 125: 1–305.
- Sullivan PF, Wolker JM, 2005: Warming chambers stimulate early season growth of antarctic sedge: results of a minirhizotron field study. *Oecologia* 142: 616–626.
- Tejnská S, Tejnský J, 1972: Klimatické poměry Pradědu. *Campanula* 3: 53–56.
- Trenberth KE, 1998: Atmospheric moisture residence times and cycling: implications for rainfall rates and climate change. *Climatic Change* 39: 667–694.
- Trenberth KE, 1999: Conceptual framework for changes of extremes of the hydrological cycle with climate change. *Climatic Change* 42: 327–339.
- Tutin TG, Heywood VH, Burges NA, Moore PM, Valentine DH, Waters SM, Webb DA, 1972: *Flora europaea*, volume 3: *Diasensiaceae* to *Myoporaceae*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Vacek et al., 2004: Plán péče pro Národní přírodní rezervaci Králický Sněžník a její ochranné pásmo na období 2005–2014. Agentura ochrany přírody a krajiny středisko Pardubice a Olomouc. Praha.
- Vesecký A, 1961: Podnebí Československé socialistické republiky. Tabulky. Hydrometeorologický ústav. Praha.
- Walker MD et al., 1995: Effects of interannual Climate Variation on Phenology and Growth of Two Alpine Forbs. *Ekology* 76: 1067–1083.
- www.geoportal.gov.cz, 2011: Portál veřejné služby [Internet]. Dostupný z: <http://www.geoportal.gov.cz/>.

www.krnep.cz, 2008: Klima: Správa krkonošského národního parku [Internet].
Dostupný z: <http://www.krnep.cz/>.

www.mapy.nature.cz, 2011: Mapový server AOPK [Internet]. Dostupný z:
<http://webportal.nature.cz/>.

9. Přílohy

Seznam příloh

Příloha 1: Výstup jednocestné ANOVy – srovnání průběhu teploty vzduchu na studovaných lokalitách

Příloha 2: Průměrné měsíční hodnody teploty vzduchu pro sezóny 2009 a 2010 na studovaných lokalitách [°C]

Příloha 3: Statistický výstup T-testu – srovnání chodu teploty vzduchu v sezóně 2009 a 2010

Příloha 4: Vývoj teploty vzduchu na všech studovaných lokalitách v jednotlivých sezónách [°C]

Příloha 5: Rozdíly v chodu teploty vzduchu mezi vybranými sledovanými a přilehlými lokalitami

Příloha 6: Statistický výstup lineární regrese – závislost teploty půdního povrchu na vývoji teploty vzduchu na jednotlivých lokalitách ve studovaném období

Příloha 7: Příloha 7: Statistický výstup lineární regrese – závislost intenzity promrzání půdy na teplotě vzduchu

Příloha 8: GLM ANOVA - testování variability délky intervalu B1 – B5 v rámci jednotlivých pohoří

Příloha 9: GLM ANOVA - testování variability v začátcích, koncích a celkových délkách trvání jednotlivých sledovaných fenofází

Příloha 10: GLM ANOVA - testování celkové délky fenofázové aktivity vegetace v pohořích a letech

Příloha 11: Přehled nástupu a konce konkrétních fenofází v jednotlivých pohořích a letech

Příloha 12: Statistický výstup GLM ANOVY – srovnání délky intervalu B1 – B5 u kvetoucích a nekvetoucích jedinců *Vaccinium myrtillus*

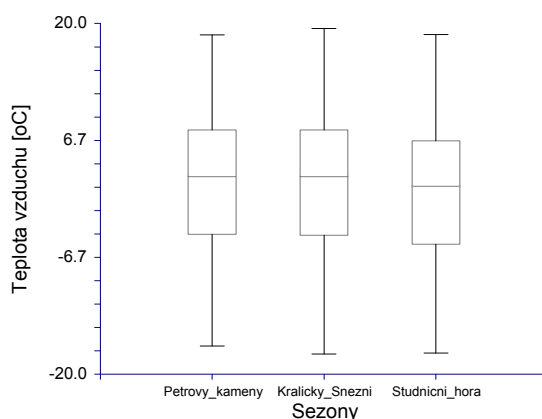
Příloha 13: Modely energetické bilance fenofází (MEBF) – podrobné tabulkové přehledy

Příloha 14: Obrázky

Příloha 1: Výstup jednocestné ANOVy – srovnání průběhu teploty vzduchu na studovaných lokalitách

Textový výstup jednocestné ANOVy

Testované faktory	Počet stupňů volnosti	Testovací kritérium F	P-hodnota	Síla testu
A: lokality	2	4,86	0,00	0,803



Grafický výstup jednocestné ANOVy

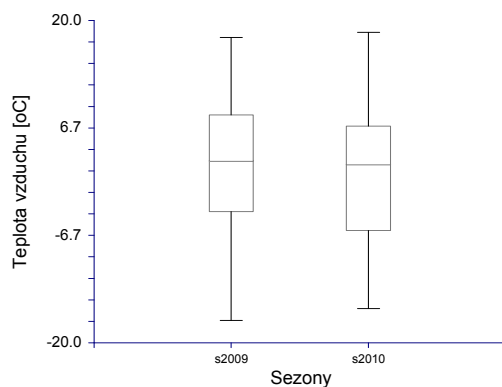
Příloha 2: Průměrné měsíční hodnody teploty vzduchu pro sezóny 2009 a 2010 na studovaných lokalitách [°C]

Lokalita Měsíc/Sezóna	Petrovy kameny		Králický Sněžník		Studniční hora	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Leden	-6,81	-9,49	-6,72	-9,34	-9,99	-9,98
Únor	-7,04	-6,78	-7,01	-7,15	-9,73	-7,53
Březen	-3,65	-4,31	-3,49	-4,24	-4,48	-5,08
Duben	5,23	0,92	5,49	1,02	4,25	-0,29
Květen	6,26	4,74	6,38	4,66	4,90	3,20
Červen	7,68	9,49	7,69	9,58	6,29	8,21
Červenec	11,70	13,21	11,83	13,35	9,77	12,20
Srpen	11,92	10,82	12,07	10,82	10,76	9,46
Září	9,14	5,06	9,21	5,14	8,02	3,96
Říjen	1,20	0,70	1,07	0,77	0,22	-0,14
Listopad	0,65	-0,22	0,75	-0,43	0,02	-1,84
Prosinec	-6,10	-8,95	-6,27	-9,25	-6,95	-10,37

Příloha 3: Statistický výstup T-testu – srovnání chodu teploty vzduchu v sezóně 2009 a 2010

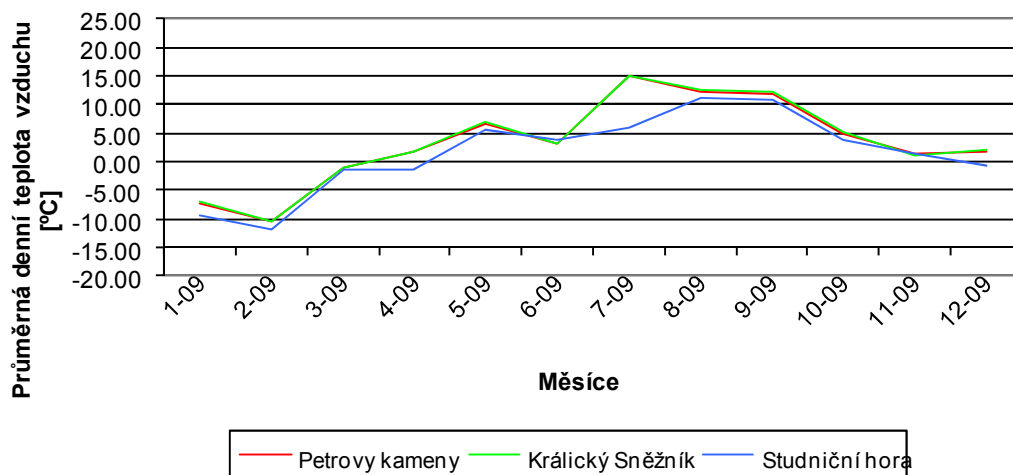
Statistický výstup T-testu – textová část

Testované faktory	Testovací kritérium T	Zamítnutí H0	P-hodnota	Síla testu
A: sezóny	2,0985	Ano	0,04	0,555

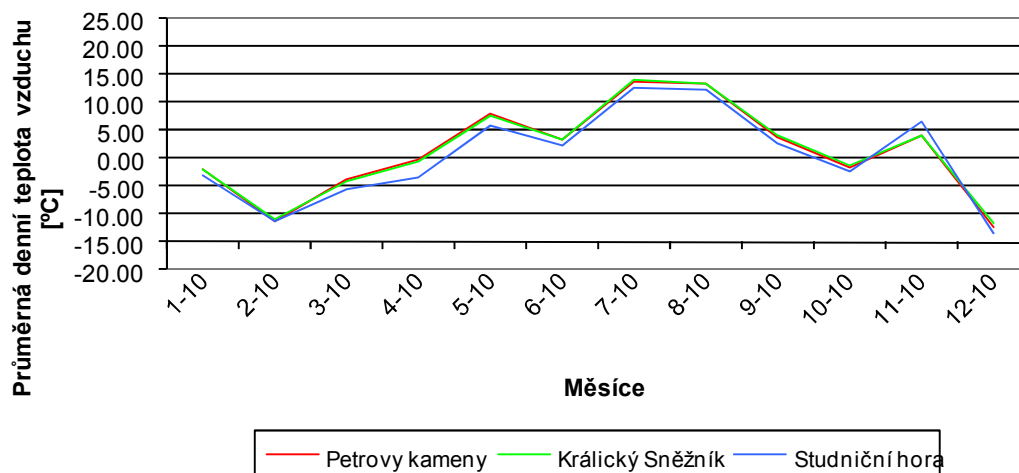


Statistický výstup T-testu – grafická část

Příloha 4: Vývoj teploty vzduchu na všech studovaných lokalitách v jednotlivých sezónách [°C]



Vývoj teploty vzduchu na studovaných lokalitách v sezóně 2009



Vývoj teploty vzduchu na studovaných lokalitách v sezóně 2010

Příloha 5: Rozdíly v chodu teploty vzduchu mezi vybranými sledovanými a přilehlými lokalitami

Na základě srovnání průměrných denních hodnot teploty vzduchu byla vyhodnocena rozdílnost mezi chodem teplot na lokalitách Petrovy kameny (1438 m n.m.) a Ovčárna (1312 m n.m.) (délka časové řady cca 3 měsíce) a mezi lokalitou Studniční hora (1554 m n.m.) a Luční bouda (1410 m n.m.) (délka časové řady cca 11 měsíců). Bylo zjištěno, že průměrná teplota vzduchu na Ovčárně činila ve sledovaném období (-1,38 °C), zatímco na Petrových kamenech dosahovala tato hodnota (-2,05 °C). Lze tedy konstatovat, že na Petrových kamenech je o 0,67 °C chladněji, než na Ovčárně. Teplota vzduchu na Studniční hoře činila v období 20.1. až 31.12. 2009 průměrně 2,78 °C. Na Luční boudě činil v tomto období teplotní průměr 2,01 °C. Teplotní rozdíl této lokality oproti vrcholu studniční hory tak činí + 0,77 °C.

Závislost dat byla statisticky ověřena T-testem, kde byl však na hladině významnosti 0,05 prokázán v obou případech rozdíl pouze v rámci přirozené variability (P=0,26 a P=0,15). I přesto lze zjištěné rozdílové hodnoty považovat za významný biologický rozdíl. Statistický výstup je v tabulkách níže.

Statistický výstup T-testu – rozdílnost teplotních průměrů mezi lokalitami Petrovy kameny a Ovčárna.

Testované faktory	Testovací kritérium T	Zamítnutí H0	P-hodnota	Síla testu
A: Teplota lokality	-0,659	Ne	0,26	0,16

Statistický výstup T-testu – rozdílnost teplotních průměrů mezi lokalitami Studniční hora a Luční bouda

Testované faktory	Testovací kritérium T	Zamítnutí H0	P-hodnota	Síla testu
A: lokality	-1,4268	Ne	0,15	0,297

Příloha 6: Statistický výstup lineární regrese – závislost teploty půdního povrchu na vývoji teploty vzduchu na jednotlivých lokalitách ve studovaném období

Závislost teploty půdního povrchu na chodu teploty vzduchu na lokalitě Petrovy kameny

Testované faktory	Testovací kritérium T	Zamítnutí H0	P-hodnota	Síla testu
A: Teplota pud.p._teplota vzduchu	46,44	Ano	0,00	1,00

Závislost teploty půdního povrchu na chodu teploty vzduchu na lokalitě Králický Sněžník

Testované faktory	Testovací kritérium T	Zamítnutí H0	P-hodnota	Síla testu
A: Teplota pud.p._teplota vzduchu	46,66	Ano	0,00	1,00

Závislost teploty půdního povrchu na chodu teploty vzduchu na lokalitě Studniční hora

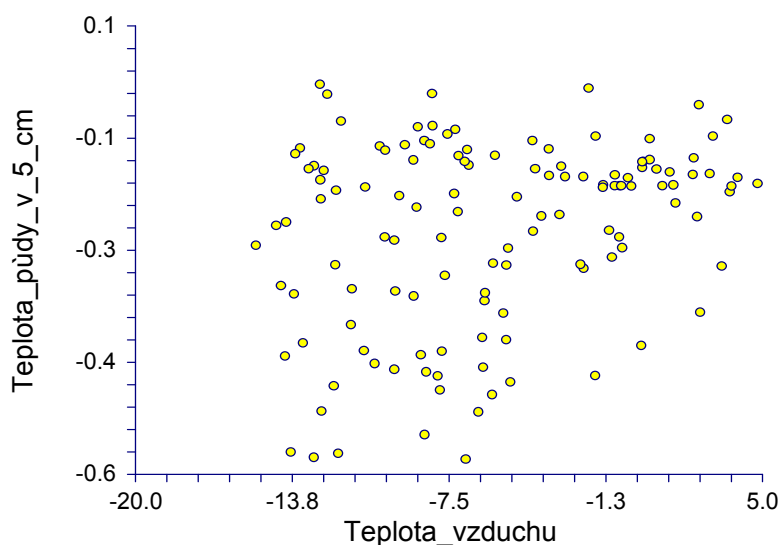
Testované faktory	Testovací kritérium T	Zamítnutí H0	P-hodnota	Síla testu
A: Teplota pud.p._teplota vzduchu	34,68	Ano	0,00	1,00

Příloha 7: Statistický výstup lineární regrese – závislost intenzity promrzání půdy na teplotě vzduchu

Závislost mezi intenzitou promrzání půdy a teplotou vzduchu na lokalitě Petrovy kameny

Testované faktory	Testovací kritérium T	Zamítnutí H0	P-hodnota	Síla testu
A: Teplota pudy_teplota vzduchu	3,25	Ano	0,00	0,90

Teplota_půdy_v_5_cm vs Teplota_vzduchu

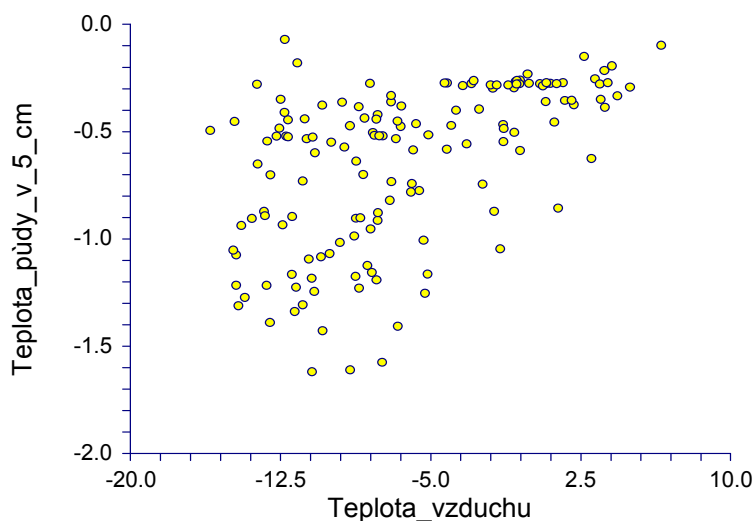


Závislost mezi intenzitou promrzání půdy a teplotou vzduchu na lokalitě Petrovy kameny – grafický výstup

Závislost mezi intenzitou promrzání půdy a teplotou vzduchu na lokalitě Králický Sněžník

Testované faktory	Testovací kritérium T	Zamítnutí H0	P-hodnota	Síla testu
A: Teplota pudy_teplota vzduchu	7,51	Ano	0,00	1,00

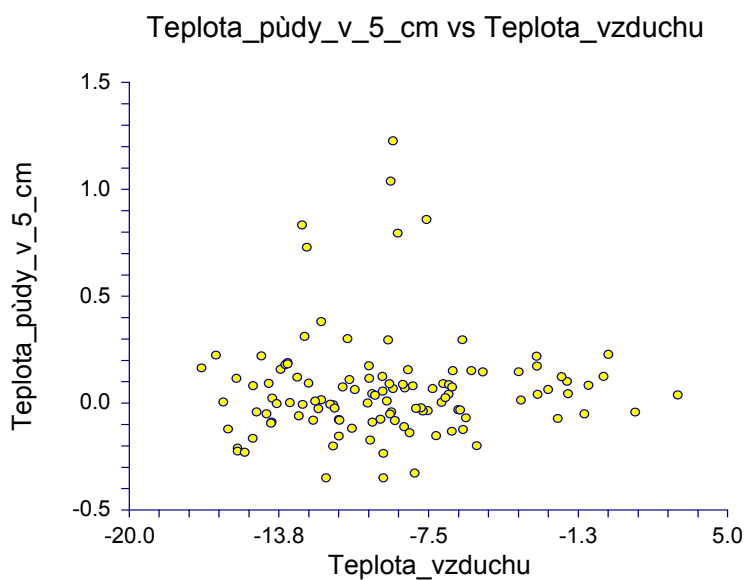
Teplota_půdy_v_5_cm vs Teplota_vzduchu



Závislost mezi intenzitou promrzání půdy a teplotou vzduchu na lokalitě Králický Sněžník – grafický výstup

Závislost mezi intenzitou promrzání půdy a teplotou vzduchu na lokalitě Studniční hora

Testované faktory	Testovací kritérium T	Zamítnutí H0	P-hodnota	Síla testu
A: Teplota pudy_teplota vzduchu	0,38	Ne	0,70	0,07



Závislost mezi intenzitou promrzání půdy a teplotou vzduchu na lokalitě Studniční hora – grafický výstup

Příloha 8: GLM ANOVA - testování variability délky intervalu B1 – B5 v rámci jednotlivých pohoří

Testované faktory	Počet stupňů volnosti	Testovací kritérium F	P-hodnota	Síla testu
A: pohori	2	191,41	0,00	1,00

Příloha 9: GLM ANOVA – testování variability v začátcích, koncích a celkových délkách trvání jednotlivých sledovaných fenofází

	B1	B2	B3	B5	B6	V1	V2	V3
Počátek								
<i>df</i>	2	2	2	2	2	2	2	2
<i>F-ratio</i>	45,30	2,33	2,69	125,35	33,16	9,20	7,03	2,26
<i>P-value</i>	0,00	0,11	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
Konec								
<i>df</i>	2	2	2	2	2	2	2	2
<i>F-ratio</i>	33,40	2,42	22,33	33,16	**	6,36	2,26	**
<i>P-value</i>	0,00	0,10	0,00	0,00	**	0,00	0,11	**
Délka								
<i>df</i>	2	2	2	2	2	2	2	2
<i>F-ratio</i>	52,52	0,35	23,25	31,29	**	1,42	1,78	2,26
<i>P-value</i>	0,00	0,70	0,00	0,00	**	0,25	0,17	0,10
Sez. var. délky								
<i>df</i>	1	1	1	1	**	1	1	**
<i>F-ratio</i>	6,20	3,37	4,82	16,39	**	0,17	4,73	**
<i>P-value</i>	0,01	0,07	0,03	0,00	**	0,68	0,03	**

** *nebylo testováno*

Příloha 10: GLM ANOVA – testování celkové délky fenofázové aktivity vegetace v pohořích a letech

Trvání intervalu od nástupu fenofáze B1 do nástupu fenofáze B6

Testované faktory	Počet stupňů volnosti	Testovací kritérium F	P-hodnota	Síla testu
A: lokality	2	59,70	0,00	1,00
B: roky	1	115,25	0,00	1,00

Trvání intervalu od nástupu fenofáze V1 do nástupu fenofáze V3

Testované faktory	Počet stupňů volnosti	Testovací kritérium F	P-hodnota	Síla testu
A: lokality	2	2,78	0,02	0,54
B: roky	1	5,24	0,07	0,21

Příloha 11: Přehled nástupu a konce konkrétních fenofází v jednotlivých pohořích a letech

Přehled nástupu konkrétních fenofází v jednotlivých pohořích a letech u druhu *Vaccinium myrtillus*

Lokalita / Rok / Nástup fenofáze	Petrovy kameny		Králický Sněžník		Studniční hora	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
B1	120.-148.	134.-162.	115.-128.	120.-147.	115.-129.	129.*
B2	148.-184.	156.-170.	150.-156.	162.-171.	157.	149.-165.
B3	156.-194.	170.-184.	156.-166.	171.-175.	163.-171.	165.-171.
B4	249.	225.-233.	**	221.	**	**
B5	177-233.	204.-219.	228.-271.	228.-256	171.-236.	198.-228.
B6	241.-277.	241.-268	250.-285	249.-277.	256.-283.	213.-249.

* - na Studniční hoře se patrně nepodařilo v sezóně 2010 podchytit úplný začátek jarních fenofází. Jejich nástup zde pravděpodobně proběhnul již před prvním sezónním šetřením ve 129. den a proto již k tomuto termínu byl 1. zelený lístek u všech jedinců brusnice borůvky rozpučen.

** - fenofázi nenastoupil žádný ze sledovaných jedinců

Přehled nástupu konkrétních fenofází v jednotlivých pohořích a letech u druhu *Calluna vulgaris*

Lokalita / Rok / Nástup fenofáze	Petrovy kameny		Králický Sněžník		Studniční hora	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
V1	194.-207.	184.-198.	193.-207.	183.-206.	193.-236.	192.-213.
V2	214.-241.	211.-233.	221.-235.	211.-235.	222.-242.	221.-240.
V3	227.-254	233.-254.	235.-250.	228.-256.	236.-256.	235.-276.

Přehled konce konkrétních fenofází v jednotlivých pohořích a letech u druhu *Vaccinium myrtillus*

Lokalita / Rok / Konec fenofáze	Petrovy kameny		Králický Sněžník		Studniční hora	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
B1	148.-233.	156.-219.	150.-271	162.-256.	157.-236.	149.-228.
B2	156.-194.	170.-184.	156.-166.	171.-175.	163.-171.	165.-171.
B3	177.-233.	204.-219.	250.-257.	221.-249.	200.-227.	171.-221.
B4	**	**	**	**	**	**
B5	241.-277.	241.-268.	250.-285.	249.-277.	256.-283.	213.-249.
B6	**	**	**	**	**	**

** u fází B4, B6 a V3 nejsou konce fenofází sledovány

Přehled konce konkrétních fenofází v jednotlivých pohóřích a letech u druhu *Calluna vulgaris*

Lokalita / Rok / Konec fenofáze	Petrovy kameny		Králický Sněžník		Studniční hora	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
V1	214.-241.	204.-233.	221.-235.	191.-235.	222.-242.	205.-240.
V2	233.-254.	233.-254.	235.-250.	228.-256.	236.-256.	235.-276.
V3	**	**	**	**	**	**

** u fázi B4, B6 a V3 nejsou konce fenofází sledovány

Příloha 12: Statistický výstup GLM ANOVY – srovnání délky intervalu B1 – B5 u kvetoucích a nekvetoucích jedinců *Vaccinium myrtillus*

Testované faktory	Počet stupňů volnosti	Testovací kritérium F	P-hodnota	Síla testu
A: kvetení	1	6,01	0,02	0,68

Příloha 13: Modely energetické bilance fenofází (MEBF) – podrobné tabulkové přehledy

MEBF pro fenofázi B1 v rámci jednotlivých lokalit a sezón

B1		Pk	KS	Sh
2009	DN	130	123	128
	SET	207	180	159
	PP	129	93	60
	P5	31	16	53
	SS	19	29	19
2010	DN	148	128	129
	SET	230	128	86
	PP	194	104	44
	P5	111	23	58
	SS	280	66	59
Průměr	DN	139	126	129
	SET	219	154	124
	PP	162	99	52
	P5	71	20	56
	SS	150	47	39

MEBF pro fenofázi B2 v rámci jednotlivých lokalit a sezón

B2		Pk	KS	Sh
2009	DN	161	155	157
	SET	419	373	299
	PP	338	314	235
	P5	178	185	226
	SS	120	103	173
2010	DN	166	164	160
	SET	387	377	244
	PP	350	367	245
	P5	233	238	236
	SS	396	349	405
Průměr	DN	163	159	158
	SET	403	375	268
	PP	344	340	239
	P5	206	211	226
	SS	259	226	224

MEBF pro fenofázi B3 v rámci jednotlivých lokalit a sezón

B3		Pk	KS	Sh
2009	DN	172	164	169
	SET	494	434	373
	PP	421	378	328
	P5	249	240	314
	SS	164	123	210
2010	DN	175	172	168
	SET	466	436	313
	PP	430	437	335
	P5	305	308	313
	SS	424	374	349
Průměr	DN	173	168	168
	SET	480	435	339
	PP	425	408	330
	P5	277	274	307
	SS	295	249	267

MEBF pro fenofázi B5 v rámci jednotlivých lokalit a sezón

B5		Pk	KS	Sh
2009	DN	213	250	218
	SET	955	1398	852
	PP	866	1356	871
	P5	631	1135	856
	SS	236	260	605
2010	DN	212	246	211
	SET	933	1278	784
	PP	856	1267	881
	P5	667	1093	781
	SS	690	775	580
Průměr	DN	212	248	214
	SET	944	1338	818
	PP	861	1312	876
	P5	649	1114	818
	SS	463	517	593

MEBF pro fenofázi B6 v rámci jednotlivých lokalit a sezón

B6		Pk	KS	Sh
2009	DN	258	274	265
	SET	1459	1598	1279
	PP	1333	1560	1347
	P5	1071	1347	1335
	SS	277	270	689
2010	DN	253	264	238
	SET	1312	1377	1029
	PP	1236	1381	1179
	P5	1046	1218	1076
	SS	942	876	865
Průměr	DN	256	269	252
	SET	1386	1487	1155
	PP	1284	1471	1263
	P5	1059	1282	1206
	SS	610	573	777

MEBF pro fenofázi V1 v rámci jednotlivých lokalit a sezón

V1		Pk	KS	Sh
2009	DN	200	195	211
	SET	796	762	770
	PP	720	721	782
	P5	501	542	766
	SS	219	199	591
2010	DN	194	197	199
	SET	707	746	670
	PP	638	724	756
	P5	476	566	661
	SS	510	455	475
Průměr	DN	197	197	205
	SET	751	759	721
	PP	677	727	769
	P5	489	559	715
	SS	372	337	537

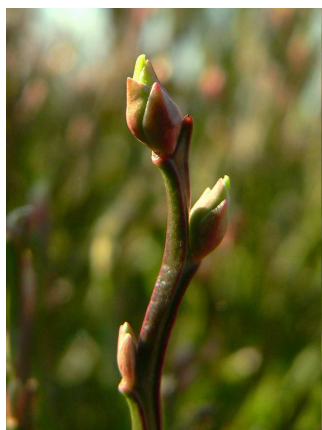
MEBF pro fenofázi V2 v rámci jednotlivých lokalit a sezón

V2		Pk	KS	Sh
2009	DN	225	229	233
	SET	1004	1166	1007
	PP	1005	1127	1042
	P5	755	904	1027
	SS	250	246	647
2010	DN	225	225	228
	SET	1080	1096	962
	PP	999	1070	1089
	P5	797	894	980
	SS	743	644	740
Průměr	DN	225	227	231
	SET	1093	1129	984
	PP	1003	1094	1065
	P5	779	898	1003
	SS	505	449	694

MEBF pro fenofázi V3 v rámci jednotlivých lokalit a sezón

V3		Pk	KS	Sh
2009	DN	242	245	247
	SET	1299	1349	1146
	PP	1184	1307	1195
	P5	923	1082	1181
	SS	271	255	667
2010	DN	244	242	245
	SET	1260	1268	1083
	PP	1180	1251	1246
	P5	982	1073	1144
	SS	884	713	937
Průměr	DN	243	243	246
	SET	1281	1307	1115
	PP	1182	1275	1221
	P5	995	1076	1162
	SS	586	483	802

Příloha 14: Obrázky



Fenofáze B1



Fenofáze B2



Fenofáze B3



Fenofáze B4



Fenofáze B5



Fenofáze B6



Fenofáze V1



Fenofáze V2



Fenofáze V3