

# STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor SOČ: 05 Geologie a geografie

**Mrazové kotliny**

**Frost Hollows**

**Autor:** Michael Matějka

**Škola:** Gymnázium a Jazyková škola s právem státní

jazykové zkoušky Svitavy

**Kraj:** Pardubický

**Konzultant:** Mgr. Hana Brýdlová

**Brněnec 2015**

## **Prohlášení**

*Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v seznamu vloženém v práci SOČ.*

*Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.*

*Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.*

V ..... dne ..... podpis: .....

# Poděkování.

Za cenné rady při tvorbě této práce děkuji paní profesorce Mgr. Haně Brýdlové a paní profesorce PaedDr. Radmile Obloukové.

# Abstrakt

V práci jsou různými metodami porovnávány vybrané údolní lokality, z nichž některé jsou označovány jako mrazové kotliny. Na úvod je zmíněna radiační a tepelná bilance zemského povrchu. Pokud je tepelná bilance povrchu po delší dobu záporná, začíná se nad povrchem tvořit vrstva studeného vzduchu. Nad svahem je vzduch přiléhající k jeho povrchu chladnější než vzduch ve stejné výšce dále od svahu (například v Meteorologický slovník výkladový a terminologický – MSVT[19], heslo *vítr gravitační*) Za vhodných podmínek se může začít nad svahem tvořit svahový vítr proudící dolů do údolí. Svahové proudění postupně přechází v horský vítr, proudící dolů po ose údolí. V některých údolích označovaných jako „pooling valleys“ však horský vítr vznikat nemusí (McKee a O’Neal, 1989). Tyto procesy jsou popsány formou výtažků z dřívějších studií. Přes den vzduch proudí opačným směrem (MSVT [19], heslo *vítr svahový*). Svahové i údolní proudění je obvykle doprovázeno kompenzujícím prouděním opačného směru (MSVT [19], hesla *větry horské a údolní, vítr svahový*, Řezáčová, et. al., 2007).

Z grafů meteorologických prvků ze stanic zařazených v síti Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) byly vybrány dny s vhodným průběhem poklesu teploty a tyto údaje byly doplněny vlastním klimatologickým měřením v Brněnci a terenními výzkumy v širším okolí této stanice. Získaná data byla různými metodami upravena do vzájemně porovnatelné podoby. Použita byla metoda porovnávající velikost poklesů teplot na jednotlivých lokalitách a metoda  $T_r$ , využívající vlastnosti atmosféry nad stanicí. Většina parametrů byla před finálním zpracováním vztažena k referenční stanici, aby se omezil vliv denní variability na sledované vlastnosti údolí. Výhodou druhé jmenované metody je, že eliminuje i různé vlastnosti atmosféry, které mají vliv na minimální teplotu vzduchu. Vlivu teploty atmosféry na minimální teplotu se věnoval (Fleagle, 1950).

Byly vytvořeny grafy zobrazující závislost relativní  $T_r$  (vztažené k referenční stanici) na průměrném sklonu údolního dna na vhodném úseku údolí a na základě vypočítaných parametrů a jejich topografických vlastností lokalit byly odvozeny další závěry.

**Klíčová slova:** mrazová kotlina; údolní cirkulace; svahový vítr; údolní vítr; šumavské slatě

# Abstract

In this study some chosen valley locations were compared. Some of them are also termed frost hollows. In the introduction part radiative and heat balance of the ground surface is mentioned. If the heat is transported from the atmosphere to the cooling ground surface, the layer of cold air begin to create above the surface. The air above the slope became colder than the air in the same altitude and in greater distance from the slope (e.g. Meteorological Dictionary of Interpretations and Terms (in Czech MSVT) [19], entry *vítr gravitační*). At appropriate conditions down-slope wind may develop above the slope and flow into the valley. The down-slope wind later usually weakens and the down-valley wind became to flow. In some valleys called "pooling valleys" down-valley wind probably doesn't develop (McKee and O'Neal, 1989). These flows are described by precis from older studies. During the day air flows in opposite direction – there exist up-slope and up-valley winds (e.g. MSVT [19], entry *vítr svahový*). Slope and valley winds usually have a compensating flow in opposite direction (MSVT [19], entries *větry horské a údolní*, *vítr svahový*, Řezáčová, et. al., 2007) .

From the graphs of meteorological elements from stations connected to the the Czech Hydrometeorological Institute's (CHMI, in Czech ČHMÚ) network were chosen days with suitable course of nocturnal temperature drop. Climatological measurements from Brněnec and experimental field measurements which were done in wider surroundings of Brněnec were added to the research. Data were adapted to a reciprocally comparable term. The first method (RMP) uses comparing quotients of temperature drops in investigated and reference valleys. The second one (Tr) use conditions in the atmosphere above the station. Most valley parameters were related to reference site before final processing to reduce the influence of diurnal variability. The second method has the advantage of eliminating differences in atmosphere stratification among further sites, which influence the minimum daily temperature. The influence of atmosphere on the lowest possible minimum temperature was researched in (Fleagle, 1950).

Graphs showing the correlation of Tr (average of daily differences between Tr values at an investigated site and at a reference station) on the average valley bottom altitude gradient in suitable part of valley were drawn. Some other conclusions were made on the base of counted valley parameters and topographical valley attributes.

**Key words: frost hollow; valley circulation; slope wind, valley wind, valley inversion, Šumava's moors**

# Obsah

Abstrakt.....	4
Abstract.....	5
Obsah.....	6
Úvod.....	8
1. Teoretický úvod.....	10
1.1 Radiační a tepelná bilance zemského povrchu.....	10
1.2 Přenos tepla mezi zemským povrchem a atmosférou.....	11
1.3 Vývoj teploty během noci.....	12
1.4 Údolní cirkulace a geomorfologicky determinované rozdíly v poli potenciální teploty.....	13
2. Metodika.....	18
2.1 Zpracování dat ČHMÚ.....	18
2.2 Metodika – Brněnec a okolí.....	19
2.3 Metodika – zpracování dat.....	21
3. Mrazové kotliny a údolní lokality v ČR.....	26
3.1 Severočeské stanice.....	26
3.2 Západočeské, jihočeské a střečeské stanice.....	27
3.3 Šumavské stanice.....	28
3.4 Stanice na Moravě a ve Slezsku.....	29
3.5 Terénní výzkum.....	30
3.5.1 Lokality v údolí Svitavy a Banínského potoka.....	30
3.5.2 Lokality v údolí Svitavy.....	31
3.5.3 Lokality v údolí Bělského potoka a Zavadilky.....	32
3.5.4 Stanice v údolí Dlouholoučanského potoka.....	33
3.5.5 Stanice v údolích Pacovky a Třebůvky.....	34

3.5.6	Stanice v okolí Olešnice.....	35
3.5.7	Stanice v údolí Hodonínky.....	36
3.5.8	Stanice v údolí Šonavy/Hlučálu.....	37
3.5.9	Stanice s pouze jedním měřením.....	38
4.	Analytická část.....	39
	Závěr.....	41
	Seznam zkratk použitých v práci.....	46
	Zdroje.....	47
	Přílohy.....	50
	Data.....	50
	Obrazová příloha.....	56

# Úvod

Prosluněné jižní svahy versus mlhavá studená údolí. Pěstitelé vína již dávno zjistili, že údolí a kotliny málokdy přinesou dobrou úrodu. Základní princip údolních inverzí je velmi jednoduchý – studený vzduch je těžší, a pokud se při vhodných podmínkách (Meteorologický slovník výkladový a terminologický – MSVT [19]- heslo *inverze teploty vzduchu noční*) vytvoří vrstva studeného vzduchu na svazích, tak stéká dolů do údolí, podobně jako voda. Skutečné údolí se však chová mnohem komplexněji – vzniká v něm svahové a údolní proudění, podle (McKee a O'Neal, 1989) vzhledem k různým terénním strukturám existuje několik mechanismů, které řídí údolní proudění. Charakteristikám svahového a údolního proudění a vlastnostem teplotního pole v údolí byla věnována řada prací. Například (Anquetin, et. al, 1998) použili k simulování podmínek v idealizovaném údolí regionální model. S rostoucí kvalitou simulace však rychle rostou nároky na výpočetní výkon, a proto se jeví jako nemožné dokonale simulovat podmínky v běžném středoevropském údolí, ale díky zvyšujícímu se výkonu superpočítačů můžeme provádět stále přesnější modelování polí teploty a větru v údolích.

Tato práce se zabývá problematikou geomorfologicky zesílených nočních inverzí teploty vzduchu. Inverze vznikají při vhodných meteorologických podmínkách – jasno, nebo radiačně nevýznamná oblačnost, slabý vítr či bezvětří a absence mlhy. Za těchto situací klesají teploty v údolích mnohem hlouběji než na vyvýšených místech. Údolní lokality, ve kterých bývají naměřeny nejnižší teploty, označujeme jako mrazové kotliny (dále též MK). Je pravděpodobné, že není definovaná žádná ostrá hranice mezi tím, jaké údolí již je MK a jaké ne. Vlastnosti údolí z pohledu tvorby výrazných přízemních inverzí se výrazně liší v závislosti na jejich geomorfologii, pokryvu povrchu, svažitosti svahů a osy údolí. Výrazným faktorem je též uzavřenost MK, například ve Slovinsku (Iztok Sanjur, 2011 a Andrej Trošt, 2008) byla v krasovém závrtu ve výšce 1592 m. n. m naměřena teplota  $-49,1^{\circ}\text{C}$ . V České republice byla nejnižší teplota v posledních několika letech naměřena 6. 2. 2012 na stanici Kvilda-Perla, minimum bylo  $-39,4^{\circ}\text{C}$ .

Cílem práce je pokusit se vhodnými metodami porovnat vybrané údolní lokality v České republice na základě získaných dat a odborných studií vysvětlit a zobecnit některé jevy. Dalším cílem je navrhnout způsob zkoumání dalších údolí.

Celá práce je rozdělena na tři hlavní části. V první části jsou prezentovány teoretické poznatky týkající se tématu práce. Zmíněna je radiační a tepelná bilance zemského povrchu, výměna tepla mezi povrchem a atmosférou a průběh teploty během noci. Hlavním bodem teoretické části je shrnutí poznatků týkajících se údolních inverzí teploty vzduchu.



Druhá část práce je zaměřena na popis jednotlivých údolních lokalit v České republice. Pro statistické zpracování bylo vybráno 13 kotlin a stanic umístěných v údolích (stanice Otice už leží spíše na rovině) zařazených do staniční sítě ČHMÚ (nadmořská výška cca 270 do 1100 m. n. m., většina lokalit je v Čechách, dvě na Moravě a ve Slezsku). Je třeba poznamenat, že ne všechny stanice jsou ve vlastnictví této instituce (pokud je jiný majitel, tak je uveden na grafu dotyčné stanice). Pro zjednodušení budou tyto stanice označovány jako stanice ČHMÚ.

Všechny údaje pocházejí z kalendářního období 1. 4. až 30. 9. z let 2012 až 2014, s výjimkou roku 2013, kdy vzhledem k pokračující zimě na velké části území byl začátek výzkumného období posunut na 11. 4. 2013. Pro každou stanici byly z vybraných grafů vytvořeny datové řady a stanoveny základní statistické parametry. Mimo teplotních podmínek v těchto lokalitách je stručně popsána i topografická charakteristika příslušného povodí. Mimo stanic ČHMÚ jsou prezentována i data z vlastního měření v Brněnci a z terénních výzkumů prováděných v okolí Brněnce, oblasti severně a severozápadně od Jevíčka, okolí Olešnice a vybraných míst na severozápadě Českomoravské vrchoviny a stanoveny parametry těchto lokalit.

Ve třetí části práce se nachází analýza závislosti zjištěných údajů o diferencích v teplotních poměrech mezi lokalitami na sklonu údolního dna. Na závěr byl výzkum vyhodnocen.

Výzkum mrazových kotlin u nás je nerozlučně spojen se jménem pana Antonína Vojvodíka. P. Vojvodík se již několik desetiletí věnuje výzkumu v šumavských mrazových kotlinách (Karas a kol., 2007). Jeho zásluhou i zásluhou dalších nadšenců dnes funguje řada automatických stanic nejen na Šumavě, ale i v Krušných a v Jizerských horách. V roce 2014 byla zprovozněna nová údolní stanice Velké Chvojno (severozápadní Čechy) v n. v. pod 400 m. n. m.

# 1 Teoretický úvod

## 1.1 Radiační a tepelná bilance zemského povrchu

Teplota nad zemským povrchem se neustále mění. Změny teploty můžeme rozdělit na ty, způsobené výměnou vzduchové hmoty (advekce) a ty, které jsou podmíněny lokálními radiačními a termodynamickými procesy. Údolní inverze mohou vznikat pouze za slabého větru, a proto se advektivním procesům nebudeme věnovat.

Uvnitř vzduchové hmoty mají největší vliv na změny teploty radiační a tepelná bilance povrchu a jednotlivých vzduchových vrstev spolu s gravitačně podmíněným prouděním – svahovými a údolními větry.

Tepelná bilance zemského povrchu byla popsána například v (Kopáček a Bednář, 2005) a (Kobzová, 1998). Základní rovnice tepelné bilance zemského povrchu ve dne a v noci je v (Kopáček a Bednář, 2005) popsána takto:

$$B_d = S - S_A - E^* - P - V - L, \quad (1)$$

kde  $S$  je globální sluneční záření (součet přímého a rozptýleného záření),  $S_A$  je odražené záření, které závisí na albedu povrchu), tepelný tok  $E^*$  vyjadřuje efektivní vyzařování (vyzařování povrchu – zpětné záření atmosféry),  $P$  je tepelný tok do půdy,  $V$  vyjadřuje tok tepla do atmosféry a  $L$  symbolizuje latentní teplo, uvolněné při skupenských přeměnách, během den se uplatňuje jako výpar, případně tání sněhu.

Tepelná bilance zemského povrchu v noci, kdy chybí sluneční záření, může být vyjádřena takto:

$$B_n = -E^* + P + V + L, \quad (2)$$

kde značky odpovídají stejným tepelným tokům jako ve dne. Tepelnou bilanci můžeme uvažovat i u povrchu s nulovou tloušťkou, kde se potom součet všech složek bilance rovná nule. V tomto případě můžeme převést radiační složku na druhou stranu rovnice. Upravenou rovnici můžeme interpretovat takto: celková radiační bilance „očistěná“ o skupenské teplo se kompenzuje toky tepla ze vzduchu a z půdy.

Pokud je tepelná bilance povrchu kladná, teplota půdy se zvyšuje, v opačném případě klesá (Kopáček a Bednář, 2005). Tepelný tok se měří ve  $W.m^{-2}$ . Charakteristické hodnoty tepelné bilance kolísají od jednotek po stovky  $W.m^{-2}$ , vyšších absolutních hodnot dosahují při počasí s malou oblačností. Sluneční záření na povrchu dosahuje ve střední Evropě v období letního slunovratu hodnot kolem 800 až 1000  $W.m^{-2}$  při jasné obloze v poledních hodinách, v zimě za stejných podmínek asi 300  $W.m^{-2}$ , (ČHMÚ a UP, 2007). Denní i roční chod slunečního záření lze nalézt například v téže publikaci. Efektivní vyzařování v noci dosahuje podle měření ČHMÚ (na snímcích z webkamer [22]) za (předpokládané) jasné oblohy nebo malé oblačnosti hodnot cca 40 až 90  $W.m^{-2}$ .

Podrobněji je problematika  $E_a^*$  rozebrána v (Fleagle, 1950). Zmíněná práce se zabývá mimo jiné vlivem překážek na efektivní vyzařování. Pro výpočet efektivního vyzařování existuje řada empirických vzorců. Obecně je podle MSVT [19] můžeme vyjádřit jako:

$$E = E_0 (1 - c_1 n_1 - c_2 n_2 - c_3 n_3), \quad (3)$$

kde  $E_0$  je vyzařování při jasné obloze,  $n_i$  je relativní pokrytí oblohy oblačností různých pater a  $c_i$  jsou empirické konstanty.

Latentní teplo nejvíce ovlivňuje tepelnou bilanci v létě a pozdě na jaře ve dne. Na odpaření 1 mm vody se využije 4,2 MJ tepla, to představuje, snížení tepelné bilance asi o 80  $W.m^{-2}$  (během 15 hodin). Skutečný výpar může být ještě několikrát větší a výrazně tak ovlivnit teplotu vzduchu. Latentní teplo kondenzace je oproti výparu relativně malé.

Na tepelnou bilanci povrchu má velký vliv výskyt a vlastnosti sněhové pokrývky. Sníh má velké albedo a malou tepelnou vodivost a díky tomu je teplota nad jeho povrchem nižší než nad holou půdou. Při jeho tání se velké množství tepla využije na fázovou změnu vody. Při vysokých kladných teplotách však tající sníh ( $T=0^\circ C$ ) vyzařuje do kosmu méně tepla než teplejší půda (prezentace o sněhu, neznámý autor).

## 1.2 Přenos tepla mezi zemským povrchem a atmosférou

Kopáček a Bednář (2005) uvádějí pět pochodů přenosu tepla z povrchu do atmosféry

- a) molekulární vodivost
- b) konvekce, včetně termické turbulence

c) dynamická, respektive mechanická turbulence

d) radiační přenos

e) tok latentního tepla (vodní pára při kondenzaci v atmosféře uvolňuje teplo)

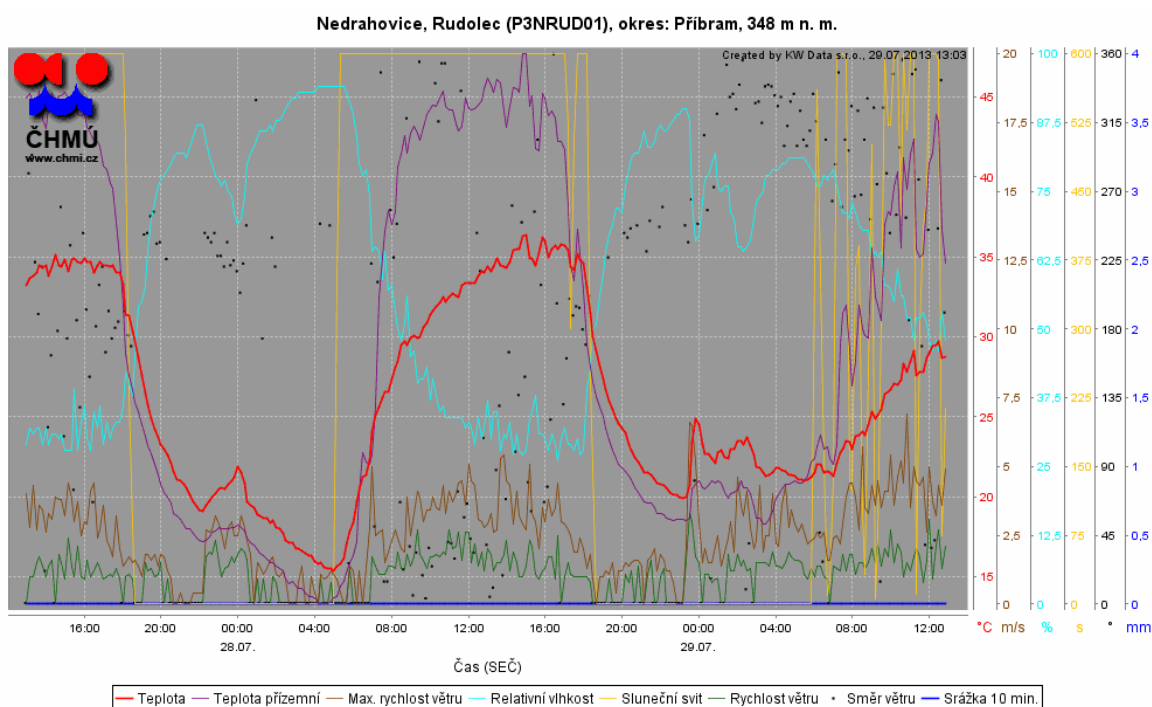
Toky a) až d) lze vyjádřit pomocí souhrnného výrazu:

$$Q = -K(\delta T / \delta z), \quad (4)$$

kde K je koeficient úměrnosti, který u každého způsobu přenosu nabývá rozdílného fyzikálního významu a  $\delta T / \delta z$  je vertikální teplotní gradient. Porovnáním koeficientů získávají přibližný poměr intenzit jednotlivých typů přenosů. Radiační přenos tepla je asi 6000 krát a přenos konvekci a turbulencí asi 500 000 krát větší než přenos vedením. V noci však díky slábnutí větru nabývá většího významu radiační přenos.

## 1.3 Vývoj teploty během noci

Na grafu z automatické stanice ČHMÚ si můžeme ukázat, jak jednotlivé tepelné toky ovlivňují rychlost poklesu teploty během noci.



Graf č. 1: průběh teploty na stanici Nedrahovice – Rudolec (červenec 2013).

Na grafu ze stanice Rudolec je zobrazen průběh několika meteorologických veličin ve dnech 27. 7. – 29. 7. 2013. Tyto dny nebyly kvůli narušení průběhu poklesu zařazeny do výzkumu. Odpoledne 27. 7. se teplota ve 2 m (červená čára) pohybovala kolem 34,5°C. V odpoledních hodinách už příkon slunečního záření slábne a je kompenzován intenzivním vedením tepla do půdy a do vyšších vrstev atmosféry,

výparem a vysokým efektivním vyzařováním. Kolem 19 hodin středoevropského letního času (SELČ) (tj. necelé 2 hodiny před západem Slunce) začala teplota velmi rychle klesat. Slabé sluneční záření již nedokáže kompenzovat vysoký odvod tepla do půdy a vyšších vrstev atmosféry. Ještě rychlejší pokles než ve standardní výšce 2 m můžeme pozorovat u přízemní teploty ve výšce 5 cm. Postupně sluneční záření vymizí, ale s poklesem teploty v přízemních vrstvách slábne odvod tepla do půdy a vyšších vrstev atmosféry a poměrně rychle oba toky mění směr (lze nalézt v Fleagle, 1950) a do přízemních vrstev vzduchu je přiváděno teplo, které zpomaluje rychlost ochlazování. U této údolní stanice se při slabém větru uplatňuje i stékání studeného vzduchu do údolí.

Kolem 23:15 SELČ zesílil vítr, a i když dosáhl i v nárazech rychlosti jen asi 3 m.s<sup>-1</sup>, způsobilo promíchání studeného vzduchu na dně údolí s teplejším výše ležícím vzduchem vzestup teploty o několik stupňů. Po 1:00 SELČ vítr zeslábl a teplota znovu začala klesat. Tento pokles byl kvůli výraznějšímu přívodu tepla z půdy a vyšších vrstev vzduchu mnohem pomalejší než pokles v době před západem Slunce.

Potenciálně nejnižší teplotě, jakou může vzduch v přízemní vrstvě dosáhnout, se věnoval Robert G. Fleagle v [7]. Zde zmiňme jen několik poznatků z jeho práce:

- Teplota nulové bilance záření na zemském povrchu v noci:

$$T' \approx 0,9 T_a, \quad (5)$$

kde  $T_a$  je maximální průměrná teplota vrstvy vzduchu o dostatečné tloušťce k absorpci záření – většinou do 1 km

- Rovnice radiační bilance povrchu s překážkami:

$$R = r\sigma T_1^4 - (1-r)\Gamma\sigma T_a^4, \quad (6)$$

kde  $r$  je prostorová plocha překážek,  $T_1$  teplota odpovídající průměrnému záření překážek,  $\Gamma$  „emisivita“ atmosféry,  $\sigma$  Stefan-Boltzmannova konstanta.

## 1.4 Údolní cirkulace a geomorfologicky determinované rozdíly v poli potenciální teploty

Meteorologický slovník výkladový a terminologický [19] popisuje mrazovou kotlinu jako: „konkávní (dutý) útvar reliéfu, obvykle kotlina nebo úzké údolí, v němž se mrazy vyskytují častěji než v okolí a mají větší intenzitu. Jsou podmíněny především menší ventilací (provětráváním) a nahromaděním studeného vzduchu. Kotlina

mrazová se může vytvořit i za umělými překážkami, např. za železničním náspem, který brání odtékání studeného vzduchu do nižších poloh.“

Kromě definice mrazové kotliny zmiňuje Slovník [19] i pojmy jezero a blána studeného vzduchu. Jako jezero studeného vzduchu je označována studená vzduchová hmota, která v důsledku svahového proudění, menší ventilace a oslunění vzniká v údolních polohách.

Blána studeného vzduchu se většinou tvoří při zimních anticyklonálních situacích. Je to tenká vrstva studeného vzduchu, která se udržuje nad zemí a neúčastní se všeobecné cirkulace. Druhou možností vzniku blány studeného vzduchu je nahromadění studeného vzduchu v údolí.

Kvalitativní popis údolní cirkulace je uveden v (Řezáčová a kol., 2007) v kapitole o tvorbě údolní mlhy. Radiační ochlazování zemského povrchu vede ke svahovému větru (v anglicky psané literatuře se označuje jako slope nebo downslope wind), který způsobuje hromadění studeného vzduchu v dolní části údolí. Svahový vítr je kompenzován výstupným prouděním ve středu údolí. Několik hodin po západu Slunce se objevuje horský vítr (down-valley wind), který nakonec ovládne celé údolí a proudění po svahu mizí. V údolí vzniká inverze teploty a vlhkosti vzduchu (příčinou vzniku inverze vlhkosti je tvorba rosy na zemském povrchu.

Údolní cirkulace a rozložení teploty v údolí byly zkoumány jak teoreticky a modelově, tak i terénními výzkumy. Řada výzkumů byla prováděna v hornatých oblastech na západě Spojených států nebo o něco východněji, v Kansasu. Geomorfologické a klimatické podmínky této oblasti se výrazně odlišují od podmínek v českých údolích a mrazových kotlinách, což může mít vliv na přenositelnost výsledků na poměry malých a relativně mělkých středoevropských údolí. Jak uvádí (Anquentin et. al, 1998) řada prací se zabývá podmínkami v širokých údolích, ale málo bylo zjištěno o podmínkách v úzkých údolích.

Vznik svahového proudění byl diskutován například v (Lemone, et al., 2003). Podmínky vhodné pro svahové proudění jsou dány Freundovým číslem, které nám říká, zda je vzduch nad povrchem schopný překonat stabilní zvrstvení a proudit dolů. Froudeovo číslo lze definovat několika způsoby, například:

$$Fr = S/(Nh), \quad (7)$$

kde Fr je Froudeovo číslo, S je průměrná rychlost větru po výšce kopce h a N je Brunt-Väisäläova frekvence daná vztahem:

$$N \equiv [(g/\Theta_v)(\delta\Theta_v/\delta z)]^{1/2}, \quad (8)$$

kde  $\Theta_v$  je virtuální potenciální teplota a  $g$  je tíhové zrychlení. Hraniční hodnota oddělující situace se svahovým prouděním od situací kdy všeobecné proudění v atmosféře zasahuje až k zemi, je  $Fr = 3,0-3,3$  nebo  $\ln Fr = 1,0-1,1$ . V dřívějších studiích (Mason, 1987) pro případy, kdy je směr větru do  $30^\circ$  od normály údolí, a (Holdon, et al. 2000), který nahradil rychlost  $S$  větrem kolmým k terénu („wind normal to the terrain“, obtížný překlad), získali hodnotu  $Fr > 2$  pro situace bez svahového proudění. Sklon terénu v těchto dvou studiích byl téměř o dva řády větší než v práci (Lemone, et al., 2003).

Po odebrání dvou extrémních hodnot byla v (Lemone, et al., 2003) zjištěna velmi dobrá závislost přirozeného logaritmu  $Fr$  a  $\Theta_{ze}$ , ve vybraných časech v závěru noci byla odvozen tento vztah:

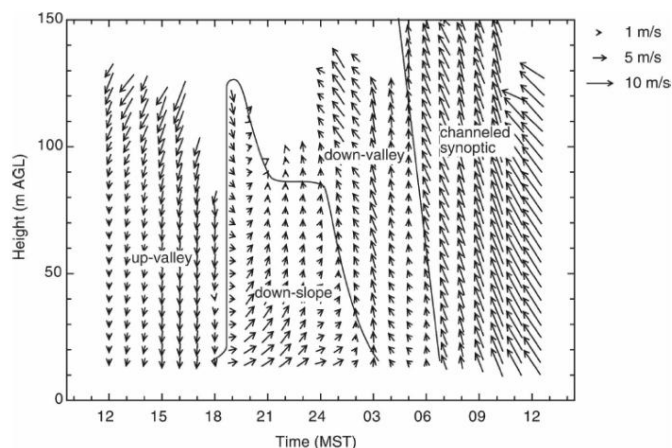
$$\Theta_{ze} = 32,0 - 26,0 \ln Fr, \quad (9)$$

kde  $\Theta_{ze} = \delta\Theta_{2m}/\delta z_e$ , tedy vertikální gradient potenciální teploty ve 2 m nad zemí.

Rychlosti anabatického a katabatického větru kolísají od 0,5 (slabý anabatický vítr) do 10 m.s<sup>-1</sup> na dlouhých sněhem nebo ledem pokrytých svazích. Ve středních zeměpisných šířkách je vertikální rozsah katabatického větru 5-30 m. (Catalano a Cenedese, 2010).

Vlivu sklonu údolního dna na údolní proudění se věnovala řada autorů, například (Gleeson, 1950), podle kterého údolní vítr-zřejmě jeho rychlost-závisí na sklonu údolního dna. Tento faktor je uvažován i v této práci.

Problematikou proudění v údolích se komplexněji zabývali Whiteman a Zhong (2008). Zkoumali proudění na západní straně Salt Lake Valley (svah  $1,6^\circ$ ). Svahové proudění dosahovalo výšky až 100-150 m a maximální rychlosti 5-6 m.s<sup>-1</sup>. Vyvíjí se poměrně jednotně nad celým svahem, ne jako náhlý puls. Brzy večer zesiluje inverze i svahové proudění. Později svahové proudění (SP) slábne s tím, jak zesiluje horský vítr a inverze teploty vzduchu. Pole proudění v údolích je zobrazeno na obr. 1.



Obr. 1: Pole proudění v údolích v závislosti na výšce a času podle Whiteman a Zhong (2008)

Ve druhé části práce Whiteman a Zhong (2008) modelovali údolní cirkulaci pomocí Regional Atmospheric Modeling System (RAMS). Výsledky ukazují, že i při malém sklonu svahu  $1,6^\circ$  je vztlková síla (buoyancy) schopna vytvořit neobvykle silné SP.

Též byla potvrzena domněnka, že proudění vzniká zejména lokálně díky teplotnímu gradientu. Příspěvek horizontální advekce je velmi malý. Na izolovaném svahu síla tlakového gradientu vyvyžuje vztlkovou sílu zejména v horní části proudu. Na svahu v údolí se síla tlakového gradientu vzájemně ovlivňuje s údolní inverzí, což přerušuje tok a sílící inverze jej může významně zpomalit. Max. rychlost SP závisí na stabilitě okolní atmosféry, stabilnější podmínky rychlost proudění snižují. Se zesílením horského větru se snižuje max. rychlost SP a roste jeho výška. SP je silnější na mírnějším svahu než na prudším, zejména díky silnější vztlkové síle a slabší síle tlakového gradientu než nad mírným svahem.

Z rozboru sil vyplývá že vztlak. síla (závisí na sklonu svahu a pravděpodobně síle inverze) je nad svahem je dostatečně silná k překonání ostatních sil a vytvoření a udržení SP (dodává proudícímu vzduhu zrychlení).

Proti pohybu působí turbulentní difuze (promíchává proudící vzduch se vzduchem s nižší hybností nad ním). Záporná hodnota advekce potvrzuje domněnku, že proudění vzniká spíše lokálně. Pohyb zpomaluje i síla tlakového gradientu. Advekční složka je největší ve výšce cca 20 m, vztlková a difúzní u země, síla tlakového gradientu se s výškou příliš nemění. Autoři též poznamenali, že svahové proudění při stabilním zvrstvení představuje teplou advekci, protože při pohybu dolů vzduch zvyšuje svou potenciální teplotu. Též je zde analyzováno zeslabnění SP v údolí oproti volnému svahu.

Rozložení potenciální teploty v údolí během celého dne je modelováno v práci (Anquetin et al., 1998). Důraz je kladen na rozdíl mezi východní a západní stranou údolí. Starší práce (Garrett (1983) and Heilman and Dobosy (1985)) zmíněné v této studii naznačují velkou citlivost katabatického proudění k mnoha faktorům a skutečnost, že jeho vývoj může být výrazně ovlivněn i mírnou změnou jednoho či více z nich. Tyto předpoklady je však podle autorů třeba ověřit pomocí 3D modely a terénními výzkumy.

Modelování probíhalo v idealizovaném údolí. Simulace byla provedena v 48 h periodách v létě a v zimě. Údolí je 1260 m hluboké a na dně 3000 m široké a leží na  $45^\circ$ s.š. Ráno je v údolí výrazná inverze potenciální teploty a slabý vítr do  $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , u dna zřejmě mnohem méně. Dopoledne se začíná tvořit anabatický vítr na osluněném západním svahu a vytváří se dva protichůdné víry, přičemž ten na západní straně je



výraznější. Odpoledne se nad okolním plató rozpadá inverze, ve vyšších vrstvách údolí zůstává stabilní vrstva, i přesto je ve spodní části údolí dobré promíchávání vzduchu. Večer vírová aktivita slábne. V noci proudí vzduch dolů po svahu a dochází k celkovému slábnutí proudění. V horní části údolí tak může setrvávat inverzní vrstva i řadu dní, pod ní se může během dne rozvíjet konvekce.

Velmi zajímavou teorii představili (Thomas B. McKee a Robert D. O'Neal, 1989). Rychlost horských větrů v coloradských údolích se pohybuje od hodnot blízkých nule k 8-10 m.s<sup>-2</sup>. V této studii byla představena metoda oddělující údolí s výrazným horským větrem a údolí ve kterých se tvoří maximálně slabý katabatický vítr.

Autoři pro lokální časový gradient teploty odvodili vztah:

$$\frac{\partial T}{\partial t} \approx \frac{1}{\rho c_p} [R_T - LE + G] \left( \frac{W}{A} \right). \quad (10)$$

kde  $1/\rho c_p$  je převrácená hodnota měrné tepelné kapacity, levá závorka představuje míru odebrání tepla ze vzduchu (sensible heat flux) a poslední člen je poměr šířky údolí a plochy jeho průřezu. Dalším parametrem je hloubka údolí  $D$ .  $W/A$  se může vyjádřit jako poměr  $x/D$ , kde  $x=1$  pro údolí s obdélníkovým průřezem a  $x=2$  pro údolí s trojúhelníkovým průřezem. Čím vyšší je  $x$ , tím je menší objem vzduchu v daném úseku údolí. Při stejné ploše horní hranice údolí se v údolí s vyšším  $x$  ochlazuje menší objem vzduchu a pokles teploty v takovém údolí je rychlejší.

Pokud je teplo konvektivně odváděno ze vzduchu do půdy, tak má derivace tlaku podle  $x$  stejné znaménko jako derivace parametru  $W/A$  s  $x$ . Podle znaménka  $W/A$  tak údolní geometrie může udržovat SP nebo naopak bránit jeho vzniku.

Tato teorie byla potvrzena v několika coloradských údolích. Údolí Brush Creeku vykazuje pokles  $W/A$  po proudu toku. Díky tomu vzniká v údolí teplotní a následně tlakový gradient, který řídí horský vítr v Brush Creeku (typ draining valley). V údolích Gore Creeku a Yampa River dochází k nárůstu hodnoty  $W/A$  ve směru toku. Tento typ údolí brání vzniku horského větru a vzduch v údolí se rychleji ochlazuje (typ pooling valley).

Potenciální teplota ve 2 m v povodí řeky Walnut (JV od Wichita, Kansas) při  $\Theta_{ze}$  nad 40 K km<sup>-1</sup> roste téměř lineárně s výškou. Taktéž byla zjištěna dobrá závislost  $\Theta_{ze}$  k vertikálnímu teplotnímu gradientu  $\Theta_z$  v noční hraniční vrstvě (nocturnal boundary layer) (Lemone, et al., 2003).

## 2 Metodika

### 2.1 Zpracování dat ČHMÚ

Data ČHMÚ byla získána z grafů (aktuální grafy dostupné na webu ústavu na adrese [10] <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/KW/Captor/index.html>) zobrazujících průběh meteorologických prvků na stanici za posledních 48 hodin. V závislosti na typu stanice obsahují údaje o teplotě a relativní vlhkosti vzduchu, přízemní teplotě, větru, atmosférickém tlaku, slunečním záření a srážkách. V této práci jsou analyzovány jen údaje o teplotě vzduchu měřené ve standardní výšce 2 m nad povrchem. Grafy uložené v archivu autora byly rozříděny podle stanic a byly odděleny grafy mimo zkoumané období. Grafy, které splňovaly kalendářní podmínky, byly podle následujících kritérií rozděleny a vybrané dny zařazeny do výzkumu.

Podmínky pro zařazení grafů do výzkumu:

- minimum teploty nesmí být dříve než 1 h místního času před východem Slunce
- zahájení výraznějšího poklesu nesmí být déle než 1 h po západu Slunce
- průběh poklesu teploty by neměl být lineární
- průběh grafu může být drobně narušen větrem nebo jiným vlivem
- stagnace nebo přibližná stagnace se posuzuje individuálně
- vylučují se grafy s výrazným nebo opakovaným méně výrazným narušením průběhu poklesu – mimo grafů, kde kolísání přibližně kopíruje standardní křivku poklesu
- vylučují se grafy se srážkami v poklesové části grafu
- vylučují se dny s odpoledním poklesem větším než 5°C
- výskyt mlhy se zanedbává
- vylučují se grafy se standardním průběhem, ale zřetelně malým poklesem – například při relativně stálém větru.
- při rozdělování grafů se uplatňuje i subjektivní prvek a srovnávání s jinými grafy
- několik sporných grafů nebylo zařazeno do výzkumu, ani definitivně vyřazeno

Celkem bylo vybráno 299 jednotlivých dnů ze 13 stanic, u kterých byla provedena determinace hodnot. Určovalo se denní maximum, minimum a čas východu Slunce.

Hodnoty z grafů byly získány pixelovou metodou – ve vhodném programu (zde použito Malování od Microsoftu) se změří počet pixelů mezi dvěma hodnotami vymezujícími základní interval (obvykle po 5°C, vzácněji 10°C, 2,5°C ve vybraných

grafech pravděpodobně vůbec) – tak, aby byla zahrnuta jedna krajní hodnota ze dvou krajních hodnot, vymežujících základní interval. Potom se určí, o kolik pixelů se liší minimum či maximum od nejbližšího násobku základního intervalu (u maxim nižšího, u minim vyššího). Samotný výpočet hodnoty byl proveden takto:

$$T_{\max} = N \cdot i + (p_{\max} / \pi) \cdot i \quad (11)$$

$$T_{\min} = N \cdot i - (p_{\min} / \pi) \cdot i, \quad (12)$$

kde  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$  jsou maximální a minimální teplota,  $N \cdot i$  nejbližší vyšší (min.) či nižší (max.) násobek základního intervalu,  $p_{\min}$  a  $p_{\max}$  vzdálenost hodnoty od nejbližšího vyššího (min.) či nižšího (max.) násobku základního intervalu,  $\pi$  velikost základního intervalu pro min. a max. v pixelech a  $i$  velikost základního intervalu ve stupních Celsia.

Podobným způsobem byl zjištěn i čas východu Slunce, jako základní interval byl použit rozdíl mezi dvěma označenými časy (2–4 h). Hodnoty z grafů byly odečítány jako odchylka od 4:00 SEČ, případně 6:00 SEČ. Pro kontrolu byl celý proces prováděn dvakrát.

## 2.2 Metodika – Brněnec a okolí

Minimální teploty v Brněnci a ve výzkumných lokalitách v širší oblasti česko-moravského pomezí byly měřeny různými typy digitálních teploměrů s funkcí ukládání max. a min. teplot. Minimální teploty poté byly přepočteny na hlavní stabilně umístěný teploměr v místě Brněnec-smrk. Tato stanice označovaná i jako Brněnec byla použita jako referenční stanice při zpracování dat.

Celkem bylo při výzkumu použito 10 teploměrů, z toho bylo 7 jednoduchých digitálních teploměrů s ukládáním max. a min. teplot. Tyto teploměry byly označeny jako DT1 (DT) až DT7 (DT=drátový teploměr) a jejich displejová část byla umístěna do ochranné krabičky, v srpnu 2014 byla použita vylepšená verze s plastovým krytem. DT (1) byl pořízen výrazně dříve než ostatní DT, jedná se však zřejmě o stejný typ. Výrobce přístroje není znám, teploměr lze nalézt například na [tipa.eu](http://tipa.eu).

Dále byly použity dva teploměry značky Bravo, a to B-5053 (bezdrátový digitální maximo-minimální teploměr), jehož data se používají i pro klimatologická měření v Brněnci. Tento přístroj je trvale umístěn ve smrku mezi bytovým domem č. 50 a sokolovnou v Brněnci. Data ze všech ostatních teploměrů byla přepočítávána na tento přístroj. Druhý teploměr od stejného výrobce je typ B-5039 (digitální bezdrátový maximo-minimální teploměr a vlhkoměr). B-5039 měří od roku 2014 včetně na lokalitě Brněnec-louka (někdy označována jako Louka).

Posledním teploměrem je bezdrátová meteorologická stanice označovaná jako DBČ (=digitální bezdrátové čidlo). Tato stanice byla využita k výzkumům mimo Brněnec jen minimálně, avšak několik měsíců v průběhu roku 2013 sloužila jako hlavní max. – min. teploměr v Brněnci (zřejmě i některá termínová měření) a později v lokalitě Brněnec-louka.

Při vzájemných srovnávacích měřeních ve smrku byly zjištěny průměrné odchylky jednotlivých teploměrů od B-5053 a podle nich upraveny přímo naměřené hodnoty. Průměrné hodnoty zobrazuje Tab. 1

	Běžné hodnoty									
Přístroj	DB MAX	DB MIN	B-5039	DT1	DT2	DT3	DT4	DT5	DT6	DT7
Prům. rozdíl od B-5053	-0,55	-0,24	-0,08	0,56	0,31	0,47	0,36	0,41	0,44	0,29
Prům. odchylka stat. souboru	0,22	0,12	0,08	0,18	0,18	0,22	0,19	0,24	0,14	0,23
Maximum	-0,2	0,0	0,3	1,1	0,7	0,9	0,6	1,0	0,7	0,7
Minimum	-1,1	-0,4	-0,2	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	0,0	-0,2
Počet hodnot	6	7	21	16	13	13	10	12	14	12
	Specifické hodnoty									
Přístroj	DB MAX	DB	B-5039	DT1	DT2	DT3	DT4	DT5	DT6	DT7
Prům. rozdíl od B-5053	-	-	-	0,77	0,75	0,77	0,80	0,80	0,78	0,73
Prům. odchylka stat. souboru	-	-	-	0,11	0,15	0,11	0,00	0,00	0,09	0,09
Maximum	-	-	-	0,0	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Minimum	-	-	-	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,6	0,6
Počet hodnot	-	-	-	3	2	3	1	1	4	3

Tab. 1: Průměrné odchylky a statistická charakteristika vlastností přístrojů

Specifické hodnoty teploty souvisí s neobvyklým časovým vývojem minimální teploty u teploměrů DT. Popis tohoto vývoje není pro téma práce důležitý.

Měření v lokalitě Brněnec-smrk probíhá kontinuálně, v Brněnci-louce je od roku 2014 je trvale umístěna stanice B-5039, na které měření probíhají ve vybraných dnech, předtím měření probíhala jako na jiných výzkumných místech, ale mnohem častěji.

V roce 2013 byly teploměry instalovány na keř na jižní straně louky, další rok byla stanice umístěna několik desítek metrů severněji na volné prostranství.

Měření mimo Brněnec byla prováděna formou výzkumných výprav. Byla vybrána jedna nebo více údolních lokalit, ve kterých byly instalovány měřicí přístroje. Přístroje byly umístěny na dně údolí nebo v jeho blízkosti. Při výběru konkrétního místa bylo nutné přihlídnout k možnostem lokality (zástavba, oplocené plochy, nemožnost instalace,...) Teploměry byly umisťovány na vhodné stromy nebo keře. Při instalaci i při kontrole byla odhadována výška čidla nad zemí (rozdíl od součtu výšky člověka a šířky roztažené dlaně, na louce i měření metrem, je možné i použití jiných metod).

Instalační i kontrolní výšky čidel leží většinou v intervalu 195-205 cm, několik hodnot (do 10 %) je v intervalu asi 180-210 cm – platí i pro lokalitu Brněnec-louka. Nejsou však k dispozici všechny potřebné údaje o výšce i u dostupných je třeba počítat s přiměřenou mírou nejistoty. V roce 2014 bylo čidlo na louce ve výšce asi 211 cm.

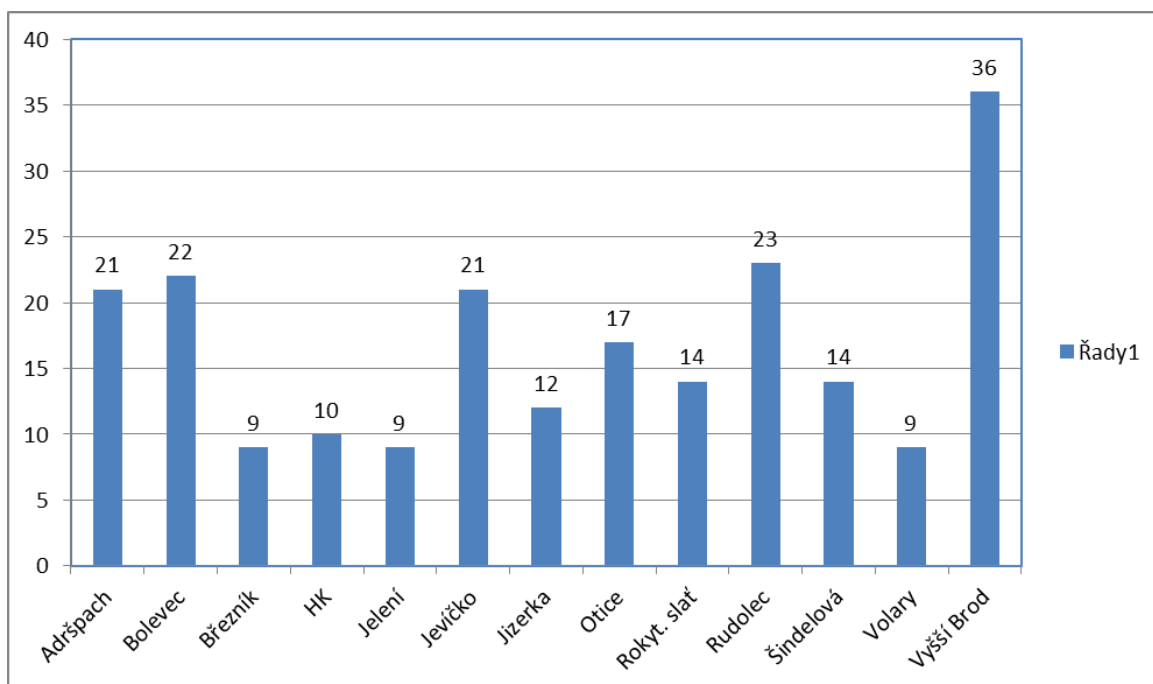
Měření probíhala při vhodných podmínkách pro tvorbu údolních inverzí, i když různé lokální vlivy, např. vítr, nebo i prostorově rozsáhlejší oblačnost, mohly výsledky měření ovlivnit. Na rozdíl od grafů ČHMÚ, kde je vidět vývoj teploty a na řadě stanic i větru a srážek, je obtížné tyto vlivy odhalit a kvantifikovat. V několika případech byly přístroje instalovány pouze na jedno měření, obvykle však byly kvůli získání většího množství dat ponechány na místě po několik dalších nocí.

## 2.3 Metodika – zpracování dat

Data získaná z grafů a terénních měření byla zpracována v programu Microsoft Excel Starter 2010. Podmínky, ve kterých se tvoří údolní inverze, se v různých dnech liší (rozdílná teplota při zemi i ve výšce, vlhkost vzduchu, stav půdy, rychlost větru,...), nebylo proto možné porovnávat všechny hodnoty odvozené z grafů. Kdybychom použili neupravené údaje z jiných dnů, získáme spíš rozdíly mezi dny než mezi stanicemi. Při vlnách veder (červen 2014) bývají v suchém vzduchu mnohem větší amplitudy (tedy i poklesy) teploty než v chladném, původem oceánickém, vzduchu (srpen 2014).

Proto byla vybrána referenční stanice, na kterou byla data z ostatních stanic navázána, protože takto získané relativní hodnoty jsou už vzájemně lépe porovnatelné, i když byly získané v různých dnech.

Na základě výpočtu, kolik měření a ze kterých stanic by mohlo být použito pro další zpracování, byla jako referenční vybrána stanice Vyšší Brod. Výběr této stanice umožnil zařadit k dalšímu zpracování celkem 217 z 299 (nejvíce ze všech stanic) údajů ze stanic ČHMÚ. Z této stanice je z výše uvedeného počtu 36 údajů, z ostatních stanic ČHMÚ 181 údajů (Bolevec 182). K výběru stanice přispěl i nejvyšší minimální počet hodnot z ostatních stanic, které bylo možné porovnat s referenční stanicí (Jelení a Volary 9), u dalších stanic to bylo vždy 6 a méně. Dalším faktorem je poměrně stabilní průběh teploty na této stanici (relativně „hladké“ grafy). Na grafu č. 2 je vidět, kolik údajů bylo porovnáváno se stanicí Vyšší brod.



Graf č. 2: Počet hodnot zařazených do další analýzy z jednotlivých stanic.  
HK=Horská Kvilda.

Data z vlastních výzkumů byla vztažena nejprve ke stanici Brněnec, ze které jsou pro všechny dny, ve kterých byly konány výzkumy, k dispozici data. Díky tomu je možné zahrnout do výzkumu i údaje ze dnů, ze kterých nejsou data ze stanice Vyšší brod dostupná. Potom byla přepočítána na stanici Vyšší Brod nebo posuzována zvlášť. Stanice Brněnec nebyla použita jako referenční pro stanice ČHMÚ protože se používá jiné přístrojové vybavení a kvalita měření nedosahuje úrovně dat ČHMÚ.

K porovnání stanic byly použity dvě metody. První z nich je tzv. relativní míra poklesu. U každé stanice byl ve dnech, ve kterých jsou k dispozici údaje z referenční stanice, určen rozdíl maxima předcházejícího dne a minima zkoumaného dne, tedy absolutní míra poklesu. Tato absolutní míra poklesu se vydělí mírou poklesu na referenční stanici a získáme relativní míru poklesu (RMP). U každé stanice byl takto získán určitý počet hodnot RMP (viz graf č. 2). Tyto hodnoty byly následně statisticky zpracovány.

Data z terénních výzkumů byla nejprve upravena do podoby vhodné pro zpracování. Denní maxima, která nebyla přímo měřena, byla vypočítána z maxim na stanici Brněnec. Rozdíl nadmořské výšky konkrétní lokality a Brněnce byl vynásoben průměrným vertikálním gradientem maximální teploty na jihočeských a západočeských stanicích ( $0,0087 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{m}^{-1}$ ,  $R^2 = 0,9659$ ). U lokality Brněnec-louka byla použita – vzhledem k rozdílu nadmořské výšky jen několik metrů – maxima ze stanice Brněnec. Minimální teploty byly upraveny na teploměr B-5053. Vypočítané hodnoty absolutní míry poklesu byly vyděleny absolutní mírou poklesu v Brněnci a pomocí

průměrné RMP pro Brněnec přepočítány na RMP vzhledem k Vyššímu Brodu. U louky byl použit trochu jiný postup se stejným výsledkem.

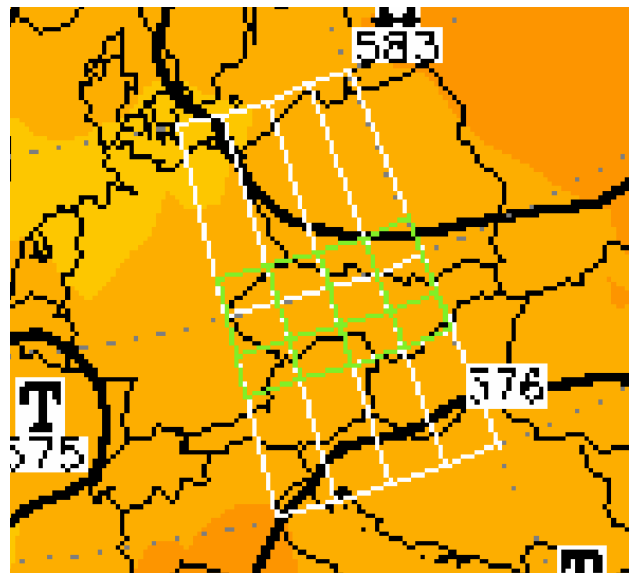
Metoda RMP dokáže do určité míry eliminovat vliv různých dnů měření na různých stanicích na výsledky měření. Hlavní nedostatek této metody je, že nezohledňuje rozdílný stav atmosféry mezi vzdálenějšími stanicemi. Na stanicích vzdálených od sebe stovky kilometrů jsou tak vlastně podobně rozdílné podmínky jako na jedné stanici v různé dny. V hladině 850 hPa bylo na stanici Březník (Šumava) v průměru (opět hodnoty vztaženy k Vyššímu Brodu a porovnáván průměr těchto relativních hodnot) o 3,0°C tepleji než na stanici Otice (Opavsko)

Druhá metoda porovnává stav atmosféry nad stanicí, případně jejím blízkým okolím s minimální teplotou naměřenou na stanici. Data z vyšších hladin byla získána z map dostupných v[9]: <http://www1.wetter3.de/Archiv/>. Pro tuto analýzu byly použity mapy hladiny 850 hPa (teplota a geopotenciální výška) nad střední Evropou a hladiny 500 hPa (teplota a geopotenciální výška) nad celou Evropou.

Nejdříve byla odvozena poloha stanic na obrysových mapách výškových hladin. Blízké stanice byly sjednoceny do jednoho bodu – například stanice v povodí Hodonínky, Útěchova, nikoliv však šumavské stanice, které jsou od sebe vzdálenější. Poloha stanic na mapách hladiny 850 hPa byla určena pomocí map se zobrazeným umístěním stanice (zdroj map [18]: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)). Vzhledem k tomu, že obrys ČR je na mapě hladiny 850 hPa mírně pootočený, byla poloha stanic určena pomocí spojnice určitých pixelů na západě Ašského výběžku a blízko česko-slovensko-polského trojmezí (zde mohlo dojít k mírným posunům mezi jednotlivými mapami. Tato spojnice byla změřena a byl určen úhel, který svírá s rovinou obrázku (v programu ImageJ). Na mapě s polohou stanice byla vztyčena kolmice ke spojnici, která prochází stanicí. Potom byla změřena vzdálenost mezi průsečíkem kolmice a spojnici a bodem na západním konci spojnici a délka kolmice. Tyto hodnoty byly přepočítány podle poměru délek spojnici a s pomocí přepočítané délky po spojnici a délky kolmice byl na mapě hladiny 850 hPa nalezen bod odpovídající poloze stanice, ze kterého byly odečítány hodnoty.

Na mapě hladiny 500 hPa, na kterých je zobrazena i souřadnicová síť, byly doplněny rovnoběžky (po 1°) a poledníky (po 2°) procházející ČR nebo její blízkostí, jak je vidět na obrázku č. 1. Byly určeny polohy (souřadnice pixelu) potřebných průsečíků. Pomocí známé zeměpisné šířky stanice byla vypočítána poloha dvou bodů, které leží na okrajích čtverce, ve kterém se nachází hledaná stanice a pomocí zeměpisné délky potom bod na této spojnici, který přibližně odpovídá poloze stanice.

Body, které byly takto získány, byly vyhledávány na mapách výškových hladin. Z map byly interpolovány hodnoty teploty a geopotenciální výšky v dané hladině. Celkem bylo takto určeno 1548 údajů všech typů, z nichž některé jsou duplikované (u blízkých stanic). Ze stanic ČHMÚ byly hodnoty určeny jen ve dnech, ve kterých jsou k dispozici data ze stanice Vyšší Brod. Takto určené hodnoty mohou být ovlivněny třemi druhy chyb:



Obr. č. 2: Výřez mapy hladiny 500 hPa s dokreslenými souřadnicemi

1. chyby vzniklé nepřesnostmi při odečtu hodnot z mapy, velké chyby byly analyticky odhalovány a opravovány (vyhledáním mimořádných rozdílů mezi údaji v rámci jednoho dne)
2. nehomogenity v poli veličiny menší než základní rozlišení
3. chyby vzniklé při tvorbě mapy, způsobené zejména nedostatkem údajů

Geopotenciální výška byla přepočítána na geometrickou výšku pomocí vzorce:

$$h = gph * g / 9,8,$$

kde  $h$  je geometrická výška,  $gph$  geopotenciální výška a  $g$  lokální tíhové zrychlení,

které se podle Wikipedie [23] spočítá jako:

$$h = 9,780327 * (1 + (0,00516323 * \sin(\Phi)^2) + (0,00002269 * \sin(\Phi)^4)), \quad (13)$$

Pro výškové hladiny bylo  $g$  odvozeno podle *U. S Standard Atmosphere* [25], zde se uvádí  $g = 9,804$  pro 1000 geopotenciálních metrů (gpm) a  $g = 9,788$  pro 6000 gpm. Z těchto údajů byl odvozen vertikální gradient  $g = 0,0000032 \text{ m.s}^{-2}$  na jeden metr výšky. V hladině 0 gpm je  $g = 9,807$ . Po redukci na lokální  $g$  na povrchu byly tyto údaje využity k výpočtu  $g$  pro vrstvy do 850 a 500 hPa. Pro tyto vrstvy bylo  $g$  spočítáno jako průměr  $g$  na povrchu a v úrovni vrstvy.

Z rozdílů teploty a vypočítané výšky v obou hladinách byl vypočítán průměrný vertikální teplotní gradient (VTG) mezi hladinami 850 a 500 hPa. S pomocí tohoto gradientu se vypočítá teplota na stanici, jaká by zde byla, pokud by byl VTG stejný až k povrchu. Takto získáme teplotu „očištěnou“ od vlivu různého zahřívání povrchu během dne, které ovlivňuje odpolední maximum (například na přední straně anticyklony je oblačno s kupovitou oblačností a mírným větrem a blíže ke středu



(západněji) skoro jasno a slabý vítr. Přízemní vrstvy vzduchu se tak za západněji položené stanici intenzivněji zahřívají. Maximum v přízemní vrstvě má však na minimum relativně malý vliv, na rozdíl od průměrné radiační teploty sloupce o síle méně než 1 km ve výšce několika stovek metrů (aerologická měření ČHMÚ), která určuje spolu s dalšími vlastnosti atmosféry velikost efektivního vyzařování (Fleagle,1950).

Stanice i výzkumné lokality byly porovnávány podle rozdílu teploty vypočítaného podle VTG a minimální teploty na stanici, který nazveme rozdílovou teplotou  $T_r$ . Tato metoda umožňuje porovnávat i vzdálenější stanice a za předpokladu, že se tepelné toky, ani jiné podmínky nemění s nadmořskou výškou, i stanice umístěné v různých nadmořských výškách, protože popisuje o kolik stupňů od úrovně dané VTG se vzduch v daném údolí ochladí a tento rozdíl se za jinak stejných podmínek s výškou nemění. V reálné atmosféře není tento předpoklad zcela naplněn, mění se  $E_a^*$  s výškou, parametry vlhkosti a větru, nicméně budeme pro zjednodušení předpokládat neměnnost těchto podmínek.

Stanice ČHMÚ byly opět porovnány se stanicí Vyšší Brod, protože je  $T_r$  lineárně se měnící veličinou, byl použit místo podílu rozdíl.

Výsledné průměrné odchylky  $T_r$  od referenční stanice (data ČHMÚ Vyšší Brod, výzkumy v okolí Brněnce stanice Brněnec – smrk) z lokalit s alespoň dvěma údaji byly využity k analýze vlivu sklonu údolního dna na průměrnou  $T_r$ . Výškové profily byly získány na zejména webu mapy.cz [18] pomocí automatického a manuálního odečtu nadmořské výšky v daném intervalu. Interval byl určen podle délky údolí od 150 do 1500 m, tak aby z každého údolí bylo alespoň 10 údajů o výšce údolního dna. Místo, kde se nachází stanice, bylo označeno jako 0 m. Pokud to bylo možné, byly (s 1 výjimkou) určeny i dva body po proudu, ostatní body leží proti proudu toku. U několika stanic se tok vlévá příliš brzy do většího toku (Banín, Pacovka) a v těchto případech body po proudu určovány nebyly. U dvou toků byly původně vypočítané profily lineárně přepočítány kvůli nevhodnému začátku profilu. U Pacovky se za bod 0 považuje umístění stanoviště, ačkoliv soutok Pacovky a Třebovky leží asi 10-20 m za soutokem.

Na vhodných úsecích údolí, na kterých se sklon příliš nemění nebo jen kolísá, byl vypočítán průměrný pokles a ten byl použit pro vykreslení grafu. Zpracované úseky začínají vždy buď v bodě 0 m, nebo v tom intervalu, ve kterém se nachází stanice, ležící na tomtéž toku jako jiná níže položená stanice. Experimentálně byly též vykresleny úseky začínající 2 intervaly pod stanicí (větší množství dat → menší vliv lokálních rozdílů). Zpracované úseky však byly oproti původním profilům zkrácené o tu část údolí, ve které již sklon výrazněji roste, v extrémním případě až na jeden interval.

# 3 Mrazové kotliny a údolní lokality v ČR

Všechny relativní hodnoty jsou u stanic ČHMÚ vztaženy k referenční stanici Vyšší Brod(VB), viz metodika. Všechny údaje kromě RMP jsou ve °C. Spádovost je v m.km<sup>-1</sup>. Nadmořské výšky zjištěné z map se nemusejí shodovat s údajem na grafech. Pokračování údolí ve formě žlebu ve svahu se (obvykle) nezapočítává. Absolutní hodnoty je třeba chápat jako orientační, protože nebyly určovány na všech stanicích ve stejné dny.

## 3.1 Severočeské stanice

Stanice	Adršpach	Jizerka	Šindelová	Jelení
Okres	Náchod	Jablonec n. Nisou	Sokolov	Karlovy Vary
GPS (přibližně)	50.6103544N, 16.1496189E	50.8199903N, 15.3445594E	50.3170636N, 12.5969231E	50.3961122N, 12.6685333E
Nadmořská výška stanice	489 m	853	586	855
Geomorfologický celek	Broumovská vrchovina	Jizerské hory	Krušné hory	Krušné hory
Tvar údolí	protáhlé SV-JZ	mírně protáhlé	protáhlé	protáhlé
Tok	Bučnice	Jizerka	Rolava	Černá voda
Délka údolí	asi 3250 m	kolem 4500 m	cca 8900 m	asi 4230 m
Přítok v blízkosti stanice	Ne	pod stan.	pod stan.	pod stan.
Zúžení v blízkosti stanice	Ano	pod stan.	pod stan.	pod stan.
Zalesnění	cca 30%	cca 90%	cca 80 %	cca 85 %
Převažující land-cover u stanice	louka (pole)	louka	osada	louka
Počet měření	21	12	14	9
Průměrné rel.maximum	-2,2	-5,4	-1,2	-2,6
Průměrné rel.minimum	-2,2	-5,5	-0,6	-4,8
Průměrná RMP	1,01	1,01	0,97	1,12
Prům. odch RMP	0,09	0,11	0,08	0,08
Prům rel. Tr	-0,1	-1,7	-0,5	-2,0
Prům. odch rel.Tr	1,1	1,8	1,6	1,1
Prům. abs. Tr	-13,2	-13,9	-14,6	-14,9
Min Tr	-18,6	-18,2	-18,4	-18,5
Min rel Tr	-3,0	-4,9	-4,2	-4,2
Průměrný spád od stanice	19,0	6,1	40,5	14,8
Prům. spád vč. 2 int. po pr.	-	6,4	38,8	14,2

Poznámka: land-cover = pokryv povrchu

po pr. = po proudu

odch. = odchylka

int = interval

rel. = relativní, abs.=absolutní

## 3.2 Západočeské, jihočeské a střeđočeské stanice

Stanice	Bolevec	Volary	Vyšší Brod	Rudolec
Okres	Plzeň-sever	Prachatice	Český Krumlov	Příbram
GPS (přibližně)	49.7883131N, 13.3863642E	48.8967014N, 13.8848872E	48.6175153N, 14.3144164E	49.6316450N, 14.4403428E
Nadmořská výška stanice	329	744	559	346
Geomorfologický celek	Plaská pahorkatina	Šumava	Šumavské podhůří	Benešovská pahorkatina
Tvar údolí	okrouhlé	okrouhlé	spíš okrouhlé	spíše protáhlé
Tok	potok	Luční potok	potok	Libiňský potok
Délka údolí	asi 1800 m	asi 2200 m	asi 1700 m	kolem 5100 metrů
Přítok v blízkosti stanice	ne	ano	ne	ne
Zúžení v blízkosti stanice	ne	ne	ne	ne
Zalesnění	asi 85%	asi 20%	kolem 60 %	
Převažující land-cover u stanice	arboretum	louka (pole)	pravd. okraj zástavby	zástavba
Počet měření	<b>22</b>	<b>9</b>	<b>36</b>	<b>23</b>
Průměrné rel.maximum	<b>2,2</b>	<b>-1,3</b>	<b>0,0</b>	<b>0,9</b>
Průměrné rel.minimum	<b>1,4</b>	<b>-4,8</b>	<b>0,0</b>	<b>0,8</b>
Průměrná RMP	<b>1,05</b>	<b>1,19</b>	<b>1,0</b>	<b>1,00</b>
Prům. odch RMP	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,0</b>	<b>0,06</b>
Prům. rel. Tr	<b>0,6</b>	<b>-3,9</b>	<b>0,0</b>	<b>0,7</b>
Prům. odch rel.Tr	<b>0,8</b>	<b>1,1</b>	<b>0,0</b>	<b>1,2</b>
Prům. abs. Tr	<b>-12,0</b>	<b>-17,8</b>	<b>-12,6</b>	<b>-11,6</b>
Min Tr	<b>-17,7</b>	<b>-23,1</b>	<b>-18,3</b>	<b>-18,7</b>
Min rel Tr	<b>-1,5</b>	<b>-5,5</b>	<b>0,0</b>	<b>-1,8</b>
Průměrný spád od stanice	<b>15,2</b>	<b>8,3</b>	<b>28,3</b>	<b>21,0</b>
Prům. spád vč. 2 int. po pr.	<b>13,3</b>	<b>7,5</b>	<b>32,2</b>	<b>-</b>

### 3.3 Šumavské stanice

Stanice	Březník	Horská Kvilda	Rokytská slat'
Okres	Klatovy	Klatovy	Klatovy
GPS (přibližně)	48.9684708N, 13.4855339E	49.0536728N, 13.5651117E	49.0157417N, 13.4195450E
Nadmořská výška stanice	1136	1039	1089
Geomorfologický celek	Šumava	Šumava	Šumava
Tvar údolí	oválné (mírně protáhlé)	trojúhelníkovitý	protáhlý „kolmo“
Tok	Vydra	Hamerský potok	Rokytká
Délka údolí	asi 3150, pokr. žleb	asi 4050 m	přibližně 2400 m
Přítok v blízkosti stanice	ano	před stan.	drobný
Zúžení v blízkosti stanice	pod stanicí	ne	ne
Zalesnění	asi 90-95 %	asi 90%	90-95%
Převažující land-cover u stanice	louka	louka	louka
Počet měření	9	10	14
Průměrné rel.maximum	-5,1	-4,7	-5,3
Průměrné rel.minimum	-6,2	-5,6	-7,5
Průměrná RMP	1,06	1,05	1,12
Prům. odch RMP	0,10	0,08	0,11
Prům rel. Tr	-3,1	-2,8	-4,4
Prům. odch rel.Tr	1,3	1,4	1,4
Prům. abs. Tr	-15,6	-14,8	-17,1
Min Tr	-19,3	-17,9	-23,9
Min rel Tr	-5,6	-5,1	-6,7
Průměrný spád od stanice	8,7	15,3	6,7
Prům. spád vč. 2 int. po pr.	10,0	14,8	6,4

Poznámka: tvar údolí kolmo na tok-delší poloosa elipsy je orientována kolmo k hlavnímu (ne lokálnímu) směru toku.

### 3.4 Stanice na Moravě a ve Slezsku

Stanice	Jevíčko	Otice	Brněnec - louka	Brněnec-smrk (v Čechách)
Okres	Svitavy	Opava	Svitavy	Svitavy
GPS (přibližně)	49.6295867N, 16.7270228E	49.9196861N, 17.8759872E	49,63366 N 16,51849 E	49,62692 N 16,52163 E
Nadmořská výška stanice	343	270	375	373,5
Geomorfologický celek	Podorlická pahorkatina	Nízký Jeseník	Svitavská pahorkatina	Svitavská pahorkatina
Tvar údolí	mírně oválný	-	protáhlé	protáhlé
Tok	Jevíčka (+ Úsobrnský potok)	?	Svitava	Svitava
Délka údolí	přibližně 8800 m	?	kolem 23 500 m	kolem 24 200m
Přítok v blízkosti stanice	ano	zřejmě ne	ne	ano
Zúžení v blízkosti stanice	ne	ne	ne	ne
Zalesnění	asi 30%	?		
Převažující land-cover u stanice	louky/pole/zást.	zást./pole/louky	louka	zástavba
Počet měření	<b>21</b>	<b>17</b>	<b>38</b>	<b>32 (srov. s VB)</b>
Průměrné rel.maximum	<b>0,7</b>	<b>-1,5</b>	-	-
Průměrné rel.minimum	<b>0,4</b>	<b>1,0</b>	-	-
Průměrná RMP	<b>1,02</b>	<b>0,87</b>	<b>0,97</b>	<b>0,86</b>
Prům. odch RMP	<b>0,08</b>	<b>0,06</b>	<b>0,08</b>	<b>0,08</b>
Prům rel. Tr	<b>1,8</b>	<b>2,5</b>	<b>0,6</b>	<b>2,6</b>
Prům. odch rel.Tr	<b>1,3</b>	<b>1,6</b>	<b>1,4</b>	<b>1,1</b>
Prům. abs. Tr	<b>-11,4</b>	<b>-11,1</b>	<b>-11,8</b>	<b>-10,0</b>
Min Tr	<b>-16,2</b>	<b>-16,1</b>	<b>-16,9</b>	<b>-15,2</b>
Min rel Tr	<b>-2,3</b>	<b>-1,9</b>	<b>-3,0</b>	<b>-0,4</b>
Průměrný spád od stanice	<b>6,7</b>	-	<b>3,4</b>	<b>blízký louce</b>
Prům. spád vč. 2 int. po pr.	<b>6,5</b>	-	<b>3,5</b>	<b>blízký louce</b>

## 3.5 Terénní výzkum

Podrobněji byly zpracovány pouze lokality, na kterých byla provedena alespoň dvě měření. Relativní charakteristiky vztaženy ke stanici Brněnec - smrk, RMP přepočítána na Vyšší Brod průměrnou RMP pro Brněnec (vydělena 0,864). Přístroje byly umístěny na stromech nebo keřích.

### 3.5.1 Lokality v údolí Svitavy a Banínského potoka

Stanice	Západ-Banín	Soutok-Banín	Banín-závěr
Okres	Svitavy	Svitavy	Svitavy
Geomorfologický celek	Svitavská pahorkatina	Svitavská pahorkatina	Svitavská pahorkatina
GPS (přibližně)	49 40 37 N 16 27 23 E	49 40 29 N 16 27 56 E	49 40 20 N 16 28 24 E
Nadmořská výška stanice	422	416,5	404,5
Tvar údolí	protáhlý	protáhlý	protáhlý
Tok	Banínský potok	Banínský potok	Banínský potok
Délka údolí	asi 1100 m + žleb	asi 1800 m + žleb	asi 2400 m + žleb
Přítok v blízkosti stanice	ne	ano	ne
Zúžení v blízkosti stanice	ano	ne	ne
Zalesnění	asi 30%	asi 30%	asi 30%
Převažující land-cover u stanice	křoví (...)	křoví, stromy, louka	louka
Počet měření	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
Průměrná RMP	<b>0,97</b>	<b>0,95</b>	<b>0,98</b>
Prům. odch RMP	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>
Prům rel. Tr	<b>-1,9</b>	<b>-1,5</b>	<b>-2,1</b>
Prům. odch rel.Tr	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>
Min rel Tr	<b>-2,2</b>	<b>-1,9</b>	<b>-2,7</b>
Průměrný spád od stanice	18,7	17,4	15,7
Prům. spád vč. 2 int. po pr.	17,6	16,5	

## 3.5.2 Lokality v údolí Svitavy

Stanice	Pod Radiměří	Násep-Banín. p.	Oblouk
Okres	Svitavy	Svitavy	Svitavy
Geomorfologický celek	Svitavská pahorkatina	Svitavská pahorkatina	Svitavská pahorkatina
GPS (přibližně)	49 40 49 N 16 28 22 E	49 40 22 N 16 28 35 E	49 40 2N 16 28 57 E
Nadmořská výška stanice	405,5	402	398
Tvar údolí	spíš mírně oválný	spíše oválný	spíše oválný
Tok	Svitava	Svitava	Svitava
Délka údolí	asi 15 600 m + žleb	asi 16500 m + žleb	asi 17500 m + žleb
Přítok v blízkosti stanice	ne	ano, Banín. potok	ne
Zúžení v blízkosti stanice	ne	ne, násep	ne
Zalesnění	asi 30%	asi 35%	asi 35%
Převažující land-cover u stanice	louka	jednoletá vegetace	jednoletá vegetace, les
Počet měření	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
Průměrná RMP	<b>0,98</b>	<b>1,03</b>	<b>0,93</b>
Prům. odch RMP	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>
Prům. rel. Tr	<b>-2,4</b>	<b>-3,2</b>	<b>-1,2</b>
Prům. odch rel.Tr	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>
Min rel Tr	<b>-2,7</b>	<b>-3,5</b>	<b>-1,5</b>
Průměrný spád od stanice	3,0	3,1	3,2
Prům. spád vč. 2 int. po pr.	3,6	3,6	3,5

### 3.5.3 Lokality v údolí Bělského potoka a Zavadilky

Stanice	Lavičné	Bělský potok	nad Luhy
Okres	Svitavy	Svitavy	Svitavy
Geomorfologický celek	Svitavská pahorkatina	Svitavská pahorkatina	Svitavská pahorkatina
GPS (přibližně)	49 38 36 N 16 27 50 E	49 38 22N 16 29 05E	49 36 51N 16 34 40E
Nadmořská výška stanice	445	417,5	433
Tvar údolí	mírně protáhlý	protáhlý	oválný „kolmo“ na tok
Tok	Bělský potok	Bělský potok	Zavadilka
Délka údolí	asi 1500-2200 m	asi 3100-3700 m	asi 2700 m
Přítok v blízkosti stanice	ano	ano	dva přítoky
Zúžení v blízkosti stanice	ano	ne	mírně pod stan.
Zalesnění	kolem 45%	kolem 45%	asi 55%
Převažující land-cover u stanice	zástavba	zástavba	jednoletá vegetace, stromy
Počet měření	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
Průměrná RMP	<b>0,92</b>	<b>0,90</b>	<b>0,96</b>
Prům. odch RMP	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,14</b>
Prům rel. Tr	<b>-1,0</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,6</b>
Prům. odch rel.Tr	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>1,4</b>
Min rel Tr	<b>-1,5</b>	<b>-0,9</b>	<b>-2,0</b>
Průměrný spád od stanice	25,1	16,0	25,0
Prům. spád vč. 2 int. po pr.	21,4	13,6	24,0

Poznámka: zástavba má ve všech lokalitách ve výzkumu (mimo ČHMÚ) vesnický/obecní charakter, Bělá – náves s bytovkami a kostelem. Nelze ji zaměňovat s hustou a rozsáhlou městskou zástavbou. Viz GPS souřadnice.



### 3.5.4 Lokality v údolí Dlouholoučanského potoka

Stanice	Dlouhá Loučka	Útěchov	Boršov
Okres	Svitavy	Svitavy	Svitavy
Geomorfologický celek	Podorlická pahorkatina	Podorlická pahorkatina	Podorlická pahorkatina
GPS (přibližně)	49 41 50N 16 38 05E	49 43 58N 16 38 30E	49 44 37N 16 39 13E
Nadmořská výška stanice	404	368	359
Tvar údolí	protáhlý „kolmo“ na tok	mírně protáhlý	protáhlý
Tok	DL potok	DL potok	DL potok
Délka údolí	asi 2850 m	asi 7600 m	asi 9150 m
Přítok v blízkosti stanice	ano	Hřebečský potok	Stříbrný potok
Zúžení v blízkosti stanice	ne	ne	ne
Zalesnění	asi 60%	asi 60%	asi 65%
Převažující land-cover u stanice	zástavba	zástavba	zástavba
Počet měření	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
Průměrná RMP	<b>0,95</b>	<b>0,92</b>	<b>0,91</b>
Prům. odch RMP	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>
Prům rel. Tr	<b>-1,6</b>	<b>-1,5</b>	<b>-0,7</b>
Prům. odch rel.Tr	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>
Min. rel Tr	<b>-2,2</b>	<b>-1,8</b>	<b>-1,1</b>
Průměrný spád od stanice	11,7	8,1	7,9
Prům. spád vč. 2 int. po pr.	8,9	7,9	7,4

### 3.5.5 Lokality v údolích Pacovky a Třebůvky

Stanice	Pacov-soutok	Pacov-údolí	Městečko Trnávka
Okres	Svitavy	Svitavy	Svitavy
Geomorfologický celek	Podorlická pahorkatina	Podorlická pahorkatina	Podorlická pahorkatina
GPS (přibližně)	49 42 16N 16 41 28E	49 42 23N 16 41 39E	49 42 46N 16 43 53E
Nadmořská výška stanice	365,5	360	313
Tvar údolí	„kolmo“ protáhlý	„kolmo“ protáhlý	spíš ovál.?(Třeb.)
Tok	Pacovka	Pacovka	Třebůvka
Délka údolí	asi 3900 m	asi 4200 m	kolem 7300 m
Přítok v blízkosti stanice	ano	ne	Pacovka
Zúžení v blízkosti stanice	ano	před stan.	za stan.
Zalesnění	asi 50-55%	asi 60%	asi 65%
Převažující land-cover u stanice	les,(...)	les	jednoletá vegetace, stromy/keře
Počet měření	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
Průměrná RMP	<b>0,90</b>	<b>0,89</b>	<b>0,86</b>
Prům. odch. RMP	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>
Prům rel. Tr	<b>-0,5</b>	<b>-0,3</b>	<b>-0,0</b>
Prům. odch rel.Tr	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,2</b>
Min rel Tr	<b>-1,0</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,2</b>
Průměrný spád od stanice	19,7	19,7	16,7
Prům. spád vč. 2 int. po pr.	19,2	19,2	-

### 3.5.6 Lokality v okolí Olešnice

Stanice	Crhov	Soutok Tresných potoků
Okres	Blansko	Žďár nad Sázavou
Geomorfologický celek	Hornosvratecká vrchovina	Hornosvratecká vrchovina
GPS (přibližně)	49 32 38N 16 26 23E	49 33 24N 16 22 45E
Nadmořská výška stanice	542	476
Tvar údolí	kruhový	oválný
Tok	Crhovský potok	Tresenský potok + p. z okolí V. Tresného
Délka údolí	asi 2900 m	asi 4700 m (přes V. Tresné)
Přítok v blízkosti stanice	ano	soutok
Zúžení v blízkosti stanice	ne	mírně pod stan.
Zalesnění	10-15%	asi 40%
Převažující land-cover u stanice	tráva + nízké stromky, ...	louka, les
Počet měření	3	3
Průměrná RMP	0,94	0,88
Prům. odch RMP	0,05	0,04
Prům rel. Tr	-1,9	-0,6
Prům. odch rel.Tr	0,7	0,7
Min rel Tr	-2,9	-1,7
Průměrný spád od stanice	18,9	31,1
Prům. spád vč. 2 int. po pr.	17,5	29,3

### 3.5.7 Lokality v údolí Hodonínky

Stanice	Hodonínka 603	Hodonínka 592	Hodonínka 573
Okres	Svitavy/Žďár n. S.	Svitavy/Žďár n. S.	Svitavy/Žďár n. S.
Geomorfologický celek	Hornosvratecká vrchovina	Hornosvratecká vrchovina	Hornosvratecká vrchovina
GPS (přibližně)	49 36 8 N 16 22 07E	49 35 56 N 16 22 27E	49 35 14N 16 23 00E
Nadmořská výška stanice	604	592	574
Tvar údolí	spíše kruhový	mírně oválný	oválný
Tok	Hodonínka	Hodonínka	Hodonínka
Délka údolí	asi 2000 m	asi 2500 m	asi 4500 m
Přítok v blízkosti stanice	ano	ano	ano
Zúžení v blízkosti stanice	ne	slabé pod stan.	ne
Zalesnění	asi 35-40%	asi 30%	asi 30%
Převažující land-cover u stanice	louky, pásy stromů	louky, pásy stromů, les	louky, pásy stromů
Počet měření	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Průměrná RMP	<b>0,77</b>	<b>0,79</b>	<b>0,75</b>
Prům. odch RMP	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,04</b>
Prům rel. Tr	<b>0,0</b>	<b>0,3</b>	<b>0,7</b>
Prům. odch rel.Tr	<b>0,8</b>	<b>1,0</b>	<b>0,7</b>
Min rel Tr	<b>-0,8</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,2</b>
Průměrný spád od stanice	26,0	24,6	-
Prům. spád vč. 2 int. po pr.	23,0	21,5	-

### 3.5.8 Lokality v údolí Šonavy/Hlučálu

Stanice	Damašek u PR	Damašek nižší	Pustá Rybná
Okres	Svitavy	Svitavy	Svitavy
Geomorfologický celek	Hornosvratecká vrchovina	Hornosvratecká vrchovina	Hornosvratecká vrchovina
GPS (přibližně)	49 43 9 N 16 7 36 E	asi 49 42 53N 16 07 58E	49 42 24N 16 08 13E
Nadmořská výška stanice	631,5	615,5	595
Tvar údolí	oválný	spíš kruhový	oválný
Tok	Šonava	Hlučál	Hlučál
Délka údolí	asi 3200 m	asi 3700 m	asi 4900 m
Přítok v blízkosti stanice	ne	před stan.	ano
Zúžení v blízkosti stanice	ne	ne	mírné pod stan.
Zalesnění	asi 85%	asi 90%	asi 75%
Převažující land-cover u stanice	podmáčené louky	louka, dřeviny	louka
Počet měření	3	3	3
Průměrná RMP	0,70	0,92	0,90
Prům. odch RMP	0,08	0,06	0,04
Prům rel. Tr	1,2	-1,5	-1,2
Prům. odch rel.Tr	1,1	0,9	0,7
Min rel Tr	-0,2	-2,5	-2,3
Průměrný spád od stanice	22,5	22,8	21,8
Prům. spád vč. 2 int. po pr.	22,8	21,8	21,2

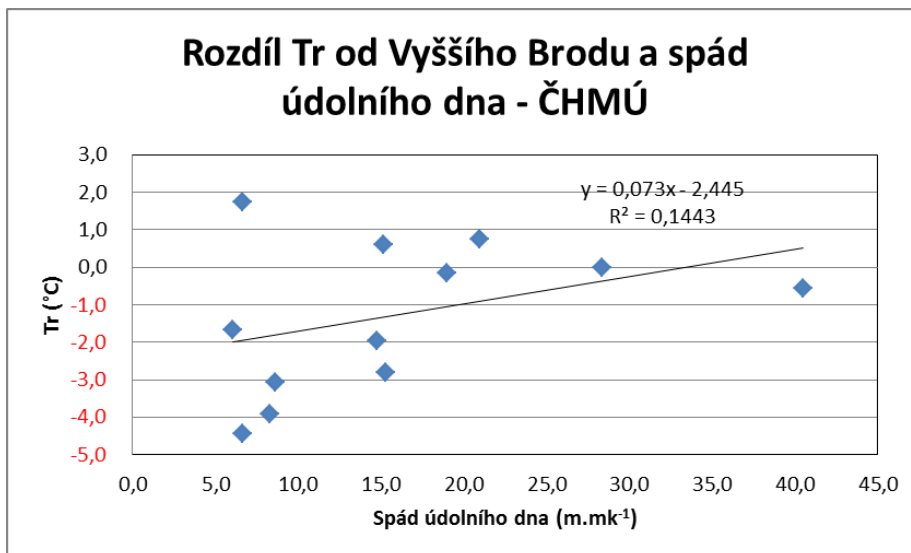
Údolí Šonavy je logickým pokračováním údolí Hlučálu. Hlučál se do tohoto údolí vlévá s velkým spádem zleva, viz GPS

### 3.5.9 Lokality s pouze jedním měřením

Název	Povodí	GPS (přibližně)	Nadmořská výška	RMP	relativní Tr (k Brněnci – smrku)
Horní Poříčí	Křetínka	49 35 17 N 16 28 33E	383	0,84	0,2
přítok Hodonínky	přítok Hodonínky	49 35 41N 16 23 3E	600-610	0,74	1,3
Hodonínka 569	Hodonínka	49 35 5N 16 23 14E	569,5	0,81	0,2
Malení kout (les)	Hlučál	49 42 59 N 16 6 10E	702,5	0,80	-0,1
Brušovec- Herálec	Brušovec	49 40 51N 16 00 05 E	657	0,73	1,3
Hradec n/Sv	Svitava	49 41 30N 16 29 08E	412	0,94	-1,4
Svitava 2	Svitava	49 40 21N 16 28 36E	402	1,00	-2,6

## 4 Analytická část

Průměrné  $T_r$  ze stanic ČHMÚ a z vlastních výzkumů byly vykresleny do grafů společně s průměrným spádem údolí na úseku definovaném v metodické části.

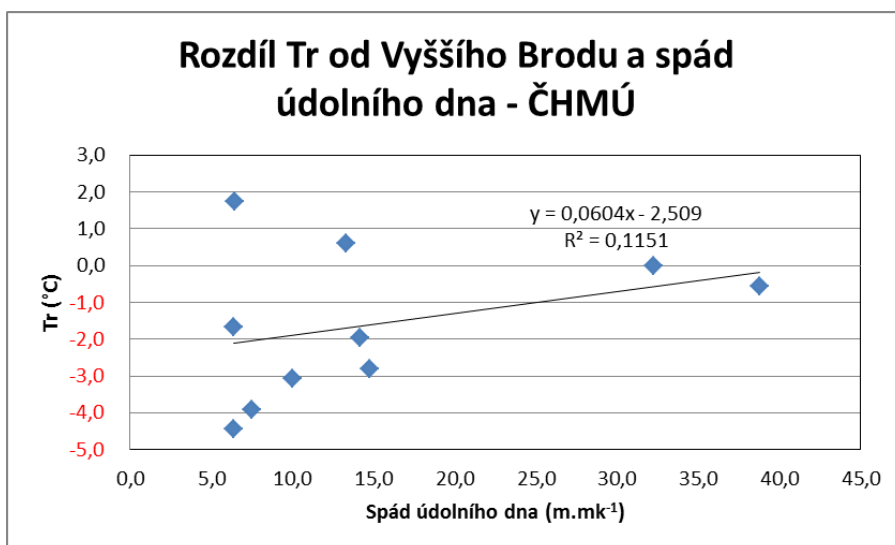


Graf č. 3: Sklon odvozený od 0 m. (12 hodnot)

Na grafu č. 3 jsou všechny stanice ČHMÚ kromě Otic, které leží prakticky na rovině a u nichž nebyl výškový profil stanovován. Bez Jevíčka ( $T_r$  1,8 při sklonu 6-7  $m.km^{-1}$ ) získáme trend  $y = 0,1075x - 3,359$  ( $R^2 = 0,3755$ ).

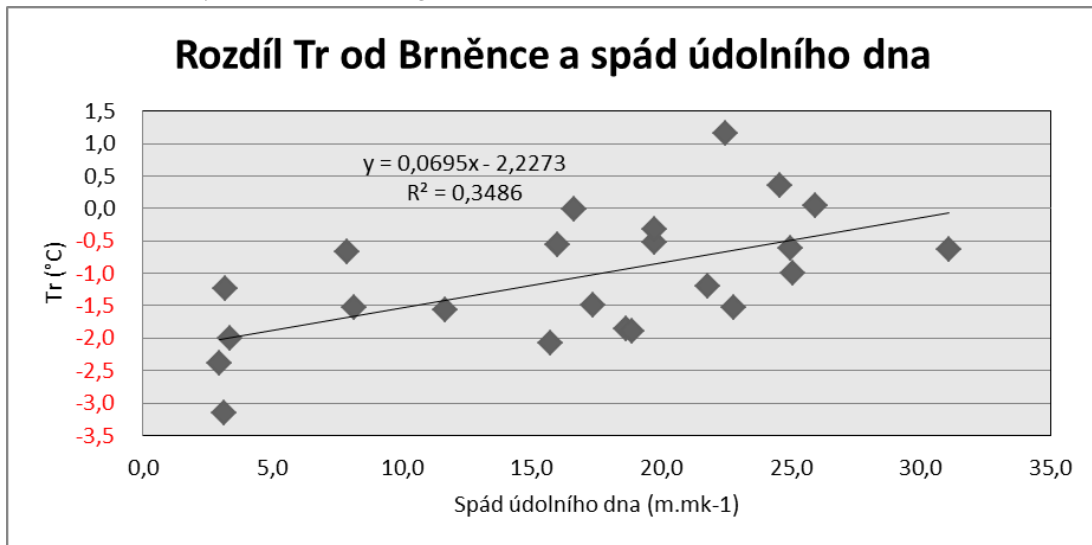
Na grafu č. 4 jsou data ze stanic, u kterých byl určen sklon údolního dna do vzdálenosti dvou intervalů po proudu. Bez Jevíčka byla zjištěna lepší korelace

$$y = 0,0942x - 3,4783 \quad (R^2 = 0,3944).$$

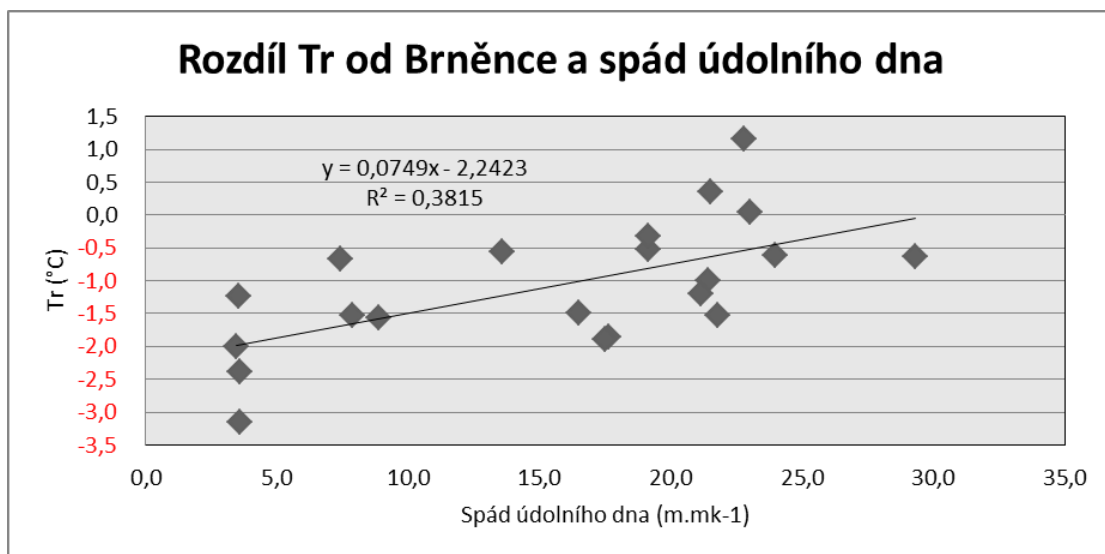


Graf č. 4: Sklon údolního včetně 2 intervalů po proudu (10 hodnot)

Pro výzkumné lokality byly vytvořeny obdobné grafy. Závislost Tr na sklonu údolního dna je zobrazena na grafech 5 a 6.



Graf č. 5: Sklon odvozený od 0 m nebo intervalu, ve kterém se nachází lokalita.(23 hodnot)



Graf č. 6: Stejně jako v Grafu č. 4, + 2 intervaly proti proudu.(21).

Bez hodnot z údolí Svitavy (kolem 3 m.km<sup>-1</sup>) dochází v grafech 5 a 6 k výraznému zhoršení spolehlivosti.



# Závěr

Tato práce byla věnována mrazovým kotlinám a údolním lokalitám. Na úvod byly zmíněny teoretické poznatky týkající se radiční a tepelné bilance zemského povrchu. Na grafu poklesu teploty byl předveden vliv různých faktorů (teplotní zvrstvení, vítr) na vývoj teploty během letní noci. Několik stran bylo věnováno popisu dějů vedoucích ke vzniku údolní inverze (efektivní vyzařování, svahový vítr, údolní proudění). Bylo by zajímavé ověřit platnost teorie McKeeovy a O'Nealovy teorie W/A v komplexním střeoevropském terénu. Řešitel však bude vystaven větším komplikacím v podobě složitějšího terénu než autoři ve výše uvedené studii.

V další části práce byla popsána metodika měření teplot, odečtu hodnot z grafů a map a zpracování dat použitím metody RMP a Tr. Metodu Tr považuje autor za reprezentativnější, protože zohledňuje synoptické rozdíly mezi stanicemi a T<sub>min</sub> vztahuje k teplotě atmosféry, která spolu s vlhkostí vzduchu mají největší vliv na efektivní vyzařování. Tato metoda předpokládá ve všech nadmořských výškách stejné podmínky. Pravděpodobně největší nepřesnosti vznikají vlivem toho, že ve vyšších nadmořských výškách lze předpokládat o něco vyšší efektivní vyzařování.

Výsledky měření a výpočtů byly prezentovány v další kapitole. Celkem bylo použito 217 údajů ze stanic ČHMÚ, 82 údajů z terénních měření, 38 měření z lokality Brněnec-louka a podle potřeby 32-46 údajů z klimatologického měření v Brněnci. Každá lokalita je charakterizována několika parametry, což umožňuje lepší interpretaci výsledků. Zjištěné výsledky platí pouze pro období duben-září, v zimě mohou být vlastnosti lokalit dosti rozdílné.

Na základě zjištěných údajů byly popsány základní vlastnosti stanic.

Stanice Adršpach vykazuje parametry srovnatelné s referenční stanicí, ale vzhledem k nadmořské výšce jsou zde zaznamenávána poměrně nízká maxima, což zřejmě souvisí s výskytem chladnějšího vzduchu, ale může se projevit i vliv větší oblačnosti či silnějšího větru. Bez jejich vlivu by mohla být maxima a RMP o něco vyšší.

Stanice Jizerka patří mezi známé mrazové kotliny. Vzhledem ke své nadmořské výšce zaznamenává nízká maxima, opět vliv chladnějšího vzduchu a možný vliv oblačnosti a silnějšího větru. Hodnota relativní Tr je výrazně vyšší než u nejsilnějších šumavských kotlin. Vypočítaný rozdíl může být, kromě topografických příčin vysvětlen též silnějším větrem.

Stanice Šindelová dosáhla překvapivě nízké hodnoty Tr vzhledem ke sklonu dna údolí toku (Rolavy). Studený vzduch se pravděpodobně hromadí v „kotlině“

vytvořeném zúžení údolí pod stanicí. Podobně mohou působit i zúžení pod stanicí v dalších údolích (+ možný fyzikální vliv podle W/A teorie).

Stanice Jelení je vedle Šindelové nejznámější krušnohorskou mrazovou kotlinou. Oproti Jizerce, ležící v podobné nadmořské výšce jsou zde o téměř 3°C vyšší maxima, což zvyšuje hodnotu RMP při téměř stejné Tr na Jizerce.

Hodnota RMP=1,05 na stanici Bolevec je pravděpodobně způsobena hlavně poměrně vysokým maximem, neboť průměrná relativní Tr je nad úrovní VB. Za vhodných podmínek dokáže vytvořit poměrně silnou inverzi (absolutní Tr min -17,7).

Stanice Volary patří na základě výsledků ke dvěma nejsilnějším mrazovým kotlinám z vybraných stanic. Na průměrnou RMP mají pravděpodobně značný vliv relativně vysoká maxima, ale hodnota Tr je jednoznačně druhá nejnižší (medián je dokonce stejný jako na stanici Rokytská slať). Minimální absolutní Tr je také jedna z nejnižších. Tato stanice tak má, stejně jako ostatní šumavské údolní stanice dobrý potenciál ke vzniku velmi vysokých denních amplitud vzduchu.

Středočeská stanice Rudolec nevykazuje žádné mimořádné hodnoty, průměru jsou hodnoty Tr poměrně vysoké, výjimečně však tvoří silné inverze (až -18,7 minimální absolutní Tr).

Šumavské stanice (včetně Volar) jsou podle parametru Tr z českých mrazových kotlin nejsilnější. Všechny tři stanice mají podobnou nadmořskou výšku, délku toku a zalesnění, ale výrazně se odlišují ve svažitosti údolního dna, která tak je pravděpodobně nejvýznamnějším faktorem ovlivňujícím efektivitu šumavských stanic. U stanice Březník může hrát roli i větší sevřenost údolí a jeho zúžení pod stanicí.

Stanice Otice a Jevíčko, ke kterým byla přidána i stanice Brněnec se vyznačují polohou na relativně větším vodním toku nebo dokonce téměř na rovině (Otice). Tyto stanice se projevují vyššími hodnotami Tr (nejnižší Brněnec-louka 0,6) a absencí velmi silných inverzí. Vyšší hodnota RMP u Jevíčka proti zbývajícím stanicím je způsobena hlavně relativně vysokým průměrným relativním maximem proti Oticím, i proti Brněnci (přímé srovnání). Stanici Brněnec-smrk není standardně umístěna a slouží jako referenční stanice pro terénní výzkumy.

Zmiňme i několik poznatků získaných při terénních výzkumech:

- Nejnižší hodnoty průměrné relativní  $T_r$  byly všeobecně naměřeny v údolí Svitavy a to zejména na místech označovaných jako Násep – Banín.p. (-3,2) a Svitava 2 (-2,6), která leží blízko vyústění banínského údolí do údolí Svitavy a další odtok studeného vzduchu je z velké části blokován železničním náspem.
- Dalším relativně studeným údolím je údolí Banínského potoka, Crhovské údolí, jižní část údolí Dlouholoučanského potoka a dolní část údolí Hlučálu
- Mezi relativně teplejší údolí můžeme zařadit údolí Pacovky, Hodonínky a okolí PR Damašek. Není jasné, čím je způsobený teplotní skok v tomto údolí. Může se projevit les mezi lokalitami, zástavba či přítoky.
- V několika údolí je pozorovatelný slabý vzestup teplot po směru toku. Průběh teploty v údolí Svitavy je ovlivněn náspem mezi lokalitami Násep a Oblouk, Banínského údolí je bezprostředně pod lokalitou soutok přerušeno nízkým náspem cesty. V údolí Hodonínky teplota též roste po proudu, pokud zanedbáme lokalitu Hodonínka 569 s jedním měřením.
- Sklon většiny údolí kromě Svitavy byl řádově srovnatelný (kolem 15 - 25 m.mk<sup>-1</sup>), menší byl v údolí DL (asi 7-11 m.mk<sup>-1</sup>), mírně vyšší v údolí Tresného potoka.

Získané hodnoty rel.  $T_r$  byly dány do souvislosti se sklonem dna údolí. Pomocí lin trendů byly získány závislosti  $T_r$  na sklonu. Ve všech případech rel.  $T_r$  rostla spolu se sklonem a to přibližně o 0,05-0,1 °C na 1 m sklonu. Závislost na stanicích ČHMÚ byla velmi slabá, ale po odebrání stanice Jevíčko se výrazně zlepšila.

U terénních výzkumů byla zjištěna podobná závislost jako na datasetu ČHMÚ. Je zajímavé, že u grafů terénních výzkumů se po odebrání nejdelšího toku – Svitavy naopak závislost zhoršila. Při použití předchozích dvou intervalů po proudu spolehlivost trendu příliš nemění. Pokud vynecháme stanici Jevíčko, lze obecně mluvit o hodnotě  $R^2$  0,34-0,4. Z toho vyplývá, že zde existuje určitá míra závislosti rel.  $T_r$  na svažitosti dna, ale velmi výrazně se projevují i další geomorfologické charakteristiky. Vztažením  $T_r$  na více geomorfologických parametrů by mohla být dosažena lepší spolehlivost trendů.

Na základě výzkumu, odborných studií a MSVT [19] můžeme určit několik klíčových parametrů, které ovlivňují teplotní charakteristiky údolí. Mezi tyto parametry můžeme zařadit:

- sklon údolního dna (vyplývá z analýzy a Gleeson (1953))
- změna parametru  $W/A$  podél údolí, důsledky této teorie se mohou uplatňovat v řadě kotlin, ve kterých dochází k zúžení údolí. To se kromě možného mechanického vlivu projevuje změnou  $W/A$  ze tvaru blíže k obdélníku (1/D podle McKee a O'Neal (1989)) blíže ke trojúhelníkovému tvaru (2/D tamtéž)
- před železničním náspem nebo jinou překážkou dochází k hromadění studeného vzduchu a zastavení jeho pohybu, pozorováno na stanici Násep-Banín.p.

Ve skutečném údolí se různou měrou projevují tyto i další faktory, ale je velmi obtížné tyto faktory kvantifikovat v daném údolí. Jejich vliv se různě kombinuje, mohou působit spolu nebo proti sobě a za různých vstupních podmínek se různě projevují. Obecně lze říci, že s klesajícím sklonem údolního dna roste pravděpodobnost výskytu nižších teplot, stejně tak pokud roste  $W/A$  parametr po proudu nebo je údolí pod stanicí výrazněji zúženo. Vliv těchto obecných trendů však může být výrazně převýšen vlivem jiných faktorů. Jako příklad uveďme stanici Jevíčko (sklon 6-7 m.mk<sup>-1</sup>, prům. rel. Tr 1,8°C) a stanici Šindelová (sklon kolem 40 m.mk<sup>-1</sup>, prům. rel. Tr -0,5°C).

Mezi další faktory můžeme zařadit například land-cover v okolí stanice a v celém údolí včetně zástavby a liniových staveb, sklon a délka svahů a jeho změna podél toku, počet a vlastnosti přítoků (pravděpodobný vliv na řadě výzkumných stanovišť), šířka údolního dna a případné vodní plochy na něm, otevřenost údolí – viditelná část oblohy (Fleagle,1950, Trošt 2008)

Je pravděpodobné, že není možné porovnávat vlastnosti komplexního údolí podle jednoho topografického parametru. Výjimkou může být parametr  $W/A$  nebo podobný parametr, který v sobě kombinuje více topografických vlastností daného toku, jehož použitím by mohlo být možné získat lepší korelace.

Pro určení vlastností údolí můžeme použít několika metod:

- Porovnat objektivně (sklon dna, ...) nebo subjektivně (celková podobnost, struktura svahů...) vlastnosti údolí s jinými údolí se známými parametry (referenční stanice) a na základě srovnání odhadnout teplotní charakteristiky. Kvůli množství různých faktorů a jejich vazeb se doporučuje provést kontrolní měření.
- Provést v údolí několik výzkumných měření, lépe je neprovádět měření v po sobě jdoucích dnech, ale průběžně během několika měsíců. Pro srovnání

s dalšími údolími (pokud nejsou měření prováděna ve stejné dny) použít pokud možno referenční stanici se známými charakteristikami.

Pokud máme k dispozici referenční stanici, můžeme použít relativní charakteristiku  $T_r$ , která vykazuje lepší průměrnou odchylku na stanicích ČHMÚ (1,29 °C) oproti průměrné odchylce rozdílů měř poklesu oproti referenční stanici (Ve vzorci pro RMP nahradíme podíl rozdílem), která činí 1,43°C. Pokud referenční stanici k dispozici nemáme, lepších výsledků dosáhneme použitím RMP, protože tento parametr vykazuje menší variabilitu mezi jednotlivými dny.

# Seznam zkratek použitých v práci

MK– mrazová kotlina

VTG – vertikální teplotní gradient

RMP– relativní míra poklesu, podíl poklesu teploty na zkoumané stanici a poklesu na referenční stanici

Tr–teplota rozdílová, rozdíl mezi minimální teplotou a teplotou vypočítá se jako rozdíl mezi teplotou, která by byla na stanici, pokud by průměrný VTG mezi hladinou 850 hPa a zemí byl stejný jako průměrný VTG mezi hladinami 500hPa a 850 hPa a minimální teplotou naměřenou na stanici

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav

MSVT – Meteorologický slovník termínový a výkladový

SP – svahové proudění

HK– Horská Kvilda

DL – Dlouhá Loučka

GPS – Global Positioning System

# Zdroje

## Knižní zdroje

- 1) *Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia*. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2007, 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1., str.165
- 2) KARAS, Pavel, Alena ZÁRYBNICKÁ a Taťána MÍKOVÁ. *Skoro jasno: průvodce televizní předpovědi počasí*. Vyd. 1. Praha: Česká televize, 2007, 206 s. Edice České televize. ISBN 9788085005783, str. 13-21
- 3) KOBZOVÁ, Eva. *Počasí: knížka pro každého*. 1. vyd. Olomouc: Rubico, 1998, 276 s. ISBN 8085839261., str. 27-32
- 4) KOPÁČEK, Jaroslav a Jan BEDNÁŘ. *Jak vzniká počasí*. Vyd. 1. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2005, 226 s. ISBN 8024610027., str.45-70
- 5) ŘEZÁČOVÁ, Daniela. *Fyzika oblaků a srážek*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2007, 574 s., [48] s. obr. příl. Gerstner, sv. 2. ISBN 9788020015051., str.372-375
- 6) *Svitavsko: turistická mapa 1:50 000*. 2. vyd. Praha: Trasa, 2005, 1 mapa. Soubor turistických map 1: 50 000, 50. ISBN 8073240572.
- 7) *Školní atlas České republiky*. 1. vyd. Redaktor Pavla Tesaříková. Praha: Kartografie, 2000, 32 s. ISBN 8070116579., Kartografie Praha, 2000, 2005

## Zdroje dostupné on-line

- 8) Sandrine Anquetin, Claude Guilbaud, and Jean-Pierre Chollet, 1998: The formation and destruction of inversion layers within a deep valley. *J. Appl. Meteor.*, **37**, 1547–1560.

doi: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450\(1998\)037<1547:TFADOI>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450(1998)037<1547:TFADOI>2.0.CO;2)

- 9) *Archiv - Wetter3* [online]. 2015 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z:

<http://www1.wetter3.de/Archiv/>

- 10) *Automatické stanice* [online]. 2015 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z:

<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/KW/Captor/index.html>

- 11) Franco Catalano and Antonio Cenedese, 2010: High-resolution numerical modeling of thermally driven slope winds in a valley with strong capping. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, **49**, 1859–1880.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1175/2010JAMC2385.1>
- 12) Robert G. Fleagle, 1950: Radiation theory of local temperature differences. *J. Meteor.*, **7**, 114–120.  
doi: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0469\(1950\)007<0114:RTOLTLD>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0469(1950)007<0114:RTOLTLD>2.0.CO;2)
- 13) Thomas A. Gleeson, 1953: Effects of various factors on valley winds. *J. Meteor.*, **10**, 262–269.  
doi: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0469\(1953\)010<0262:EOVFOV>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0469(1953)010<0262:EOVFOV>2.0.CO;2)
- 14) *Gravity of Earth - Wikipedia, the free encyclopedia* [online]. 2015 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Gravity\\_of\\_Earth](http://en.wikipedia.org/wiki/Gravity_of_Earth)
- 15) *iKatastr.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: [www.ikatastr.cz](http://www.ikatastr.cz)
- 16) Thomas B. McKee and Robert D. O'Neal, 1989: The role of valley geometry and energy budget in the formation of nocturnal valley winds. *J. Appl. Meteor.*, **28**, 445–456.  
doi: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450\(1989\)028<0445:TROVGA>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450(1989)028<0445:TROVGA>2.0.CO;2)
- 17) Margaret A. LeMone, Kyoko Ikeda, Robert L. Grossman, and Mathias W. Rotach, 2003: Horizontal variability of 2-m temperature at night during cases-97. *J. Atmos. Sci.*, **60**, 2431–2449.  
doi: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0469\(2003\)060<2431:HVOMTA>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0469(2003)060<2431:HVOMTA>2.0.CO;2)
- 18) *Mapy.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)
- 19) Meteorologický slovník výkladový a terminologický, *Elektronický meteorologický slovník* [online]. 2015 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/>
- 20) *Mrazisca - Frost hollows - Frost hollows* [online]. 2011 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: [iztokico.webs.com](http://iztokico.webs.com)
- 21) prezentace o sněhu, neznámý autor
- 22) *Přehled webových kamer ČHMÚ* [online]. 2015 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/kam/>
- 23) *Theoretical gravity - Wikipedia, the free encyclopedia* [online]. 2015 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Theoretical\\_gravity](http://en.wikipedia.org/wiki/Theoretical_gravity)



24) Andej Trošt: Mrazišča na Komni, diplomová práce, Lublaň, 2008

25) *U.S Standard Atmosphere* [online]. 2015 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z:  
[http://www.engineeringtoolbox.com/standard-atmosphere-d\\_604.html](http://www.engineeringtoolbox.com/standard-atmosphere-d_604.html)

26) C. David Whiteman and Shiyuan Zhong, 2008: Downslope flows on a low-angle slope and their interactions with valley inversions. part i: observations. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, **47**, 2023–2038.

doi: <http://dx.doi.org/10.1175/2007JAMC1669.1>

27) Shiyuan Zhong and C. David Whiteman, 2008: Downslope flows on a low-angle slope and their interactions with valley inversions. part ii: numerical modeling. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, **47**, 2039–2057.

doi: <http://dx.doi.org/10.1175/2007JAMC1670.1>

28) C. David Whiteman and Shiyuan Zhong, 2008: Downslope flows on a low-angle slope and their interactions with valley inversions. part i: observations. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, **47**, 2023–2038.

doi: <http://dx.doi.org/10.1175/2007JAMC1669.1>

# Přílohy

## Data

Příloha č. 1: Data z vlastních výzkumů

Den	Lokalita	Přístroj		Minimum		Redukce	Výsledek	Maximum	Redukce na n.v.	Pokles	RMP
30.4.2012	nad Luhy	DT	DT	5,0		0,9	5,9	27,5	0,5	21,1	0,95
2.8.2012	nad Luhy	DT	DT	10,0		0,9	10,9	26,6	0,5	15,2	0,81
13.7.2012	Horní Poříčí	DT	DT	5,8		0,9	6,7	22,5	0,1	15,7	0,84
28.8.2012	Západ -Banín	DT	DT	2,0		0,9	2,9	19,7	0,4	16,4	0,98
7.9.2012	Západ -Banín	DT	DT	-0,4		0,9	0,5	17,3	0,4	16,4	0,96
29.6.2013	Západ -Banín	DT6	DT6	2,5		0,4	2,9	18,3	0,4	14,9	0,95
1.7.2013	Západ -Banín	DT6	DT6	3,5		0,4	3,9	15,9	0,4	11,5	1,01
2.7.2013	Západ -Banín	DT6	DT6	4,0		0,4	4,4	20,7	0,4	15,8	0,96
3.7.2013	Západ -Banín	DT6	DT6	7,5		0,4	7,9	25,2	0,4	16,8	0,99
29.6.2013	Soutok-Banín	DT7	DT7	3,0		0,3	3,3	18,3	0,4	14,6	0,93
1.7.2013	Soutok-Banín	DT7	DT7	4,1		0,3	4,4	15,9	0,4	11,1	0,98
2.7.2013	Soutok-Banín	DT7	DT7	4,5		0,3	4,8	20,7	0,4	15,5	0,94
3.7.2013	Soutok-Banín	DT7	DT7	8,0		0,3	8,3	25,2	0,4	16,5	0,97
7.9.2012	Závěr	DB	DB	1,1		-0,2	0,9	17,3	0,3	16,2	0,95
1.7.2013	Závěr	DT1	DT1	3,0		0,6	3,6	15,9	0,3	12,0	1,06
2.7.2013	Závěr	DT1	DT1	4,0		0,6	4,6	20,7	0,3	15,8	0,96
3.7.2013	Závěr	DT1	DT1	7,5		0,6	8,1	25,2	0,3	16,8	0,99
9.7.2013	Závěr	DT6	DT6	6,0	1	0,8	6,8	24,8	0,3	17,7	1,01
10.7.2013	Závěr	DT6	DT6	8,0		0,4	8,4	26,5	0,3	17,8	0,97
29.6.2013	Lavičné	DT4	DT4	3,0		0,4	3,4	18,3	0,6	14,3	0,91
1.7.2013	Lavičné	DT4	DT4	4,0		0,4	4,4	15,9	0,6	10,9	0,96
2.7.2013	Lavičné	DT4	DT4	4,6		0,4	5,0	20,7	0,6	15,1	0,92
3.7.2013	Lavičné	DT4	DT4	9,0		0,4	9,4	25,2	0,6	15,2	0,89
29.6.2013	Bělá n. Sv.	DT5	DT5	3,5		0,4	3,9	18,3	0,4	14,0	0,89
1.7.2013	Bělá n. Sv.	DT5	DT5	4,5		0,4	4,9	15,9	0,4	10,6	0,93
2.7.2013	Bělá n. Sv.	DT5	DT5	5,2		0,4	5,6	20,7	0,4	14,7	0,89
3.7.2013	Bělá n. Sv.	DT5	DT5	9,5		0,4	9,9	25,2	0,4	14,9	0,87
8.7.2013	Svit. pod Radím.	DT5	DT5	6,0	1	0,8	6,8	24,2	0,3	17,1	0,98
9.7.2013	Svit. pod Radím.	DT1	DT1	6,0	1	0,8	6,8	24,8	0,3	17,7	1,01
10.7.2013	Svit. pod Radím.	DT1	DT1	7,5		0,6	8,1	26,5	0,3	18,2	0,99
8.7.2013	Násep -Banín. p.	DT1	DT1	5,0		0,6	5,6	24,2	0,2	18,3	1,06
9.7.2013	Násep -Banín. p.	DT5	DT5	5,5		0,4	5,9	24,8	0,2	18,6	1,06
10.7.2013	Násep -Banín. p.	DT5	DT5	7,5		0,4	7,9	26,5	0,2	18,3	1,00
8.7.2013	Oblouk	DT3	DT3	7,3		0,5	7,8	24,2	0,2	16,2	0,93
9.7.2013	Oblouk	DT3	DT3	7,5		0,5	8,0	24,8	0,2	16,6	0,94
10.7.2013	Oblouk	DT3	DT3	9,0		0,5	9,5	26,5	0,2	16,8	0,92
16.7.2013	Dlouhá Loučka	DT3	DT3	4,5		0,5	5,0	20,0	0,3	14,8	0,95
17.7.2013	Dlouhá Loučka	DT3	DT3	7,0		0,5	7,5	23,6	0,3	15,9	0,94
22.7.2013	Dlouhá Loučka	DT3	DT3	5,6		0,5	6,1	25,8	0,3	19,5	0,97
16.7.2013	Útěchov	DT2	DT2	4,8		0,3	5,1	20,0	-0,1	14,9	0,96
17.7.2013	Útěchov	DT2	DT2	7,0		0,3	7,3	23,6	-0,1	16,3	0,97
22.7.2013	Útěchov	DT2	DT2	6,0	1	0,7	6,8	25,8	-0,1	19,1	0,95
16.7.2013	Boršov	DT6	DT6	5,5		0,4	5,9	20,0	-0,1	14,2	0,91
17.7.2013	Boršov	DT6	DT6	8,1		0,4	8,5	23,6	-0,1	15,2	0,90
22.7.2013	Boršov	DT6	DT6	7,0		0,4	7,4	25,8	-0,1	18,5	0,92

16.7.2013	Pacov soutok	DT5	DT5	5,9		0,4	6,3	20,0	-0,1	13,8	0,88
17.7.2013	Pacov soutok	DT5	DT5	8,0		0,4	8,4	23,6	-0,1	15,3	0,90
22.7.2013	Pacov soutok	DT5	DT5	7,0		0,4	7,4	25,8	-0,1	18,5	0,92
16.7.2013	Pacov údolí	DT7	DT7	6,0	1	0,7	6,7	20,0	-0,1	13,4	0,86
17.7.2013	Pacov údolí	DT7	DT7	8,0		0,3	8,3	23,6	-0,1	15,4	0,91
22.7.2013	Pacov údolí	DT7	DT7	7,5		0,3	7,8	25,8	-0,1	18,1	0,90
16.7.2013	Měst. Trnávka	DT1	DT1	6,1	1	0,8	6,9	20,0	-0,5	13,7	0,88
17.7.2013	Měst. Trnávka	DT1	DT1	8,5		0,6	9,1	23,6	-0,5	15,1	0,89
22.7.2013	Měst. Trnávka	DT1	DT1	8,0		0,6	8,6	25,8	-0,5	17,8	0,88
15.8.2013	Črhov	DT5	DT5	0,8		0,4	1,2	19,3	1,5	16,6	0,93
22.8.2013	Črhov	DT5	DT5	3,0		0,4	3,4	19,8	1,5	14,9	1,01
23.8.2013	Črhov	DT5	DT5	4,0		0,4	4,4	20,0	1,5	14,1	0,89
15.8.2013	Soutok Tr. pot.	DT6	DT6	3,0		0,4	3,4	19,3	0,9	15,0	0,84
22.8.2013	Soutok Tr. pot.	DT6	DT6	4,5		0,4	4,9	19,8	0,9	14,0	0,94
23.8.2013	Soutok Tr. pot.	DT6	DT6	5,0		0,4	5,4	20,0	0,9	13,7	0,86
22.8.2013	Hodonínka 603	DT2	DT2	5,0		0,3	5,3	19,8	2,0	12,5	0,84
23.8.2013	Hodonínka 603	DT2	DT2	5,5		0,3	5,8	20,0	2,0	12,2	0,76
22.8.2013	Hodonínka 592	DT3	DT3	5,0		0,5	5,5	19,8	1,9	12,4	0,84
23.8.2013	Hodonínka 592	DT3	DT3	5,9		0,5	6,4	20,0	1,9	11,7	0,74
15.8.2013	Hodonínka 573	DT2	DT2	3,0		0,3	3,3	19,3	1,7	14,3	0,80
22.8.2013	Hodonínka 573	DT1	DT1	5,5		0,6	6,1	19,8	1,7	12,0	0,81
23.8.2013	Hodonínka 573	DT1	DT1	6,0	1	0,8	6,8	20,0	1,7	11,5	0,72
15.8.2013	přítok Hod. 600/610	DT3	DT3	3,5		0,5	4,0	19,3	2,0	13,3	0,74
15.8.2013	Hodonínka 569	DT1	DT1	2,5		0,6	3,1	19,3	1,7	14,5	0,81
22.8.2014	u PR Damašek- vyšší	DT2	DT2	4,0		0,3	4,3	19,0	2,2	12,5	0,82
25.8.2014	u PR Damašek	DT2	DT2	2,3		0,3	2,6	16,2	2,2	11,4	0,76
28.8.2014	u PR Damašek	DT2	DT2	4,8		0,3	5,1	16,2	2,2	8,9	0,62
22.8.2014	Damašek	DT7	DT7	1,8		0,3	2,1	19,0	2,1	14,8	0,98
25.8.2014	Damašek	DT7	DT7	-0,4		0,3	-0,1	16,2	2,1	14,2	0,95
28.8.2014	Damašek	DT7	DT7	2,0		0,3	2,3	16,2	2,1	11,8	0,83
22.8.2014	Pustá Rybná	DT6	DT6	2,0		0,4	2,4	19,0	1,9	14,6	0,97
25.8.2014	Pustá Rybná	DT6	DT6	0,5		0,4	0,9	16,2	1,9	13,3	0,89
28.8.2014	Pustá Rybná	DT6	DT6	1,8		0,4	2,2	16,2	1,9	12,0	0,85
22.8.2014	Malení kout	DT1	DT1	3,5		0,6	4,1	19,0	2,9	12,1	0,80
25.8.2014	Brušovec-Herálec	DT4	DT4	2,0		0,9	2,9	16,2	2,5	10,8	0,73
8.7.2013	Hradec n/Sv	DT6	DT6	7,0		0,4	7,4	24,2	0,3	16,4	0,94
10.7.2013	Svitava 2	DT7	DT7	7,6		0,3	7,9	26,5	0,2	18,4	1,00

Příloha č. 2: Tabulka RMP – data ČHMÚ

	Adršpach	Bolevec	Březník	HK	Jelení	Jevíčko	Jizerka	Otice	Rokyt. slat	Rudolec	Šindelová	Volary	Vyšší Brod
2.8.2012													
13.8.2012		1,16		1,13					1,27	1,12			1,00
14.8.2012													
15.8.2012													
16.8.2012						1,15	1,11			1,15		1,23	1,00
18.8.2012		1,14				1,03			1,26	1,10			1,00
19.8.2012	1,00		1,18	1,05		1,04	1,04	0,87		1,07	1,11	1,25	1,00
28.8.2012	1,12	1,25				1,08			1,19	1,07			1,00
7.9.2012													
10.9.2012													
11.9.2012													
20.9.2012													
21.9.2012													
29.9.2012													
14.4.2013													1,00
15.4.2013		0,98	0,90	0,88		0,95	0,87	0,93	0,90		0,87	1,10	1,00
16.4.2013													
18.4.2013		1,02				0,97		0,90		1,04			1,00
22.4.2013													
24.4.2013	1,16	1,11	0,91				1,08		0,94	1,04			1,00
25.4.2013		1,04	0,95	0,98	1,13				0,96	0,98	1,05	1,15	1,00
26.4.2013	0,94	1,01		1,01	1,08	0,93	0,89	0,82	0,98	0,98	0,98		1,00

15.5.2013	0,99					1,01		0,85				1,05	1,00
16.5.2013	0,88												1,00
19.5.2013	0,97			0,95								1,15	1,00
26.5.2013													
9.6.2013													
13.6.2013													
14.6.2013						1,11							1,00
17.6.2013						0,83		0,76					1,00
18.6.2013	0,98	0,97						0,77		0,99	0,85		1,00
19.6.2013													
20.6.2013	0,88	0,87	1,05								0,75		1,00
21.6.2013													
29.6.2013													
2.7.2013	0,98	0,98			1,03	0,98		0,88			0,94		1,00
9.7.2013	1,21	1,12		1,20		1,22	1,23	1,03		1,03			1,00
10.7.2013	1,16	1,11		1,13			1,11			0,97			1,00
13.7.2013													
16.7.2013	0,77	1,10	1,21	1,11	1,07	0,87	0,74			0,90	1,01		1,00
17.7.2013	0,99	1,08			1,19	0,97		0,88	1,23	0,97	1,06		1,00
19.7.2013	1,16	1,16			1,32	1,18				0,96		1,35	1,00
23.7.2013		1,07	1,19	1,10	1,20	1,04	1,08	0,93				1,25	1,00
24.7.2013													
28.7.2013													
29.7.2013													
2.8.2013	0,81	0,95			1,01	0,89	0,89	0,79	1,21	0,84	0,92	1,22	1,00
16.8.2013	1,07	1,06			1,07	1,13	1,10	0,99			1,14		1,00
23.8.2013	0,98						1,03	0,78		0,93			1,00
8.9.2013													
10.9.2013													
17.4.2014													
18.4.2014													
25.4.2014													
5.5.2014									1,17	1,05			1,00
6.5.2014										0,91			1,00
20.5.2014													
1.6.2014													
2.6.2014													
6.6.2014			1,05										1,00
7.6.2014			1,10					0,86		0,97			1,00
8.6.2014	1,03	1,02				1,08		0,92	1,21	0,99	0,99		1,00
9.6.2014	1,00	0,95				0,96		0,81	1,10	0,97	0,90		1,00
10.6.2014	1,07	1,04				1,06			1,22	1,07	0,97		1,00
11.6.2014													
16.6.2014													
23.6.2014													
27.6.2014									1,10				1,00
4.7.2014													
22.8.2014													
5.9.2014													
24.9.2014													
Průměr	1,01	1,05	1,06	1,05	1,12	1,02	1,01	0,87	1,12	1,00	0,97	1,19	1,00
Maximum	1,21	1,25	1,21	1,20	1,32	1,22	1,23	1,03	1,27	1,15	1,14	1,35	1,00
Minimum	0,77	0,87	0,90	0,88	1,01	0,83	0,74	0,76	0,90	0,84	0,75	1,05	1,00
Median	0,99	1,05	1,05	1,07	1,08	1,03	1,06	0,87	1,18	0,99	0,97	1,22	1,00
Prům. odchylka	0,09	0,07	0,10	0,08	0,08	0,08	0,11	0,06	0,11	0,06	0,08	0,07	0,00
Směrod. odch.	0,11	0,09	0,11	0,09	0,09	0,10	0,13	0,07	0,12	0,07	0,10	0,09	0,00
Rozptyl	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00

Příloha č. 3: Tabulka absolutních hodnot Tr – ČHMÚ a Brněnec

	Adršpach	Bolevec	Březník	HK	Jelení	Jevíčko	Jizerka	Otice	Rokyt. slat	Rudolec	Šindelová	Volary	Vyšší Brod	Brněnec	Louka
30.4.2012	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13.7.2012	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2.8.2012	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13.8.2012	X	-8,2	X	-13,4	X	X	X	X	-15,3	-9,1	X	X	-9,2	X	X
16.8.2012	X	X	X	X	X	-13,2	-16,6	X	X	-13,9	X	-17,6	-13,1	-12,2	X
18.8.2012	X	-10,3	X	X	X	-7,4	X	X	-15,5	-10,6	X	X	-8,8	-7,0	X
19.8.2012	-15,4	X	-18,7	-17,3	X	-12,3	-18,2	-12,0	X	-15,1	-18,3	-19,5	-14,1	-11,2	X
28.8.2012	-10,2	-9,7	X	X	X	-8,1	X	X	-16,5	-8,2	X	X	-10,2	-7,7	X
7.9.2012	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14.4.2013	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-10,1	-7,6	-8,2
15.4.2013	X	-11,8	-13,0	-13,3	X	-9,7	-12,4	-9,1	-14,2	X	-14,6	-15,4	-12,5	-9,7	-11,9
18.4.2013	X	-12,3	X	X	X	-11,6	X	-11,8	X	-13,3	X	X	-13,6	-10,9	-13,7
24.4.2013	-10,5	-8,8	-11,4	X	X	X	-10,0	X	-12,5	-9,1	X	X	-9,8	-9,3	-12,0
25.4.2013	X	-12,9	-14,6	-14,5	-15,3	X	X	X	-15,7	-12,2	-14,4	-16,4	-13,3	-11,3	-13,3
26.4.2013	-15,2	-14,1	X	-16,7	-16,7	-13,0	-15,5	-11,7	-17,7	-13,7	-14,9	X	-15,4	-12,7	-15,0
15.5.2013	-12,1	X	X	X	X	-10,2	X	-9,5	X	X	X	-16,4	-14,7	-10,0	-12,3
16.5.2013	-14,1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-14,1	X	-10,1
19.5.2013	-13,9	X	X	-14,7	X	X	X	X	X	X	X	-16,7	-13,9	X	-13,3
14.6.2013	X	X	X	X	X	-12,1	X	X	X	X	X	X	-15,0	-11,9	X
17.6.2013	X	X	X	X	X	-9,3	X	-9,0	X	X	X	X	-13,6	-8,7	-11,1
18.6.2013	-15,0	-14,9	X	X	X	X	X	-12,7	X	-13,9	-14,5	X	-13,4	-12,6	-14,7
20.6.2013	-14,7	-13,9	-17,8	X	X	X	X	X	X	-13,2	X	X	-14,8	-9,4	-12,3
29.6.2013	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.7.2013	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2.7.2013	-12,7	-10,8	X	X	-12,8	-11,0	X	-9,7	X	X	-11,1	X	-12,6	-10,5	-13,0
3.7.2013	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8.7.2013	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9.7.2013	-10,6	-8,0	X	-12,7	X	-9,9	-12,5	-9,5	X	-7,9	X	X	-7,6	-7,9	-9,2
10.7.2013	-12,1	-10,0	X	-14,2	X	X	-12,6	X	X	-9,6	X	X	-10,6	-9,4	-10,6
16.7.2013	-9,2	-8,8	-14,4	-13,1	-13,0	-7,7	-11,1	X	X	-6,6	-11,0	X	-8,7	-7,5	-9,1
17.7.2013	-10,7	-10,7	X	X	-13,3	-9,6	X	-8,5	-17,7	-10,0	-11,4	X	-12,0	-8,7	-10,6
19.7.2013	-11,0	-8,8	X	X	-12,4	-10,6	X	X	X	-9,0	X	-15,3	-10,7	-9,4	-11,2
22.7.2013	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23.7.2013	X	-14,0	-19,3	-17,9	-17,6	-12,9	-16,8	-12,6	X	X	X	-19,7	-14,2	-12,0	-13,8
2.8.2013	-14,0	-15,8	X	X	-18,5	-12,4	-16,1	-11,2	-23,9	-14,8	-16,0	-23,1	-18,3	-11,7	-14,3
15.8.2013	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
16.8.2013	-12,1	-11,0	X	X	-14,5	-11,1	-14,3	-10,5	X	X	-14,1	X	-11,2	-10,4	-12,9
22.8.2013	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23.8.2013	-9,7	X	X	X	X	X	-11,0	-8,6	X	-8,0	X	X	-11,4	-8,6	-10,1
5.5.2014	X	X	X	X	X	X	X	X	-11,9	-6,4	X	X	-7,7	-3,7	-4,9
6.5.2014	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-11,7	X	X	-11,6	-8,6	-10,7
6.6.2014	X	X	-13,6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-10,7	-9,6	-11,2
7.6.2014	X	X	-17,8	X	X	X	X	-12,0	X	-13,0	X	X	-14,8	-12,5	-15,0
8.6.2014	-16,7	-15,0	X	X	X	-15,4	X	-14,5	-19,5	-15,1	-15,4	X	-13,9	X	-16,9
9.6.2014	-18,0	-16,1	X	X	X	-16,2	X	-16,1	-21,8	-17,3	-16,8	X	-18,1	-15,1	X
10.6.2014	-18,6	-17,7	X	X	X	-15,9	X	X	-22,8	-18,7	-18,4	X	-18,0	-15,2	X
27.6.2014	X	X	X	X	X	X	X	X	-14,8	X	X	X	-10,6	-6,1	-8,2
22.8.2014	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
25.8.2014	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
28.8.2014	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Adršpach	Bolevec	Březník	HK	Jelení	Jevíčko	Jizerka	Otice	Rokyt. slat	Rudolec	Šindelová	Volary	Vyšší Brod	Brněnec	Louka
Průměr	-13,2	-12,0	-15,6	-14,8	-14,9	-11,4	-13,9	-11,1	-17,1	-11,6	-14,6	-17,8	-12,6	-10,0	-11,8
Maximum	-9,2	-8,0	-11,4	-12,7	-12,4	-7,4	-10,0	-8,5	-11,9	-6,4	-11,0	-15,3	-7,6	-3,7	-4,9
Minimum	-18,6	-17,7	-19,3	-17,9	-18,5	-16,2	-18,2	-16,1	-23,9	-18,7	-18,4	-23,1	-18,3	-15,2	-16,9
Median	-12,7	-11,4	-14,6	-14,4	-14,5	-11,1	-13,5	-11,2	-16,1	-11,7	-14,6	-16,7	-12,9	-9,6	-12,0
Prům. odchylka	2,3	2,4	2,5	1,5	1,9	2,0	2,3	1,7	2,9	2,9	1,8	2,0	2,2	1,9	2,0
Směrod. odch.	2,7	2,8	2,7	1,8	2,1	2,4	2,6	2,1	3,6	3,3	2,3	2,4	2,7	2,4	2,5
Rozptyl	7,0	7,8	7,1	3,1	4,5	6,0	6,6	4,3	12,7	11,1	5,2	5,7	7,3	5,8	6,2
Počet	21,0	22,0	9,0	10,0	9,0	21,0	12,0	17,0	14,0	23,0	14,0	9,0	36,0	32,0	28,0

Příloha č. 4: Tabulka rozdílů Tr od Vyššího Brodu

rozdil k VB	Adršpach	Bolevec	Březník	HK	Jelení	Jevíčko	Jizerka	Otice	Rokyt. slat	Rudolec	Šindelová	Volary	Vyšší Brod	Brněnec	Louka
30.4.2012	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13.7.2012	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2.8.2012	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13.8.2012	X	1,0	X	-4,1	X	X	X	X	-6,1	0,2	X	X	0,0	X	X
16.8.2012	X	X	X	X	X	-0,0	-3,5	X	X	-0,8	X	-4,5	0,0	0,9	X
18.8.2012	X	-1,5	X	X	X	1,4	X	X	-6,7	-1,8	X	X	0,0	1,9	X
19.8.2012	-1,3	X	-4,5	-3,1	X	1,9	-4,0	2,1	X	-1,0	-4,2	-5,3	0,0	3,0	X
28.8.2012	-0,1	0,4	X	X	X	2,1	X	X	-6,4	1,9	X	X	0,0	2,5	X
7.9.2012	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14.4.2013	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0,0	2,5	1,9
15.4.2013	X	0,6	-0,5	-0,9	X	2,8	0,0	3,4	-1,8	X	-2,2	-3,0	0,0	2,8	0,6
18.4.2013	X	1,3	X	X	X	2,0	X	1,8	X	0,4	X	X	0,0	2,7	-0,1
24.4.2013	-0,7	1,0	-1,6	X	X	X	-0,2	X	-2,7	0,7	X	X	0,0	0,5	-2,2
25.4.2013	X	0,5	-1,3	-1,2	-2,0	X	X	X	-2,4	1,1	-1,1	-3,1	0,0	2,1	0,0
26.4.2013	0,2	1,3	X	-1,3	-1,3	2,4	-0,1	3,7	-2,3	1,7	0,5	X	0,0	2,7	0,4
15.5.2013	2,7	X	X	X	X	4,5	X	5,2	X	X	X	-1,7	0,0	4,7	2,5
16.5.2013	0,0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0,0	X	4,1
19.5.2013	0,0	X	X	-0,8	X	X	X	X	X	X	X	-2,9	0,0	X	0,6
14.6.2013	X	X	X	X	X	2,9	X	X	X	X	X	X	0,0	3,1	X
17.6.2013	X	X	X	X	X	4,3	X	4,6	X	X	X	X	0,0	4,9	2,5
18.6.2013	-1,7	-1,5	X	X	X	X	X	0,7	X	-0,5	-1,1	X	0,0	0,8	-1,3
20.6.2013	0,1	0,9	-3,0	X	X	X	X	X	X	X	1,6	X	0,0	5,4	2,6
29.6.2013	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.7.2013	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2.7.2013	-0,1	1,7	X	X	-0,2	1,6	X	2,9	X	X	1,5	X	0,0	2,1	-0,5
3.7.2013	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8.7.2013	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9.7.2013	-3,0	-0,4	X	-5,1	X	-2,3	-4,9	-1,9	X	-0,4	X	X	0,0	-0,4	-1,6
10.7.2013	-1,5	0,6	X	-3,6	X	X	-2,0	X	X	1,0	X	X	0,0	1,2	-0,0
16.7.2013	-0,5	-0,0	-5,6	-4,4	-4,2	1,0	-2,4	X	X	2,1	-2,3	X	0,0	1,2	-0,4
17.7.2013	1,3	1,3	X	X	-1,4	2,4	X	3,5	-5,7	2,0	0,6	X	0,0	3,2	1,4
19.7.2013	-0,3	1,9	X	X	-1,7	0,2	X	X	X	1,7	X	-4,6	0,0	1,3	-0,5
22.7.2013	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23.7.2013	X	0,2	-5,1	-3,7	-3,4	1,3	-2,6	1,6	X	X	X	-5,5	0,0	2,2	0,4
2.8.2013	4,3	2,5	X	X	-0,2	5,9	2,2	7,1	-5,6	3,5	2,3	-4,8	0,0	6,6	4,0
15.8.2013	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
16.8.2013	-0,9	0,3	X	X	-3,3	0,2	-3,1	0,7	X	X	-2,8	X	0,0	0,8	-1,6
22.8.2013	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23.8.2013	1,7	X	X	X	X	X	0,4	2,8	X	3,4	X	X	0,0	2,8	1,3
5.5.2014	X	X	X	X	X	X	X	X	-4,2	1,3	X	X	0,0	4,0	2,8
6.5.2014	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-0,1	X	X	0,0	3,0	0,9
6.6.2014	X	X	-2,9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0,0	1,1	-0,5
7.6.2014	X	X	-3,0	X	X	X	X	2,7	X	1,8	X	X	0,0	2,3	-0,3
8.6.2014	-2,8	-1,1	X	X	X	-1,5	X	-0,5	-5,6	-1,2	-1,4	X	0,0	X	-3,0
9.6.2014	0,0	1,9	X	X	X	1,9	X	1,9	-3,7	0,8	1,3	X	0,0	2,9	X
10.6.2014	-0,6	0,3	X	X	X	2,1	X	X	-4,8	-0,7	-0,4	X	0,0	2,9	X
27.6.2014	X	X	X	X	X	X	X	X	-4,2	X	X	X	0,0	4,5	2,4
22.8.2014	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
25.8.2014	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
28.8.2014	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Adršpach	Bolevec	Březník	HK	Jelení	Jevíčko	Jizerka	Otice	Rokyt. slat	Rudolec	Šindelová	Volary	Vyšší Brod	Brněnec	Louka
Průměr	-0,1	0,6	-3,1	-2,8	-2,0	1,8	-1,7	2,5	-4,4	0,7	-0,5	-3,9	0,0	2,6	0,6
Maximum	4,3	2,5	-0,5	-0,8	-0,2	5,9	2,2	7,1	-1,8	3,5	2,3	-1,7	0,0	6,6	4,1
Minimum	-3,0	-1,5	-5,6	-5,1	-4,2	-2,3	-4,9	-1,9	-6,7	-1,8	-4,2	-5,5	0,0	-0,4	-3,0
Median	-0,1	0,6	-3,0	-3,4	-1,7	1,9	-2,2	2,7	-4,5	0,8	-0,7	-4,5	0,0	2,6	0,4
Prům. odchylka	1,1	0,8	1,3	1,4	1,1	1,3	1,8	1,6	1,4	1,2	1,6	1,1	0,0	1,1	1,4
Směrod. odch.	1,6	1,0	1,7	1,5	1,3	1,8	2,0	2,1	1,6	1,4	1,9	1,2	0,0	1,5	1,8
Rozptyl	2,6	1,1	2,7	2,4	1,8	3,4	4,1	4,3	2,6	1,9	3,4	1,5	0,0	2,3	3,1
Počet	21,0	22,0	9,0	10,0	9,0	21,0	12,0	17,0	14,0	23,0	14,0	9,0	36,0	32,0	28,0

Příloha č. 5: Tabulka rozdílu Tr vůči Brněnci a převod na Vyšší Brod

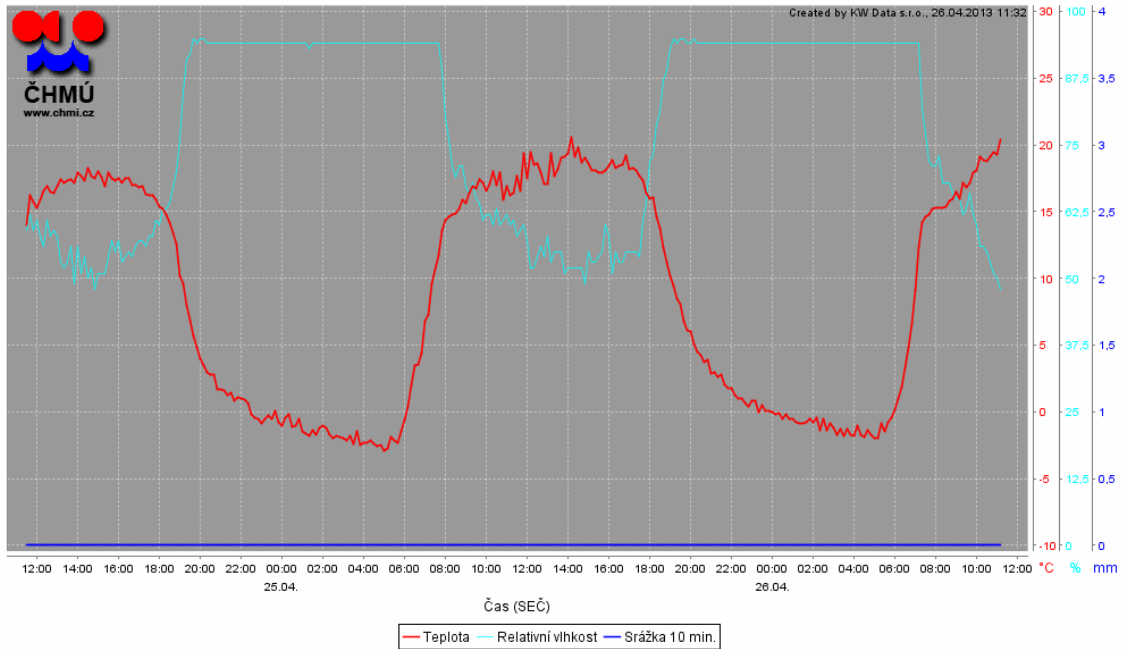
	nad Luhy	Horní Poříčí	Západ - Banín	Soutok-Banín	Závěr	Lavičné	Bělá n. Sv.	Svit. pod Radim.	Násep - Banín. p.	Ohrouk	Dlouhá Loučka	Úřechov	Bořšov
Průměr	-0,6	0,2	-1,9	-1,5	-2,1	-1,0	-0,6	-2,4	-3,2	-1,2	-1,6	-1,5	-0,7
Maximum	0,8	0,2	-1,4	-1,1	-1,4	-0,6	-0,2	-2,1	-2,6	-1,1	-1,1	-1,2	-0,4
Minimum	-2,0	0,2	-2,2	-1,9	-2,7	-1,5	-0,9	-2,7	-3,5	-1,5	-2,2	-1,8	-1,1
Median	-0,6	0,2	-1,9	-1,5	-2,1	-1,0	-0,5	-2,4	-3,3	-1,1	-1,4	-1,7	-0,6
Prům. odd.	1,4	0,0	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,3
Směrodat. c.	1,4	0,0	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,4	0,2	0,4	0,3	0,3
Rozptyl/	1,9	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,2	0,1	0,1
Počet	2,0	1,0	6,0	4,0	6,0	4,0	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
kV/B	2,0	2,8	0,7	1,1	0,5	1,6	2,0	0,2	-0,6	1,4	1,0	1,1	1,9

Pacov soutok	Pacov údolí	Měst. Trnávka	Chov	Soutok Tr. pot.	Hodonínka 603	Hodonínka 592	Hodonínka 573
-0,5	-0,3	-0,0	-1,9	-0,6	0,0	0,3	0,7
0,0	0,4	0,3	-1,0	0,1	0,9	1,4	1,7
-1,0	-0,7	-0,2	-2,9	-1,7	-0,8	-0,7	-0,2
-0,5	-0,7	-0,1	-1,7	-0,3	0,0	0,3	0,5
0,4	0,5	0,2	0,7	0,7	0,8	1,0	0,7
0,4	0,5	0,2	0,8	0,8	0,8	1,0	0,8
0,2	0,3	0,1	0,6	0,6	0,7	1,0	0,6
3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,0	2,0	3,0
2,1	2,3	2,6	0,7	2,0	2,6	2,9	3,3

přítok Hod: 600/610	Hodonínka 569	u PR Damašek - vyšší	Damašek	Pustá Rybná	Maleníkout	Brušovec-Herálec	Hradec n/Sv	Svitava 2	Louka
1,3	0,2	1,2	-1,5	-1,2	-0,1	1,3	-1,4	-2,6	-2,0
1,3	0,2	2,7	-0,2	-0,4	-0,1	1,3	-1,4	-2,6	-0,5
1,3	0,2	-0,2	-2,5	-2,3	-0,1	1,3	-1,4	-2,6	-2,9
1,3	0,2	0,9	-1,9	-0,9	-0,1	1,3	-1,4	-2,6	-2,1
0,0	0,0	1,1	0,9	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
0,0	0,0	1,2	1,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
0,0	0,0	1,5	1,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
1,0	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	35,0
3,9	2,8	3,8	1,1	1,4	2,5	3,9	1,2	-0,0	0,6

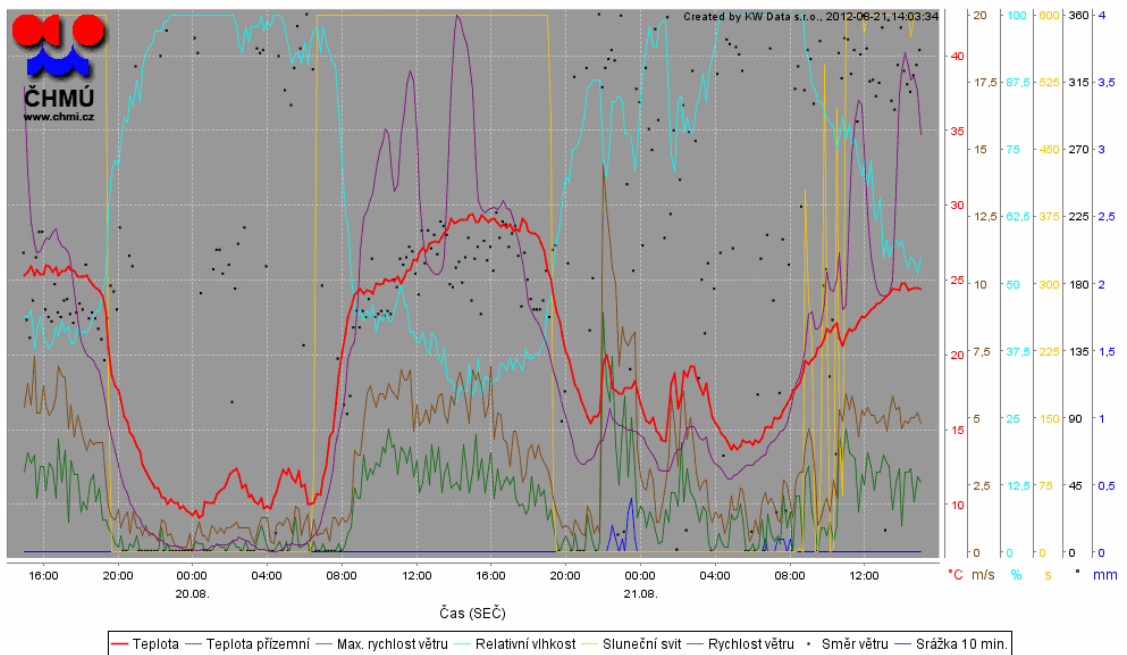
# Obrazová příloha

Jelení (L3JELE01), okres: Karlovy Vary, 860 m n. m.



Obr. 1: Příklad grafu vhodného k zařazení do výzkumu – Jelení, duben 2013

Kořenov, Jizerka (P2KORE01), okres: Jablonec nad Nisou, 858 m n. m.



Obr. 2: Příklad grafu nevhodného k zařazení do výzkumu – Jizerka, červen 2013





Obr. 3: Brněnec-louka, duben 2013



Obr. 4: DT2 na louce, duben 2013



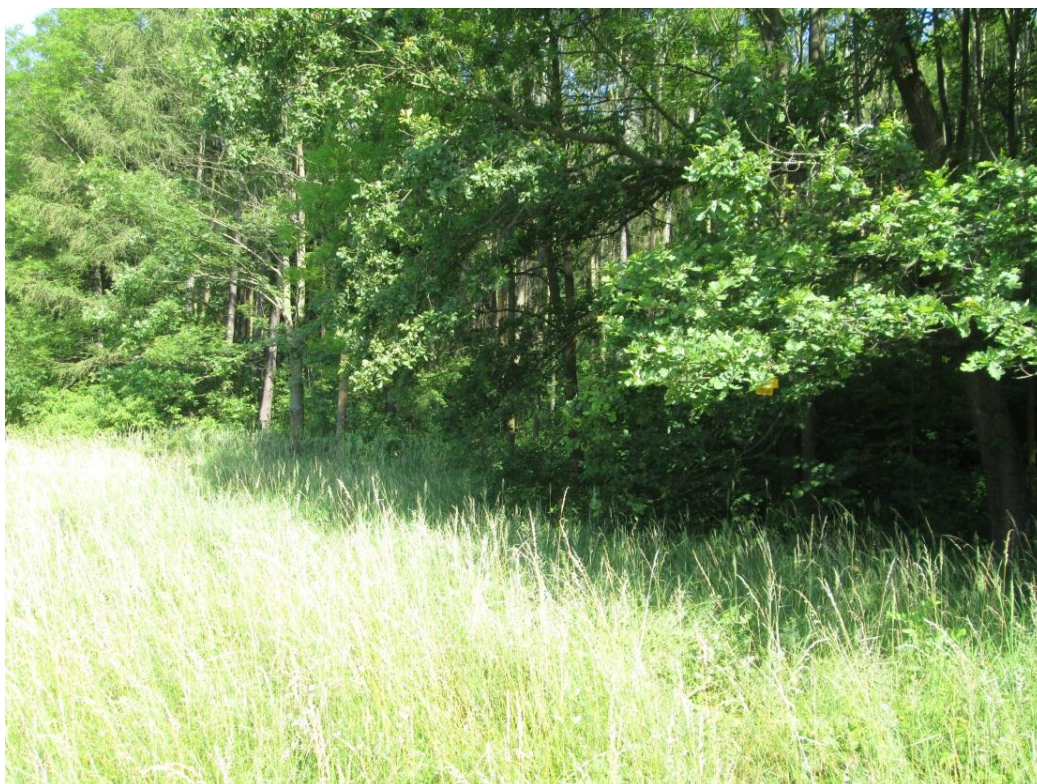
Obr. 5: B-5053 na louce, červenec 2014



Obr. 6: B-5053, louka, 26. 8. 2014 (minimum z 25. 8. 2014)



Obr. 7: DT1 Banín-závěr, 27.6.2013



Obr. 8: DT3 lokalita Oblouk (údolí Svitavy), 9.7.2013



Obr. 9: DT2 Útěchov, 16.7.2013



Obr. 10: Údolí Hodonínky, 22.8.2013



Obr. 11: DT7, Damašek nižší, 22.8.2014



Obr. 12: Pustá Rybná, 25.8.2014