



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů

**Teplotní gradient přízemních vrstev vzduchu na vybraných
lokality náhorní plošiny Jizerských hor**

Bakalářská práce

Vypracovala: **Lucie Němcová**

Vedoucí práce: Ing. **Ivan Kuneš**, PhD.

V Praze 15. 4. 2013

OBSAH

1. Rozbor problematiky	1
1.1. Jizerské hory	1
1.2. CHKO Jizerské hory	2
1.3. Imise	3
2. Klima a meteorologie Jizerských hor	4
2.1. Klimatické okrsky v CHKO Jizerské hory	4
2.2. Teplota	4
2.2.1. Teplota vzduchu	4
2.2.2. Teplota půdy	5
2.3. Vítr	6
2.4. Srážky	8
2.5. Extrémy počasí	10
2.5.1. Sucho	10
2.5.2. Mrazy	10
3. Cíl	12
4. Metodika	13
5. Výsledky a diskuze	15
5.1. Popis teplotních charakteristik	15
5.2. Statistické vyhodnocení	21
5. Závěr	22
Literatura	23
Přílohy	27

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně na základě citované literatury pod vedením Ing. Ivana Kuneše, Ph.D.

Lucie Němcová

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Ivanu Kunešovi, Ph.D. a konzultantovi Ing. Martinu Balášovi za spolupráci, rady a připomínky, díky kterým jsem mohla práci vytvořit a dokončit. Dále pak patří velký dík mým rodičům, jejichž zázemí a podpora mi dává možnost studovat na VŠ.

Abstrakt

Jizerské hory jsou severní součástí dlouhé linie pohoří, která určuje značnou část hranice České republiky s Německem a Polskem. Jsou vyhledávány jak pro zimní sportovní vyžití, tak i letní turistiku. V minulých desetiletích pohoří utrpělo imisním spadem a stromové porosty byly značně poškozeny. Následně byla většina holin úspěšně zalesněna. Ovšem zalesnění některých klimaticky extrémních lokalit je velmi problematické. Zejména v extrémních mrazových lokalitách (mělká údolí na náhorní plošině) dochází k výskytu mrazových jevů i v letním období. Pro úspěšné zalesnění těchto lokalit je třeba volit vhodné druhy dřevin a typy sadebního materiálu (odrostky).

Abstract

Jizerské hory Mts. are the northern part of long mountain line which determines a major stretch of Czech-German and Czech-Polish border. They are sought for winter sport activities as well as for summer trekking. In last decades mountains suffered by the air-pollution and forest stands were seriously damaged. Although the major area of clear-cuts was successfully afforested, the afforestation of some sites with severe climatic condition is very difficult. Especially in the “frost hollows” localities (shallow valleys on the ridge plateau) the freezing episodes often occurred even during the summer season. The frost-resistant tree species and favourable types of seedlings (mature planting stocks – saplings) are required to use for the afforestation of these specific climatic condition.

1. Rozbor problematiky

1.1. Jizerské hory

Oblast Jizerských hor má elipsovité tvar o šířce 20 km a délce 46 km. Zabírá Frýdlantský výběžek, na východě jsou odděleny od Krkonoš Novosvětským sedlem, na západě a jihozápadě jsou ohraničeny tokem Nisa a Ještědským hřbetem a jižní okraj je opět obtékán Jizerou (MORAVEC, JANATA 1946). Celková výměra plochy pohoří, která zahrnuje i hřbet Ještědu je 40 573 ha (PLÍVA, ŽLÁBEK 1986). Lesnatost je zde 73,3 % rozlohy České republiky (ÚHÚL 2002). Území spadá do dvou okresů – Liberec a Jablonec nad Nisou (ÚHÚL 1999).

Úpatí Jizerských hor leží v nadmořské výšce 350 m, nejvyššími vrcholy jsou pak Smrk (1124 m), Jizera (1123 m), Smědavská hora (1075 m) a Černá hora (1084 m). Z hlediska geomorfologického lze pohoří rozdělit na hřbety orientované v jihovýchodním směru (Střední Jizerský hřeben, Vlašský hřeben, Vysoký Jizerský hřeben) a Jizerskou planinu, která však není rozsáhlá (PLÍVA, ŽLÁBEK 1986).

Nachází se zde sedm retenčních vodních nádrží (Souš na řece Černá Desná, Josefův Důl na řece Kamenici, Bedřichov na Černé Nise a další), které vznikly mezi roky 1902 až 1915 jako reakce na katastrofální povodeň z roku 1987 (VANČURA et al. 2007).

Nejčastěji se vyskytuje výrazně porfyrická, středně zrnitá žula až granodiorit (SLODIČÁK et al. 2005). Geologicky jsou Jizerské hory zajímavé pestrostí stratigrafického obsahu. Stýkají se zde soubory sedimentárních a vulkanických hornin z prekambria a paleozoika, přičemž mnoho z nich je přeměněno na krystalické břidlice (CHALOUPSKÝ et al. 1989). I přes poměrně nízkou geologickou různorodost se zde však v menší míře vyskytují další druhy, jako jsou například biotické amfibolity ve východní části pohoří (SEDLÁK 2007). Hřbety Jizerských hor byly zaobleny na konci třetihor, kdy došlo tak došlo ke konečnému utváření (PLÍVA, ŽLÁBEK 1986).

V horské části jsou nejrozšířenějším půdním typem podzolované rašelinné hnědé půdy (kambizemě), které v sedmém a osmém lesním vegetačním stupni postupně přecházejí do zrašeliněných humusových podzolů (PLÍVA, ŽLÁBEK 1986). Přítomnost

podzolu a jemu příbuzných půd není ničím neobvyklým, tento půdní typ je totiž obvykle zastoupen v nejvyšších horských polohách velmi vlhkého klimatu (TOMÁŠEK 2000).

Nejčastěji je zde zastoupen lesní vegetační stupeň smrkobukovým (6), dále jedlobukový (5), výjimkou pak není ani bukosmrkový (7) a smrkový (8). V malé míře je vtroušen i dubobukový a bukový (3. a 4.) (ÚHÚL 2001). Nejrozšířenějším stromem je smrk ztepilý (*Picea abies*), na druhé místo se v tomto žebříčku řadí buk lesní (*Fagus sylvatica*), v nižších polohách roste borovice (*Pinus*) (PLÍVA, ŽLÁBEK 1986).

Vzhledem k druhovému složení existuje odlišnost mezi skladbou náhorní plošiny a severního svahu hor. Na území plošin dominuje velice ovlivněn antropogenní činností smrk ztepilý (*Picea abies*), v menší míře pak borovice kleč (*Pinus mugo*) (PRŮŠA 2001). Naproti tomu se severním úbočí rozkládají cenné ekosystémy jizerskohorských bučin – smíšených lesů, kde se mimo buku lesního (*Fagus sylvatica*) daří jiným dřevinám, jako je např. jedle bělokorá (*Abies alba*) (MŽP 2010). V souvislosti s introdukovanými dřevinami má hlavní roli smrk pichlavý (*Picea pungens*), jehož redukovaná porostní plocha zaujímá přibližně 15 % výměry přírodní lesní oblasti Jizerské hory (SLODIČÁK, NOVÁK 2008).

Pro vysokou retenci jsou Jizerské hory zásobárnou pitné vody pro pětinu Čech (ÚHÚL 2001). Zhoršené odtokové poměry v důsledku malého podélného sklonu terénu a vodních toků na náhorních plošinách a vlivem velkého množství srážek dávají vzniknout četným rašeliništím a stávají se opět díky vydatné deštivosti i často prameništěm vodních toků. Díky svému vodohospodářskému významu bylo pohoří vyhlášeno jako chráněná oblast přirozené akumulace vod (PLÍVA, ŽLÁBEK 1986).

1.2. CHKO Jizerské hory

CHKO Jizerské hory byla vyhlášena 8. prosince 1967 na základě přílohy k výnosu č.j. 13853/67 (AOPK 2010). Zahrnuje tři národní přírodní rezervace, třináct přírodních rezervací a deset přírodních památek (MOUCHA, VACEK 2012). Mimo to patří toto pohoří i mezi ptačí oblasti o rozloze 11 674 ha s významným výskytem především tetřívka obecného a sýce rousného (ŠNYTR, VONIČKA 2004).

1.3. Imise

Hlavním zdrojem průmyslových emisí je spalování fosilních paliv. Do ovzduší se díky tomuto uvolňují v pevné i plynné formě oxidy dusíku, síry a uhlíku, uhlovodíky, těžké kovy a jiné. Ty následně poškozují stromový porost tak, že jsou distribuovány buď formou tzv. “kyselých dešťů“, nebo spadají přímo jako plynné složky či prašné částice (FLOUSEK 2000).

První škody způsobené imisemi byly v lesích Jizerských hor zjištěny na přelomu padesátých a šedesátých let 20. století (SLODIČÁK et al. 2005). Toto silné znečištění pocházelo z Polska, NDR a vnitrozemí Čech. Pohoří tak na dlouho dobu zařadilo mezi přední místa v Československu, kde došlo k látkovému zatížení krajiny (KULASOVÁ et al. 2006). Tyto problémy se však neprojevovaly jen zde, v okolí Frýdlantského výběžku, ale i v Krušných horách a nezanedbatelné části sousedních Krkonoš a dále pak i Orlických hor (FLOUSEK 2000). K prvním projevům znečištění se řadilo mizení lišejníků a viditelné poškození na korunách smrkových porostů. Následné experimenty potvrdily i vysokou koncentraci síry v jehlicích jehličnanů (TESAŘ 1981).

Negativní účinky imisí na smrkové porosty byly dále zesíleny přemnožením lýkožrouta smrkového (PRŮŠA 2001), listožravých škůdců, obaleče modřínového a ploskohřbetky smrkové (ÚHÚL 1999).

Výrazné zlepšování stavu je zaznamenáváno od roku 1992, následně zatížení imisemi NO_x kleslo na čtvrtinu původního stavu (CIPRA 2001). Dřeviny díky přicházejícím příznivým rokům dokonce začaly plodit, což bylo podpořeno i dostatečným množstvím srážek ve vegetačním období roku 1996. Naproti tomu SLODIČÁK et al. (2005) sice připouštějí, že rok 1992 byl zlomový, neuvádějí však, že by se stav lesních porostů nějak významně zlepšoval. Jako důvod uvádějí acidifikaci a nutriční degradaci půd způsobenou dlouhodobou kumulovanou depozicí.

2. Klima a meteorologie Jizerských hor

2.1. Klimatické okrsky v CHKO Jizerské hory

Pohoří spadá pod tyto klimatické okrsky: mírně teplý, velmi vlhký, vrchovinný a mírně chladný (SYROVÝ in ŠPULÁK 2009). Dle Quittovy klasifikace jsou to přímo C3, C4, C5, C6, C7 a MW11 (TOLASZ 2007). Přítomnost vrchovišť dokládá drsnost klimatu nejvyšších poloh (PRŮŠA 2001).

2.2. Teplota

2.2.1. Teplota vzduchu

Obecně je teplota vzduchu ovlivněna jak podnebnými, tak místními podmínkami. Mezi primární se řadí sluneční záření, tlak vzduchu, proudění vzdušných hmot a vlhkost vzduchu. Místně pak může být teplota ovlivněna elevací, topografií, vegetačním pokryvem a minerálním složením půdy (STATHERS et al. 1990).

Průměrná roční teplota je zde 5,8 °C (1960–1990), průměrná teplota ve vegetačním podnebí pak 10,8 °C. teploty se obvykle měří teploměrem umístěným v meteorologické budce ve výšce 2 m nad aktivním povrchem s přesností na 0,1 °C (VYSOUDIL 1997).

Tab. 1: Víceleté průměrné teploty ze stanic Desná-Souš (772 m n. m.) a Bedřichov (780 m n. m.) (SLODIČÁK et al. 2005).

Měsíc Month	1901 - 50	1961 - 90	1991 - 03	1901 - 50	1961 - 90	1991 - 03
	Desná-Souš			Bedřichov		
I	-4,9	-5,0	-3,5	-4,8	-4,8	-3,2
II	-4	-3,7	-3,1	-4,0	-3,8	-2,7
III	-0,8	-0,8	-0,2	-0,8	-0,8	0,0
IV	3,1	3,2	4,1	3,3	3,3	4,5
V	8,8	8,9	10,7	9,1	9,0	10,5
VI	12,1	12,4	13,0	12,0	12,1	13,0
VII	14,0	13,7	15,1	13,8	13,5	15,0
VIII	13,1	13,4	15,0	12,9	13,3	15,0
IX	9,8	9,9	10,1	9,7	10,0	10,2
X	5,2	5,5	5,5	5,2	6,0	5,6
XI	0,1	0,3	0,7	0,0	0,4	0,7
XII	-3,4	-3,2	-3,3	-3,3	-3,2	-3,1
I - XII	4,4	4,6	5,4	4,4	4,6	5,5

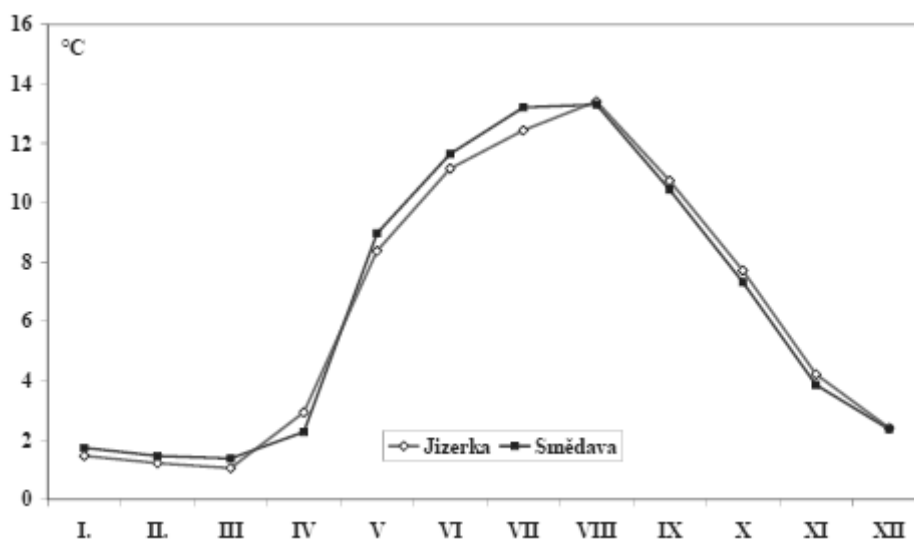
Délka vegetační období v podhůří a nižších polohách Jizerských hor se pohybuje kolem 150 dní, ve středních polohách 130 a v nejvyšších partiích cca 100 dní (PLÍVA, ŽLÁBEK 1986). S narůstající nadmořskou výškou průměrné teploty klesají.

Jizerské hory jsou specifické výskytem lokálních inverzních situací, které jsou charakteristické pro mělká údolí na náhorní plošině. Nejvýraznější mrazové lokality jsou údolí Jizery a Jizerky, kde je zaznamenáván celoroční výskyt mrazových teplot (SLODIČÁK et al. 2005).

2.2.2. Teplota půdy

Obvykle se teplota půdy měří 5, 10, 20, 50 a 100 cm pod zemským povrchem. Do 20 cm se používají lomené půdní teploměry, nad zemí zahnuté do úhlu 45°, pro 50 a 100 cm pak hloubkové půdní teploměry (většinou rtuťové s rozsahem -25 až +35 °C). Dále se používají elektrické a termoelektrické půdní teploměry, které nabízejí přesnější nastavení a lepší kontakt čidla s půdou (VYSOUDIL 1997). V Jizerských horách měří VÚLHM teplotu půdy na výzkumných plochách Jizerka a v minulých letech i Smědava.

Z výsledků měření teplot půdy pomocí automatických stanic Noel v letech 1996–2004 (SLODIČÁK et al. 2005) vyplývá, že průměrné měsíční teploty se pohybují v rozmezí 1,1 až 13,4 °C.



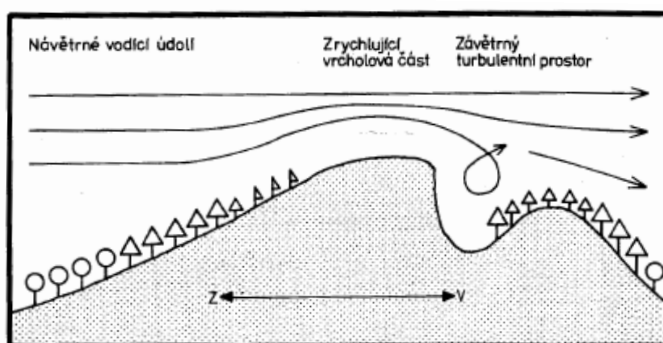
Obr. 1: Průměrné měsíční teploty půdy 20 cm pod povrchem na výzkumných objektech VÚLHM v období VII. 1996 – X. 2004 (SLODIČÁK et al. 2005).

Při studiu půdy je důležitý topografický index relativní vlhkosti pro horské polohy. Získáme ho jako skalární součin čtyř parametrů: topografická pozice a orientace, strmost a charakter svahu (MANIS 2002).

2.3. Vítr

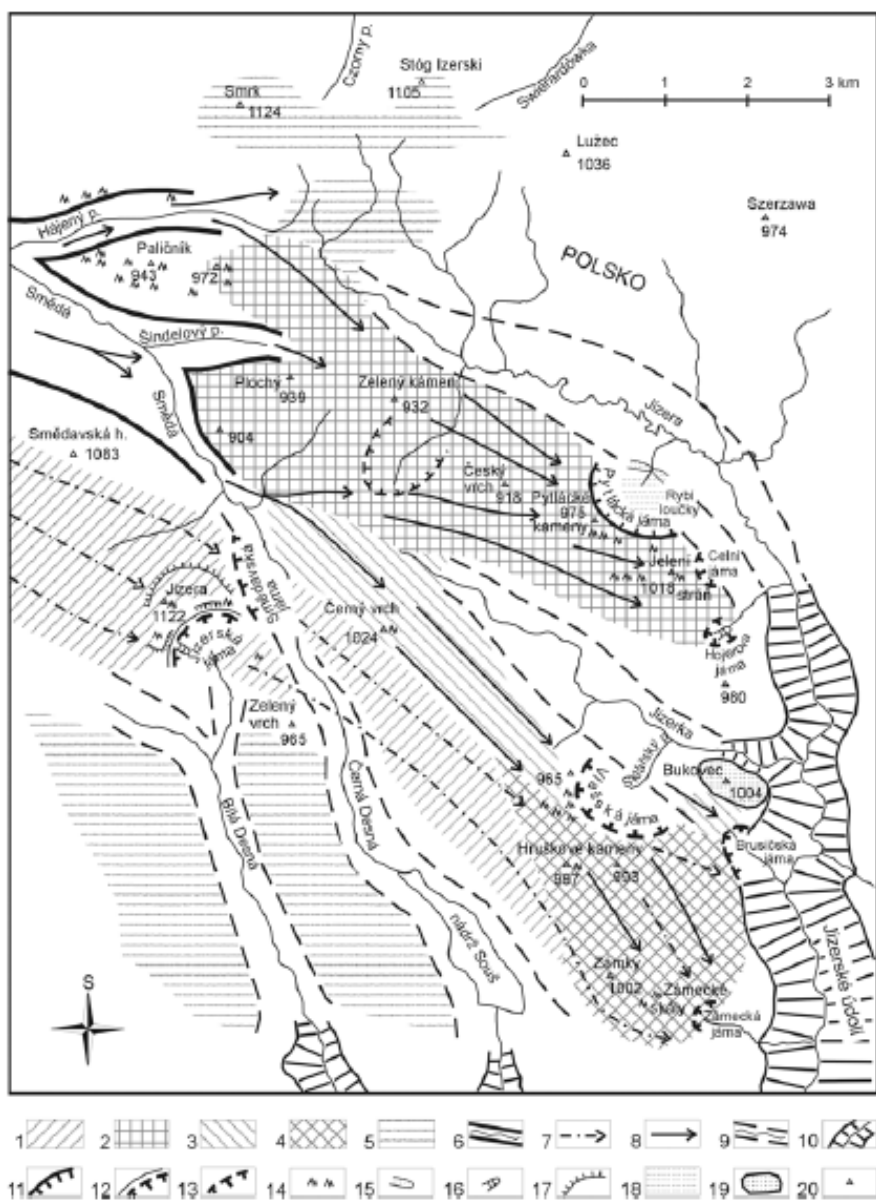
Vzdušné proudy v Jizerských horách mají díky značně členitému terénu různé rychlosti a směry. Z měření prováděných do roku 2003 na automatické stanici Noel v objektu VÚLHM Jizerka bylo zjištěno, že největší četnost mělo jižní proudění, pak jihozápadní, severovýchodní a severní (SLODIČÁK et al. 2005). V letním období se zde vyskytují hlavně větry do stupně 4 na Beaufortově stupnici rychlosti větru. Pro zimní období jsou charakteristické nejčastěji vzdušné proudy z jihovýchodního a jižního sektoru podpořené stejnou orientací horských hřebenů a údolí spadajících do pásu LVS a výše (ÚHÚL 1999).

V souvislosti s Jizerskými horami je třeba zmínit i teorii tzv. anemo-orografických systémů, kterou v roce 1961 zformuloval profesor Jan Jeník (UK) a která je od té doby citována v mnoha pracích (KLAPKA 2001). Vysvětluje rozdíly v prostorové a druhové rozmanitosti mezi chudými hřebeny a náhorními planinami a bohatými ledovcovými kary. Větry západního kvadrantu jsou usměrňovány hlubokými údolními západovýchodního směru k hřebenům a náhorním plošinám, kde se zvyšuje jejich rychlost, a v závětrných prostorech horských karů pak dochází ke vzniku turbulentního proudění. Na plochu karů se pak v létě ukládají druhově bohaté eolické sedimenty a zimními návěje sněhu zde je pak v podobě lavin napomáháno sukcesí rostlinných společenstev (ŠRŮTEK 1990).



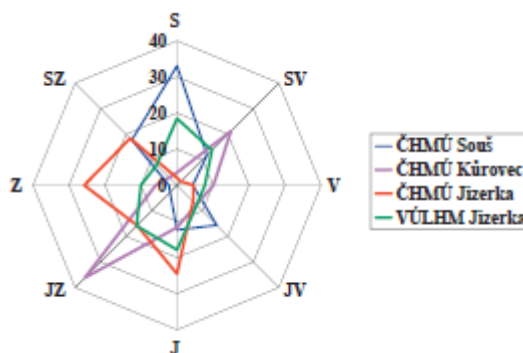
Obr.2: Anemo-orografické systémy (ŠRŮTEK 1990).

V Jizerskohorských horách nejsou anemo-orografické systémy vyvinuty tak jako např. v Krkonoších (téměř chybí závětrný turbulentní prostor horských karů, místo kterých se zde nacházejí rozsáhlá plochá údolí). Nacházejí se zde pouze dva, paralelně uspořádané a-o systémy – Smědavský a Štolpišský (PILOUS 2006). Obě tyto lokality jsou svou závětrnou polohou s ohledem na směr větrů nadprůměrně zásobovány sněhem (PILOUS 2012). V minulosti se a-o systémy výrazně podílely na urychlování vstupu imisí do nitra pohoří (KERZELOVÁ 1983).



Obr. 3: Anemo-orografické systémy Jizerských hor (PILOUS 2006).

Největší naměřená rychlost větru do konce roku 2003 zjištěná v okolí objektu VÚLHM Jizerka byla $20,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (SLODIČÁK et al. 2005), což ho dle Beaufortovy stupnice řadí do kategorie bouřlivý vítr, jehož rozmezí je $17,2$ až $20,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (VYSOUDIL 1997).

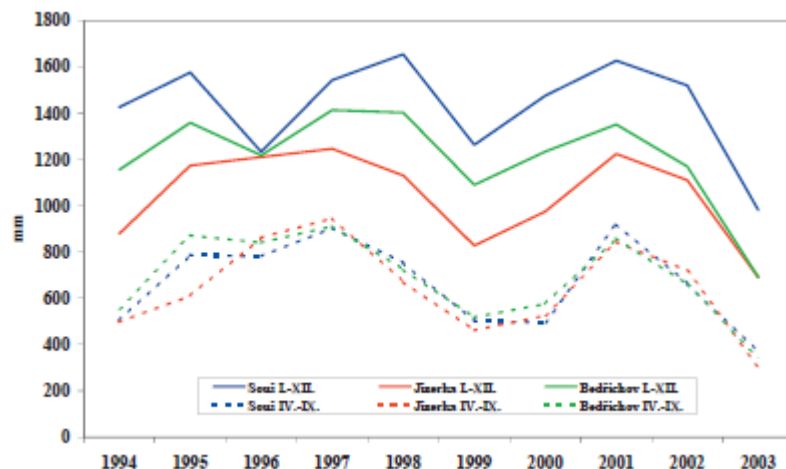


Obr. 4: Četnosti směru větrů na stanicích ČHMÚ a VÚLHM v roce 2003 (SLODIČÁK et al. 2005).

2.4. Srážky

Vzdušnou vlhkost ovlivňují makroklimatické faktory, jako je např. tlak vzduchu a relativní vlhkost v přízemní vrstvě vzduchu, nadále v menší míře místní podmínky (geografická lokace území a jeho převýšení) a neopominutelný je také vliv vegetačního pokryvu (SPITTLEHOUSE, STATHERS 1990). Při hodnocení vlhkosti vyhodnocují tři typy vertikálních srážek: déšť, mrholení a sníh (VYSOUDIL 1997).

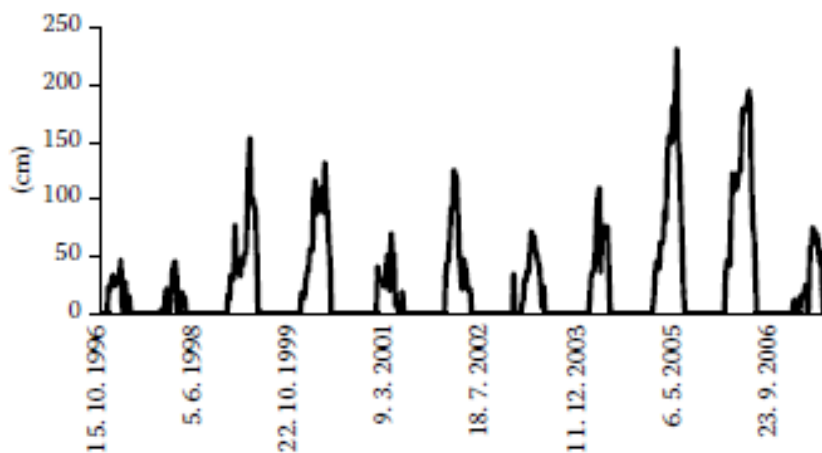
Jizerské hory jsou srážkově značně bohaté území. Průměrný roční úhrn srážek se zde obecně pohybuje mezi 1000 až 1705 mm (ÚHÚL 1999). V následujícím grafu jsou uvedeny výsledky měření úhrnu srážek na stanicích ČHMÚ Desná-Souš a Bedřichov a na stanici VÚLHM Jizerka v letech 1994 až 2003 (SLODIČÁK et al. 2005):



Obr. 5: Srážkové úhrny roční a ve vegetačním období (SLODIČÁK et al. 2005).

Úhrn zimních a letních srážek je v horských polohách víceméně vyrovnaný, nápadná je převaha letních srážek na severním úpatí Jizerských hor (ÚHÚL 1999). Jizerskohorské klima lze charakterizovat jako perhumidní (PLÍVA, ŽLÁBEK 1986), což lze vyvodit z Langova dešťového faktoru výpočtem podílu průměrného ročního úhrnu srážek v mm a průměrné roční teploty ve °C výsledek pak následně vykazuje hodnotu vyšší než 100 (DUFKOVÁ 2003).

Srážky lze rozdělit na vertikální (děšť, mrholení a sníh) a horizontální (usazené – např. námraza) (VYSOUDIL 1997). Vyšší polohy Jizerských hor jsou charakteristické bohatou sněhovou pokrývkou vytrvávající zhruba polovinu roku.



Obr. 6: Průměrná sněhová pokrývka byla měřena na stanici Jizerka s týdenními intervaly od roku 1996 do roku 2007 (BALCAR, KACÁLEK 2008).

2.5. Extrémy počasí

2.5.1. Sucho

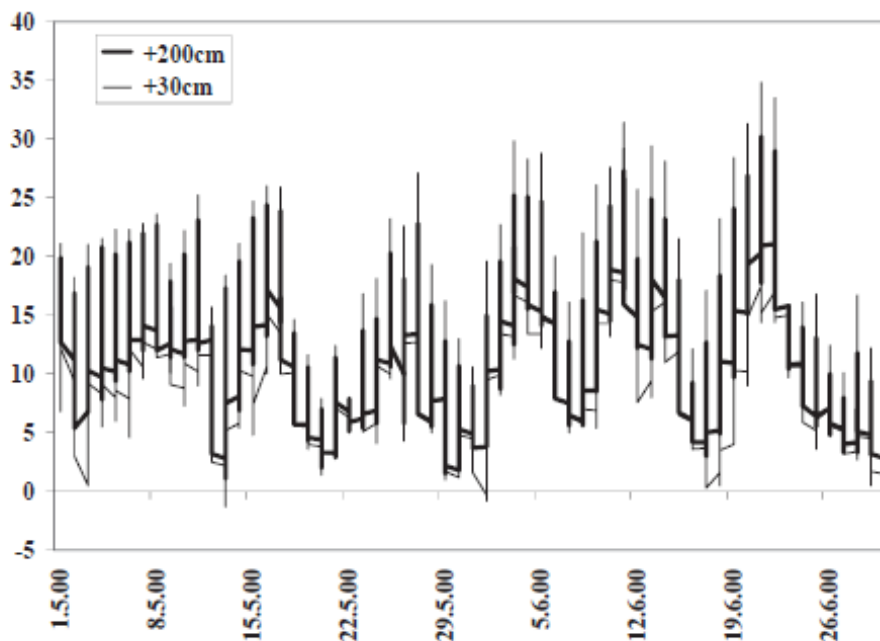
Od roku 1980 se díky systematickému sledování teplot a srážek dochází k závěru, že klima má tendenci oteplování (SLODIČÁK et al. 2005). Podle NOVÁKA a SLODIČÁKA (1998) od roku 1990 nízké průměrné teploty jsou doprovázeny podprůměrnými srážkami a v letech s nadprůměrnými srážkami se vyskytují i vysoké průměrné teploty.

Extrémní sucho oblast postihlo v roce 2003 hlavně v první polovině vegetačního období, kdy docházelo k ohýbání nezdřevnatělých výhonků jehličnanů během dne (SLODIČÁK et al. 2005).

2.5.2. Mrazy

2.5.2.1. Pozdní mrazy

Pozdní mrazy jsou jev vyskytující se zjara, který je nejvíce patrný v nejnižších vzduchových vrstvách nad povrchem terénu, je nebezpečný pro nově vyrašené výhony lesních kultur (SLODIČÁK et al. 2005). Jeho působením dochází k tvorbě ledu, poškození buněk ledovými krystalky a mrazovou dehydratací buněk. Poškozuje především výsadby méně mrazuvzdorných cílových dřevin, například buku lesního (*Fagus sylvatica*) (BALCAR, ŠPULÁK 2006). Jedním z obranných opatření je při obnově lesa je výsadba většího sadebního materiálu (poloodrostků a odrostků) (SLODIČÁK et al. 2005).



Obr. 7: Denní amplitudy teplot vzduchu (°C) 200 a 30 cm nad terénem (VÚLHM Jizerka) (SLODIČÁK et al. 2005).

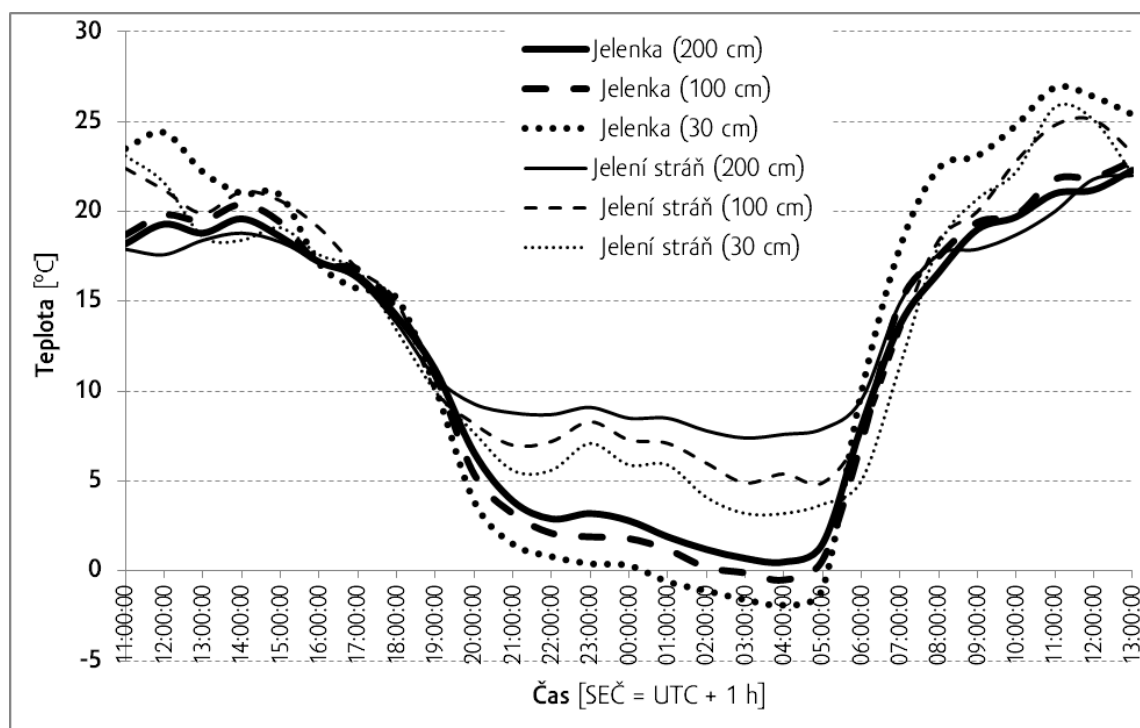
2.5.2.2. Mrazové jevy v extrémních polohách

Lokality s výskytem extrémních mrazových stresů se nacházejí převážně v mělkých údolích ve vyšších horských polohách pod horskými vrcholy a hřebeny. Údolí jsou uzavřena nebo téměř uzavřena přírodní či umělou překážkou (BALCAR et al. 2011).

V průběhu celého roku jsou mrazové stesy zaznamenávány na klimatologických stanicích v údolí Jizerky a na Středním Jizerském hřebenu (SLODIČÁK et al. 2005). Jsou způsobeny radiačním typem nočního záření, kdy se několikacentrimetrová vrstva vzduchu v těsné blízkosti země rychle ochlazuje. Na svazích těchto kotlin pak dochází ke stékání studeného vzduchu na dno a tvoří se tak tzv. jezero studeného vzduchu, které tvoří při ochlazení na rosný bod přízemní mlhu. Ta může následně stoupat i do výšky několika metrů. Tím, že je kotlina chráněná svými svahy před větrem, zde proto může k mrazovým epizodám docházet častěji na rozdíl od vrcholů hor, kde se vyskytují větrné turbulence (BALCAR, ŠPULÁK 2012).

Mimo výše uvedené jsou mrazové jevy umocněné i složením půd. Místa, kde je podloží bohaté na humus (rašelina apod.), mají sklon ke zvyšování četnosti mrazů pro malou tepelnou vodivost podkladu (FLEMMING, KREČMER in BALCAR 2009).

Typický průběh teploty při mrazové epizodě v různých výškách nad zemí a v porovnání mrazové kotliny a svahu mimo kotlinu je uveden na obrázku 8.



Obr. 8: Průběh teplot v různých výškách nad zemí na lokalitách Jelenka (mrazová kotlina) a Jelení stráň (svah) během typické mrazové epizody ve dnech 9. až 10. května 2011 (data KPL FLD ČZU v Praze; BALÁŠ 2013).

3. Cíl

Cílem práce je na základě vyhodnocení teplotních údajů z automatických teploměrných stanic, rozmístěných v terénu, popsat základní teplotní charakteristiky vybraných lokalit s výskytem extrémních mrazových jevů v Jizerských horách; zjistit, zda v porovnání s hřebenovou polohou existuje významný rozdíl ve výskytu mrazových jevů ve vegetačním období v mrazové kotlině; porovnat, zda se intenzita a trvání mrazových teplot liší v závislosti na výšce od povrchu země.

4. Metodika

Sběr dat probíhal od června 2012 na území Jizerských hor. Teploty byly měřeny prostřednictvím 13 ks čtyřkanálových dataloggerů Comet S0141 se sondami Pt1000TGL40, z nichž 7 se nachází v mrazových kotlinách (Promenádní, Smědavská silnice, Jelenka, Kosodřevina, Lánský, Panelka a Celní cesta) a 6 na hřebeni Jizerských hor (Jelení stráž, VULHM, Hlídková, Pytlácké kameny, Český vrch, Střední hřeben). Instalace dataloggerů probíhala postupně od roku 2009, poslední přístroje byly instalovány v květnu 2012.

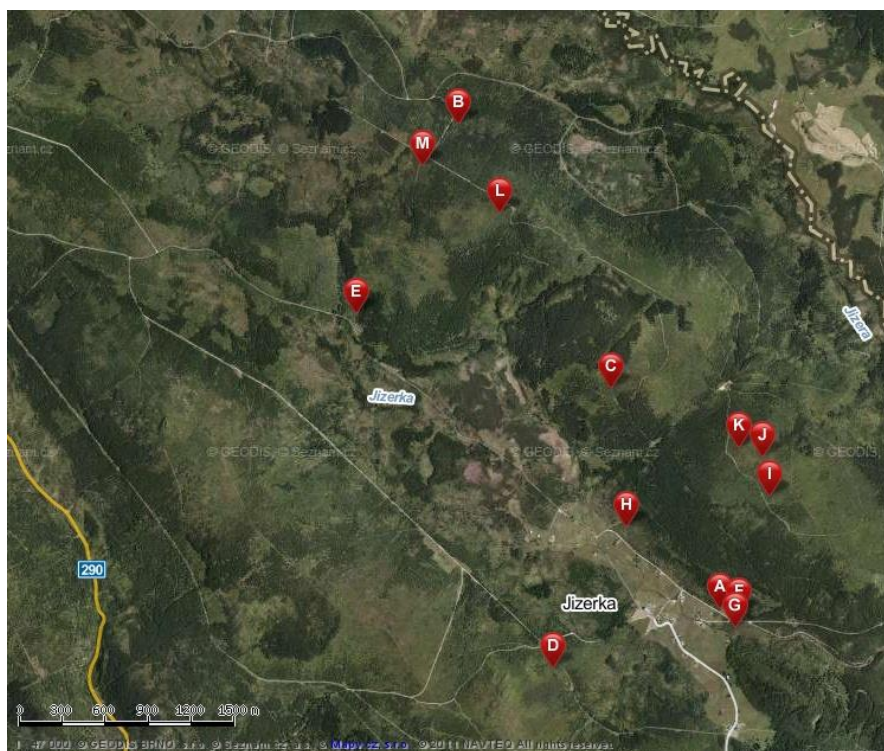
Každý datalogger má čtyři teplotní čidla, které měří teplotu s přesností na desetinu stupně celoročně v hodinových intervalech. Čidla jsou umístěna 10 cm pod zemí a 30, 100 a 200 cm nad zemí. Teplota půdy pro tuto práci neměla význam, nebyla tedy nadále součástí vyhodnocování. Přenos dat z paměti přístroje byl proveden pomocí USB kabelu a notebooku. Vzhledem k tomu, že data ze všech přístrojů jsou dostupná až od konce května 2012, bylo pro analýzy zvoleno období 1. 6. až 30. 11. 2012.



Obr. 9: Čtyřkanálový datalogger umístěný v terénu (NOVÁKOVÁ 2013).

Tab. 2.: Podrobné údaje o rozmístění datalogerů.

č. přístroje	označení v mapě	lokality	GPS [lat]	GPS [long]	datum instalace	nadmořská výška	poloha
1	A	Panelka	N50°49.162'	E15°21.096'	2009-08-21	860	údolí Jizerka
2	B	Jelenka	N50°50.933'	E15°19.596'	2009-09-10	895	údolí Jizerka
3	C	Jelení stráň	N50°49.968'	E15°20.474'	2010-05-21	940	svah
4	D	Promenádní cesta	N50°48.947'	E15°20.133'	2010-05-21	915	nad údolím Jizerka
5	E	Smědavská silnice	N50°50.241'	E15°19.005'	2010-05-22	885	údolí Jizerka
6	F	Celní cesta	N50°49.144'	E15°21.201'	2012-05-29	860	údolí Jizerka
7	G	Kosodřevina	N50°49.091'	E15°21.182'	2012-05-29	850	údolí Jizerka
8	H	Lánský	N50°49.460'	E15°20.556'	2012-05-29	865	údolí Jizerka
9	I	Střední hřeben	N50°49.569'	E15°21.380'	2012-05-30	965	hřeben
10	J	VULHM	N50°49.714'	E15°21.344'	2012-05-31	980	hřeben
11	K	Hlídková	N50°49.746'	E15°21.207'	2012-05-31	975	hřeben
12	L	Pytlácké kameny	N50°50.608'	E15°19.839'	2012-05-31	955	hřeben
13	M	Český vrch	N50°50.781'	E15°19.393'	2012-05-31	920	hřeben

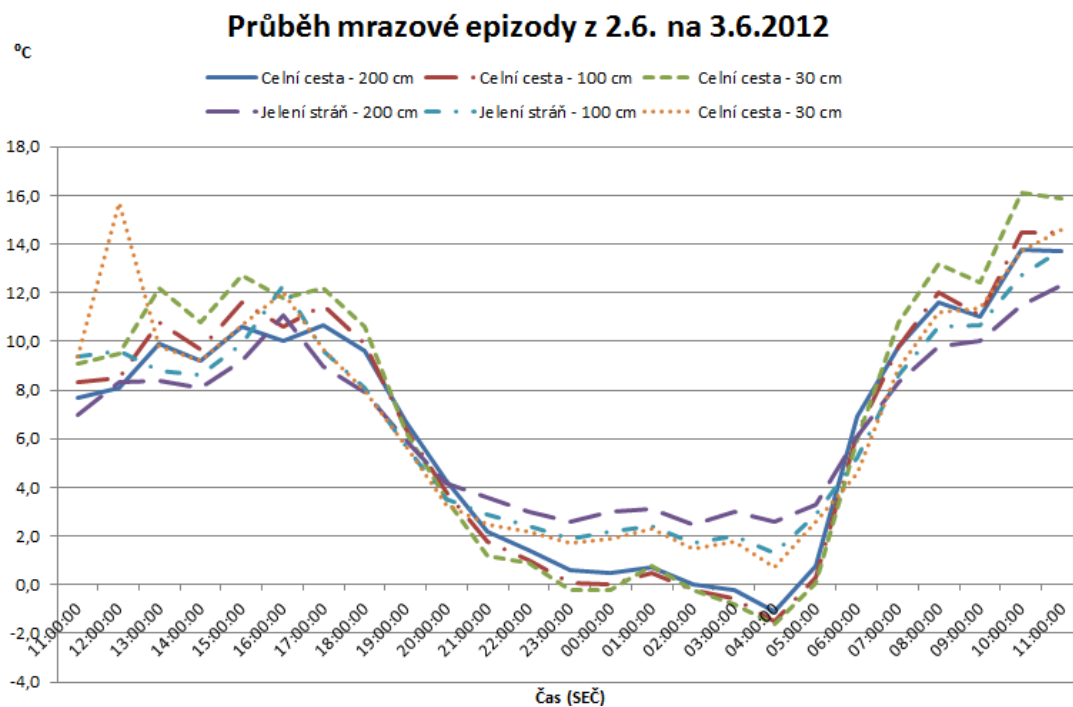


Obr. 10: Rozmístění datalogerů (www.mapy.cz/s/508N).

Data byla vyhodnocována a testována v programech Microsoft Excel Starter a Statistica. Použitá hladina významnosti $\alpha = 0,05$.

5. Výsledky a diskuze

5.1. Popis teplotních charakteristik

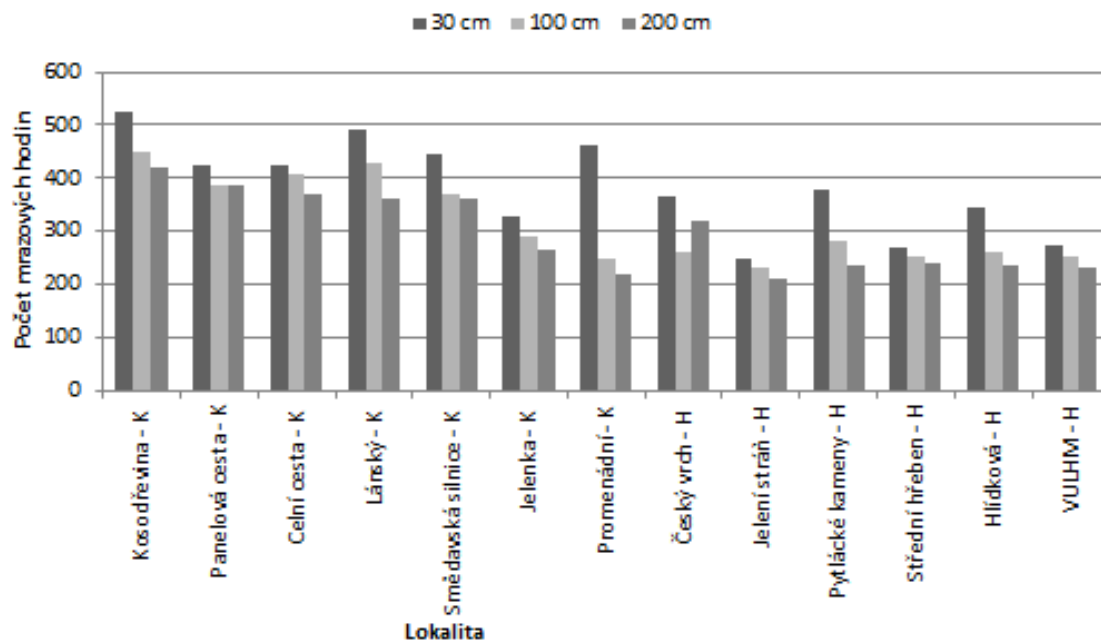


Obr. 11: Průběh mrazové epizody v noci z 2. 6. na 3. 6. 2012 na jednotlivých lokalitách v různých výškách nad povrchem země.

Jak je z grafu, který zaznamenává mrazovou epizodu mezi 2. a 3. červnem 2012, patrné, rozdíly mezi dnem a nocí při mrazové epizodě v mrazové kotlině (Celní cesta) může ve výšce 30 cm nad zemí být až 15 stupňů (i více). Naproti tomu v hřebenových polohách (Jelení stráň) se ve stejné výšce čidla hodnota snížila o přibližně 10 °C.

Po západu slunce (podmínkou je malá oblačnost a rychlost větru) dochází k prudkému poklesu teploty až k dosažení rosného bodu, kdy se proces zpomalí. Vlivem větru nebo mlhy pak teplota může mírně klesat či stoupat. Po východu slunce následuje prudké oteplení.

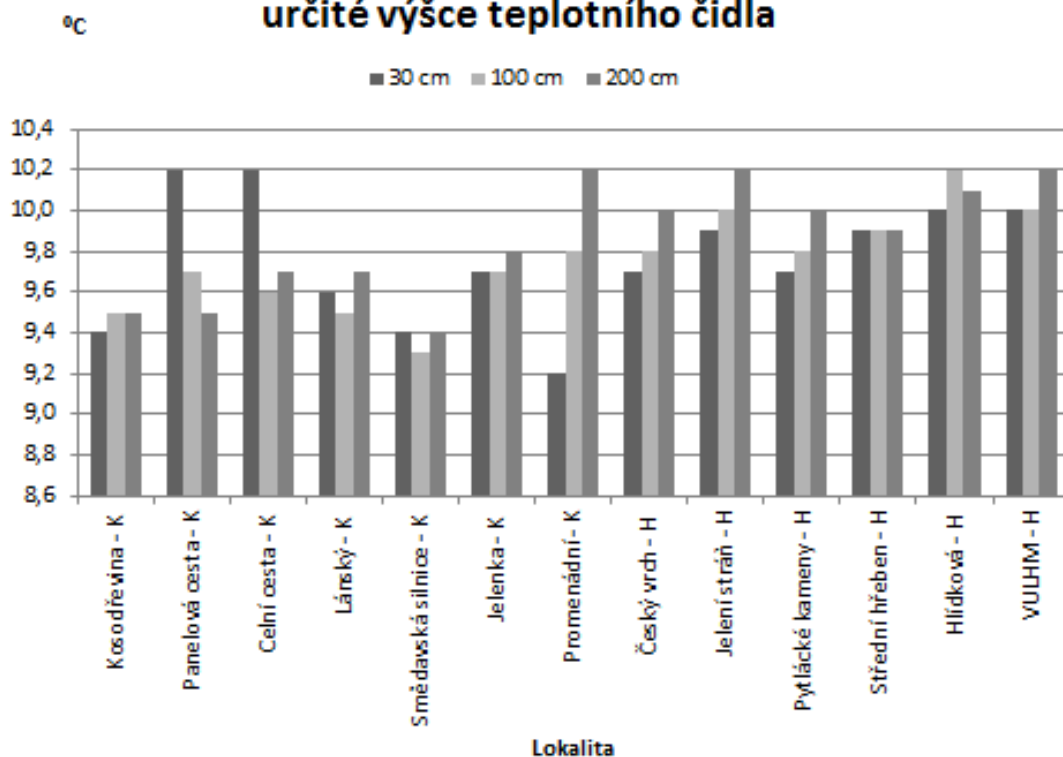
Počet mrazových hodin v období 1. 6. až 30. 11. 2012



Obr. 12: Počet hodin s teplotou nižší než 0 °C v období 1. 6. až 30. 11. 2012 na jednotlivých lokalitách (K – mrazová kotlina; H – hřeben) v různých výškách nad povrchem země.

Z obrázku 12 je patrné, že trvání mrazů je na všech lokalitách nejdelší v přízemních vrstvách vzduchu (čidlo ve výšce 30 cm). Nejvýraznější je tento rozdíl na lokalitě Promenádní, kde v období 1. 6. až 30. 11. bylo při zemi oproti výškám 100 a 200 cm zhruba o 200 hodin s mrazovými teplotami více. Také další lokality v mrazové kotlině (Kosodřevina, Lánský, Smědavská silnice a Promenádní) rovněž vykazují výrazně delší dobu trvání mrazů v přízemní vrstvě vzduchu. Lokality na hřebeni mají počet mrazových hodin celkově nižší, avšak delší trvání mrazů při zemi je patrný i zde.

Průměrné teploty na jednotlivých stanovištích v určité výšce teplotního čidla

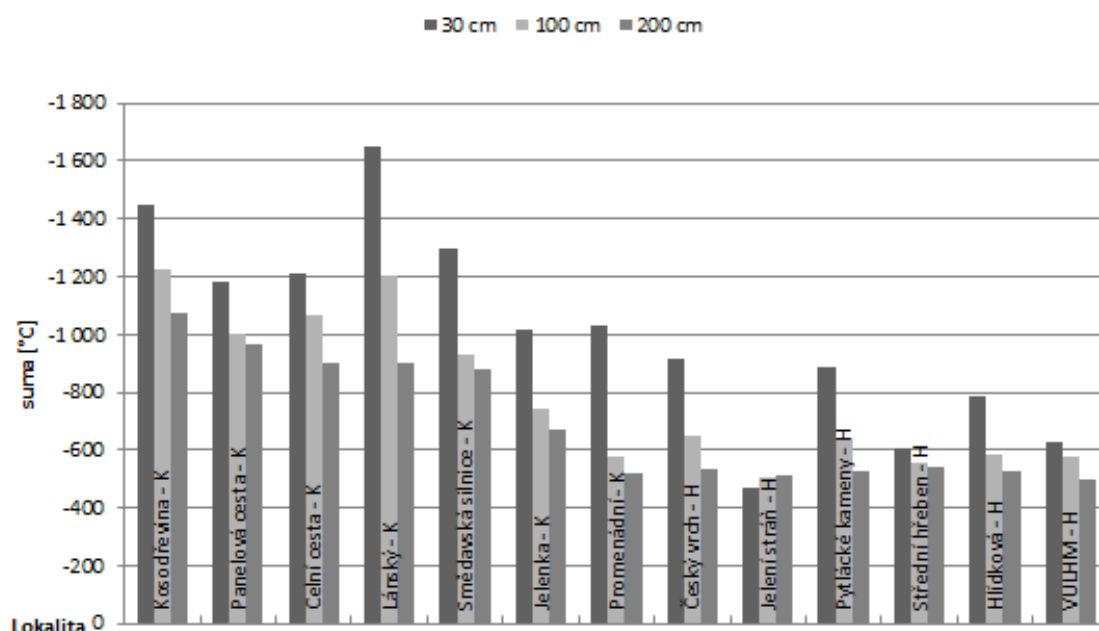


Obr. č 13: Průměrné teploty na jednotlivých lokalitách v různých výškách nad povrchem země.

S výjimkou lokalit Kosodřevina a Promenádní jsou průměrné teploty v mrazových kotlinách ve výšce 30 cm obecně vyšší (nebo rovny) než teploty výše nad zemí. Na hřebeni je tomu naopak, průměry teplot přízemních vrstev jsou převážně nižší.

Vzhledem k ohřívání zemského povrchu sluncem v denních hodinách (které intenzivnější než ochlazování vyzařováním v noci) by měly být průměrné teploty při zemi vyšší. Nejnižší hodnota na lokalitě Promenádní je pravděpodobně způsobena neobvykle vysokým a hustým travním pokryvem, který brání ohřívání vzduchu. Nejvyšší průměrné přízemní hodnoty se vyskytly na lokalitě Panelová a Celní cesta.

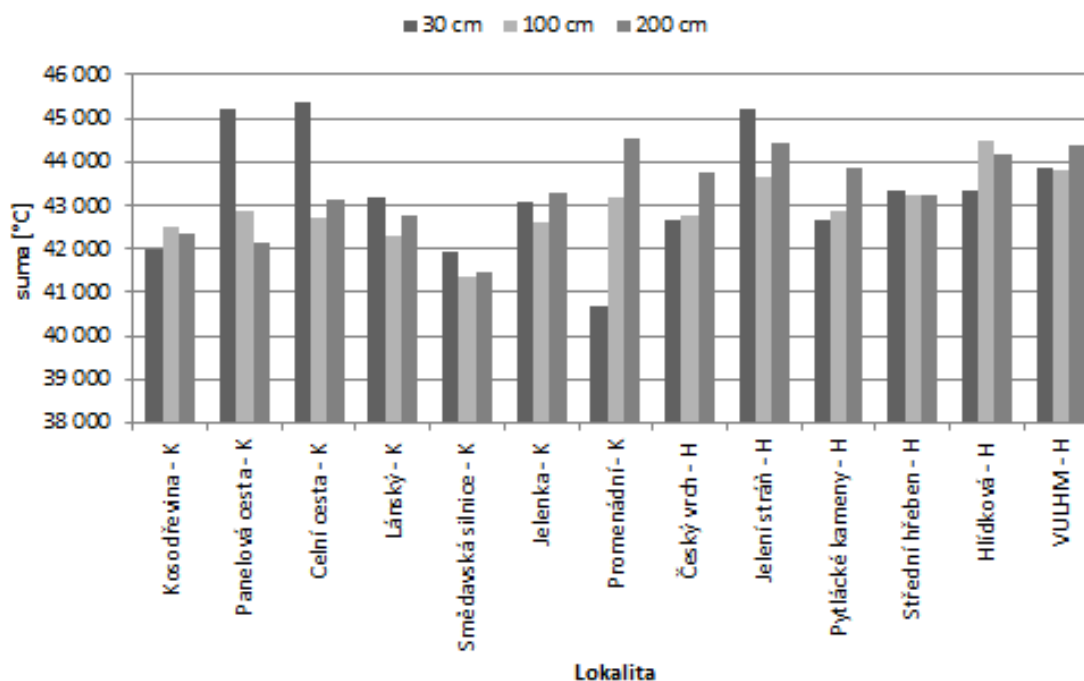
Suma mrazových hodnot na jednotlivých stanovištích v určité výšce čidla



Obr. 14: Suma mrazových hodnot na jednotlivých lokalitách v různých výškách nad povrchem země.

Suma mínusových (mrazových) teplot ilustruje intenzitu i množství mrazů dohromady. Prostřednictvím této charakteristiky lze proto dobře posoudit intenzitu mrazových jevů na různých lokalitách a v různých výškách čidla. Nejvíce epizod se dle očekávání vyskytuje v přízemní vrstvě vzduchu v kotlinách, v hřebenových lokalitách a ve vyšších výškách nad zemí jsou mrazy mírnější.

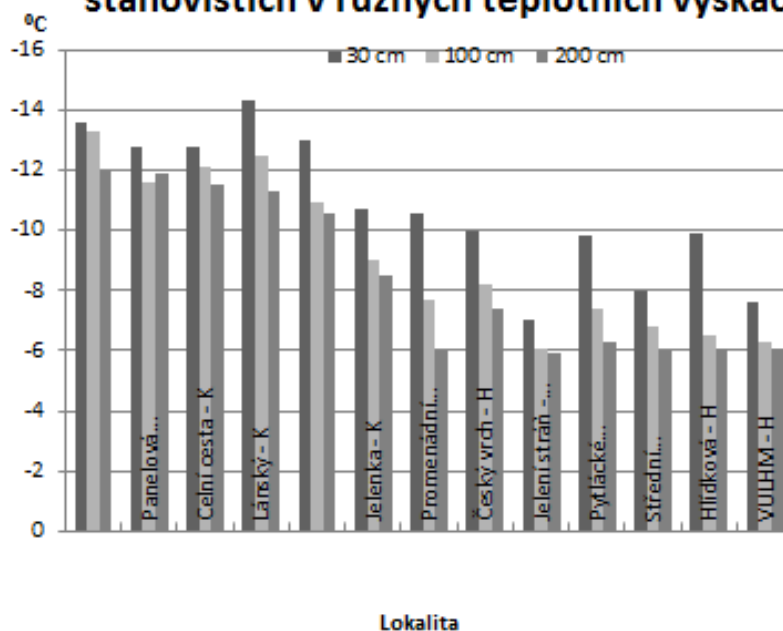
Suma nemrazových hodnot na jednotlivých stanovištích v určité výšce čidla



Obr. 15: Suma nemrazových hodnot na jednotlivých lokalitách v různých výškách nad povrchem země

Hodnoty kladných teplotních sum jsou ovlivňovány řadou faktorů: ohřívání přízemních vrstev za slunečního dne od povrchu půdy, noční ochlazování vyzařováním (intenzivnější opět při zemi), ochlazování vzduchu větrem (intenzivnější ve vyšší výšce), stínění přízemního čidla travou apod. Výsledná hodnota pak závisí, který vliv na daném místě převládne. Z uvedených výsledků vyplývá nejednoznačné a velmi variabilní rozložení kladných teplotních sum. Vysoké hodnoty kladných teplotních sum na lokalitách Panelové a Celní cesta jsou zřejmě způsobeny absencí travního pokryvu, na druhou stranu v případě lokality Promenádní lze uvažovat o stínění přízemního čidla vysokou trávou. Roli může hrát také expozice a umístění čidel vzhledem k okolním stromům. Podle ŠPULÁKA (2009b) vykazují sumy záporných i kladných teplot největší extrémnost jižní okraj porostu (stromu).

Minimální dosažené teploty na jednotlivých stanovištích v různých teplotních výškách



Obr. 16: Minimální dosažené teploty na jednotlivých lokalitách v různých výškách nad povrchem země

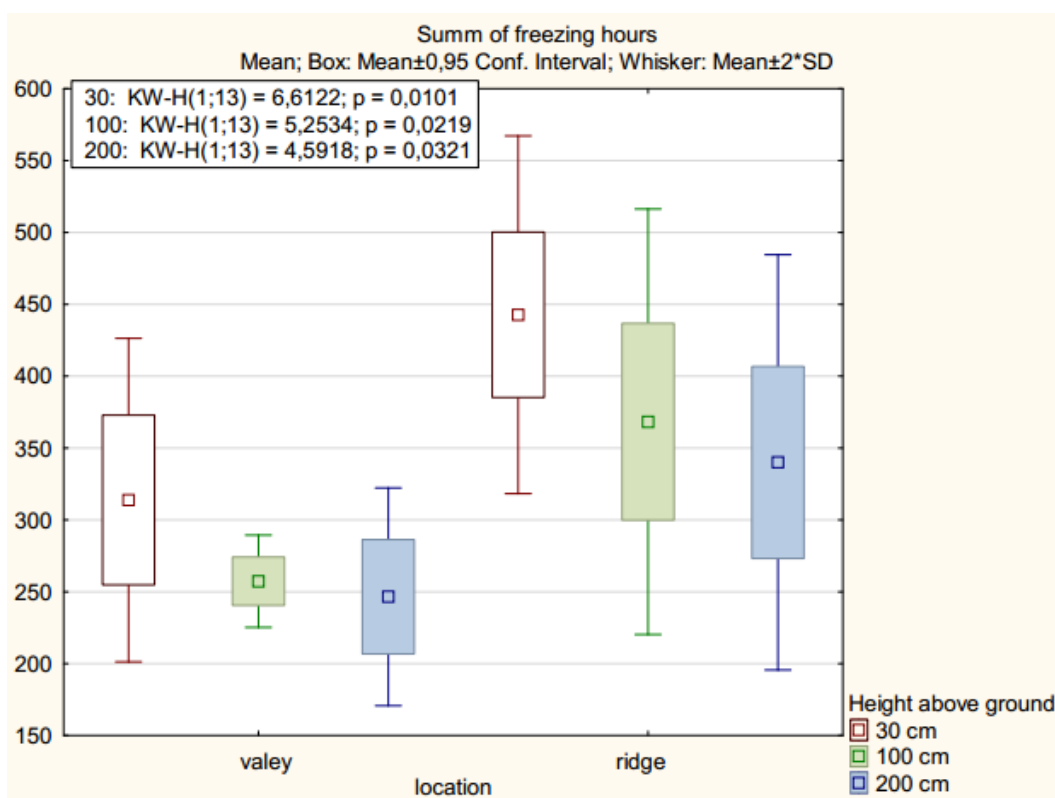
Nejnižší dosažená teplota se vyskytla 14. 11. 2012 na lokalitě Lánský a dosáhla hodnoty $-14,3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Z obrázku maximálních dosažených teplot na jednotlivých stanovištích (obrázek 17 v příloze) je možno vyčíst, že poloha v mrazové kotlině a na okolních hřebenech má jen zanedbatelný vliv na dosažení nejvyšší denní teploty. Je třeba poznamenat, že většina uvedených maximálních hodnot byla naměřena v odpoledních hodinách mimořádně teplého dne 20. 8. 2012, kdy byl mimo jiné na stanici Dobřichovice překonán absolutní rekord ČR $40,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (BALCAR 2012).

Je známo, že minimální a maximální teploty jsou mimo jiné ovlivněny i přítomností sněhové pokrývky (ŠPULÁK 2009b). Sněhová pokrývka se v zájmové lokalitě vyskytovala pouze po několik dní na konci října 2012.

5.2. Statistické vyhodnocení

V programu Statistica byla řešena analýza rozptylu pomocí neparametrického Kruskal-Walisova testu. Nulová hypotéza zněla: Rozdíl mrazivých nocí mezi údolními a hřebenovými lokalitami se neliší. Testována byla každá výška čidla, hodnota p-value pro 30 cm činila $p = 0,0124$, pro 100 cm $p = 0,0263$ a pro 200 cm $p = 0,0383$. Všechny tyto hodnoty jsou nižší, než hladina významnosti 0,05, proto se nulová hypotéza zamítá. Rozdíl mrazivých nocí mezi údolními a hřebenovými lokalitami se liší. Níže uvedený graf nám pak interpretuje výsledek.



Obr. 17: Grafické znázornění výsledků Kruskal – Walisova testu.

Teplotní extrémny jsou limitním faktorem pro úspěšné zalesňování klasickými metodami v specifických podmínkách horských mrazových poloh (BALCAR et al. 2011; KUNEŠ et al. 2011). Mrazy u výsadeb lesních dřevin poškozují nezdřevnatělé letorosty a dochází tak k deformaci koruny (SLODIČÁK et al. 2005). Volné plochy v mrazových lokalitách, kde byl často lesní porost odstraněn v důsledku imisní kalamity, je proto

podle BALCARA et al. (2011) žádoucí zalesňovat ve dvou fázích. Nejprve vznikne přípravný porost z odolných dřevin – např. borovice kleč (*Pinus mugo*) nebo bříza karpatská (*Betula carpatica*). Později do jejich krytu by pak měly být vnášeny dřeviny cílové druhové skladby – smrk ztepilý (*Picea abies*), buk lesní (*Fagus sylvatica*), případně jedle bělokorá (*Abies alba*). Ke druhé fázi by mělo být přistupováno ve chvíli, kdy výsadba první fáze dosáhla průměrné výšky 1 až 1,7 m a hustota zápoje korun má kolem 60 % krytí plochy.

Jiným způsobem, jak zalesňovat tyto plochy, je použití poloodrostků a odrostků, které mají terminální pupen nad hranicí přizemních extrémů, a to na rozdíl od standartních sazenic, které mají terminál v nejvíce ohrožené přizemní vrstvě vzduchu (KUNEŠ et al 2011).

5. Závěr

Na lokality Jizerských hor s výskytem extrémních mrazových epizod byly umístěny čtyřkanálové datalogery Comet S0141 se čtyřmi teplotními čidly, která každou hodinu zaznamenávají teplotu ve výškách 30, 100 a 200 cm.

Z grafu průběhu mrazové epizody plynou podstatné teplotní rozdíly (se zlomovými body západ a východ slunce) mezi dnem a nocí až 15 °C.

Nejvyšší počet mrazových hodin je ve výšce čidla 30 cm nad zemí.

Průměrné přizemní teploty (ve 30 cm) jsou většinou vyšší v porovnání s vyššími vzduchovými vrstvami.

Suma minusových teplot ilustruje intenzitu a délku trvání mrazů. Také v této charakteristice jsou nejvyšší hodnoty v nejnižších vrstvách vzduchu a v mrazových kotlinách. Naopak nejnižší sumy minusových teplot vykazují vyšší vrstvy vzduchu a hřebenové polohy.

Minimální teplota byla naměřena 14. listopadu 2012 na lokalitě Lánský a dosáhla hodnoty -14,3 °C.

Použitím analýzy variance bylo prokázáno, že rozdíl mrazivých nocí mezi údolními a hřebenovými lokalitami se významně liší.

Literatura

- AOPK 2010: Plán péče o Chráněnou krajinnou oblast Jizerské hory na období 2011–2020. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha, 42 s.
- BALÁŠ M. 2013: Vnášení listnaté příměsi do horských jehličnatých porostů a testování nových školkařských technologií určených k produkci sadebního materiálu pro tento účel. FLD ČZU v Praze, 99 s. Teze doktorské disertační práce.
- BALCAR T. 2012: Aktuálně: Padl teplotní rekord české republiky. Meteopress, online: <http://www.meteopress.cz/extremne-vysoke-teploty/>, cit. 10. 4. 2013
- BALCAR V., ŠPULÁK O. 2006: Poškození dřevin pozdním mrazem a krycí efekt lesních porostů při obnově lesa v Jizerských horách. In: Jurásek A., Novák J., Slodičák M. [eds.]: Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností. VÚLHM, Opočno: 399–407.
- BALCAR V., KACÁLEK D. 2008: Growth and health state of silver fir (*Abies alba* Mill.) in the ridge area of the Jizerské hory Mts. Journal of Forest Science 54: 509 – 518.
- BALCAR V., KACÁLEK D., ŠPULÁK O. 2009: příspěvek k problematice porostotvorné funkce jehličnatých dřevin tlumení mrazových extrémů v horách. Zprávy lesnického výzkumu 54: 157–165.
- BALCAR V., KACÁLEK D., KUNEŠ I., ŠPULÁK O. 2011: Obnova lesa ve vyšších horských polohách postihovaných extrémními mrazovými stresy. VÚLHM, Strnady, 36 s.
- BALCAR V., ŠPULÁK O. 2012: Obnova lesa v horách na místech postihovaných extrémními mrazy. Silvarium, online: <http://www.silvarium.cz/lesnicka-prace-c-9-12/obnova-lesa-v-horach-na-mistech-postihovanych-extremnimi-mrazy>, cit. 5.4.2013.
- DUFKOVÁ, J. 2003. Porovnání klimatologických indexů charakterizujících vlhkostní ráz krajiny. In: mezinárodní vědecká konferencia Funkcia energetickej a vodnej bilancie v bioklimatických systémoch, Račková dolina, Slovensko. Slovenská bioklimatologická spoločnosť SAV, Česká bioklimatologická společnost, Katedra

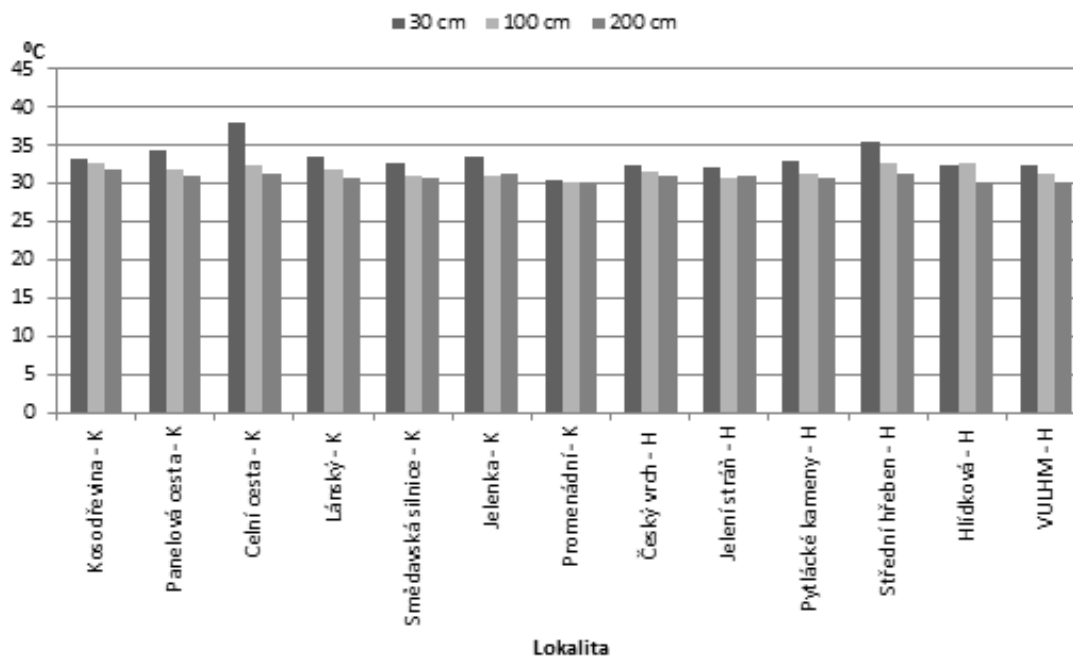
- biometeorologie a hydrologie FZKI SPU v Nitre, Odbor vodného hospodárstva SAPV, 02.–04. 09. 2003, s. 38 CD-Rom.
- CHALOUPSKÝ J. et al. 1989: Geologie Krkonoš a Jizerských hor. Academia, Praha, 288 s.
 - JANATA A., MORAVEC V. 1946: Jizerské hory a Ještědské pohoří. Cíl, Liberec, 116 s.
 - KERZELOVÁ, B. 1983: Větrné poměry v jizersko-krkonošském masivu. Opera Corcontica, 20: 23–35.
 - KLAPKA P. 2001: Krkonoše a trvale udržitelný rozvoj. Nepublikováno. Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity v Brně, 92 s.
 - KULASOVÁ A. et al. 2006: Experimentální základna Jizerské hory. Journal of Hydrology and Hydromechanics 54: 163–182.
 - KUNEŠ I., BALÁŠ M., MILLEROVÁ K, BALCAR, V. 2011: Vnášení listnaté příměsi a jedle do jehličnatých porostů Jizerských hor. Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce, 9/2011, VÚLHM, Strnady, 36 s.
 - LOUSIER J. D., SPITTLEHOUSE D. L., STATHERS R. J. 1990: Seedling Microclimate and Reforestation, FRDA Memo No. 152, B. C. Min. For., Victoria, 8 s.
 - LOWRY J., MANIS G., RAMSEY R. D. 2002: Pre-classification: An Ecologically Predictive Landform Model. Utah State University, Logan, online: <http://www.gis.usu.edu/~doug/vegmanip/moisture/Landform1.pdf>, cit. 8. 3. 2013.
 - FLOUSEK J. 2000: Vliv imisí na lesní porosty. Sylvia 36: 61 – 67.
 - MOUCHA P., VACEK S. et al. 2012: Péče o lesní ekosystémy v chráněných územích ČR. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha, 896 s.
 - MŽP 2010: Národní parky a chráněné krajinné oblasti. Ministerstvo životního prostředí, Praha, 75 s.
 - NOVÁK J., SLODIČÁK M. 1998: Růstová reakce smrkových porostů 5. lesního vegetačního stupně na teplotní a srážkové výkyvy za období 1965–1996. Ministerstvo životního prostředí, Praha, online: <http://www.mzp.cz/ris/ais-ris-info-copy.nsf/aa943fb38bfdd406c12568e70070205e/41a042f72216b03180256856004e7de4?OpenDocument>, cit. 15.2.2013.

- NOVÁKOVÁ O. 2013: Mezoklimatická variabilita teplotního gradientu náhorní plošiny Jizerských hor. Vnitřní grantová agentura FLD ČZU v Praze, závěrečná zpráva grantu IGA FLD, 14 s.
- PILOUS V. 2006: Pleistocénní glacigenní a nivační modelace Jizerských hor. Opera Corcontica 43: 21–44.
- PILOUS V. 2012: Pleistocénní geliflukční tvary v Jizerských horách. Opera Corcontica 49: 135–144.
- PLÍVA K., ŽLÁBEK I. 1986: Přírodní lesní oblasti ČSR. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 316 s.
- PRŮŠA, E. 2001: Pěstování lesů na typologických základech. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy. 592 s.
- SEDLÁK J. et al. 2007: Geological interpretation of a gravity low in the central part of the Lugian Unit (Czech Republic, Germany and Poland). Journal of Geosciences 52: 181–197.
- SLODIČÁK M. et al. 2005: Lesnické hospodaření v Jizerských horách. Lesy České republiky, s. p., Hradec Králové, 233 s.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J. 2008: Výchova porostů náhradních dřevin. Recenzovaná metodika. Lesnický průvodce, 3/2008, VÚLHM, Strnady, 28 s.
- SPITTLEHOUSE D. L., STATHERS R. J. 1990: Seedling Microclimate. Ministry of Forests, Victoria, 28 s.
- ŠNYTR O., VONIČKA P. 2004: Ptačí oblast Jizerské hory. Správa CHKO Jizerské hory, Liberec, 12 s.
- ŠPULÁK O. 2009a: Náhradní porosty smrku pichlavého v Jizerských horách a jejich přeměna bukem lesním. Opočno, 124 s. Doktorská disertační práce.
- ŠPULÁK O. 2009: Příspěvek k poznání teplotních souvislostí prosadů jehličnatých porostů náhradních dřevin. Zprávy lesnického výzkumu 54: 59–66.
- ŠRŮTEK M. 1990: Aplikace teorie anemo-orografických systémů v přírodovědeckém výzkumu. Opera Corcontica 27: 47–58.
- TESAŘ V. 1981: Vztah krkonošských lesů a lesního hospodářství v imisím. Opera Corcontica 18: 53–68.

- TOLASZ R. et al. 2007: Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 255 s.
- TOMÁŠEK M. 2000: Půdy České republiky. Český geologický ústav, Praha, 67 s.
- ÚHÚL 1999: OPRL – Oblastní plán rozvoje lesů. Přírodní lesní oblast č. 21 Jizerské hory. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs n. L., pobočka Jablonec n. N., 241 s.
- ÚHÚL 2002, Oblastní plány rozvoje lesů. Přírodní lesní oblasti ČR. Stručný přehled – stav k 30. 6 .2001. Lesnická práce, Kostelec nad Černými Lesy, 104 s.
- VANČURA K. et al. 2007: Les a voda v srdci Evropy. Ministerstvo zemědělství ČR, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Brandýs nad Labem, 319 s.
- VYSOUDIL M. 1997: Meteorologie a klimatologie pro geografy. Vydavatelství univerzity Palackého, Olomouc, 233 s.
- www.jizerskehory.ochranaprirody.cz, cit. 3. 3. 2013.

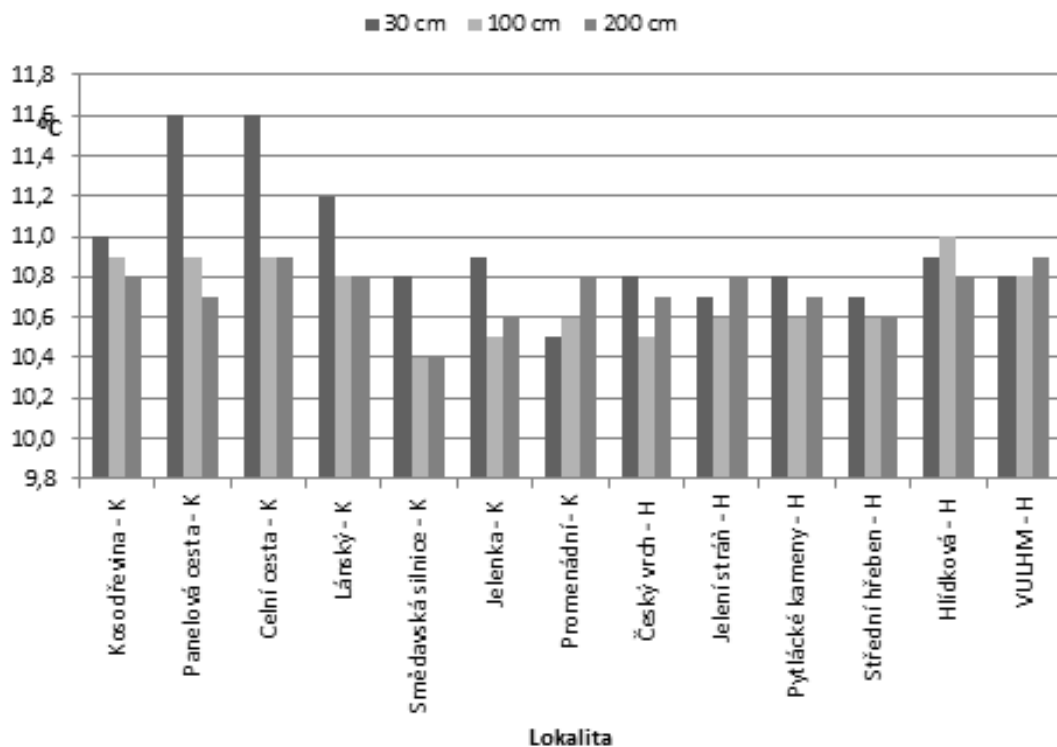
Přílohy

Maximální dosažené teploty na jednotlivých stanovištích v různých teplotních výškách



Obr. 18: Maximální dosažené teploty na jednotlivých lokalitách v různých výškách nad povrchem země.

Průměrné nemrazové hodnoty na jednotlivých stanovištích v určité výšce čidla



Obr. 18: Průměrné nemrazové hodnoty na jednotlivých lokalitách v různých výškách nad povrchem země.