



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Pedagogická fakulta
Katedra aplikované fyziky a techniky

Bakalářská práce

Fyzikální měření v geografii

Vypracoval: Zdeněk Beneš
Vedoucí práce: Doc. Jiří Tesař, Ph.D.
České Budějovice 2014

Anotace

Fyzikální měření v geografii

Cílem práce je bližší seznámení s vybranými prvky zabývajícími se meteorologií. Konkrétně jde o tlak a teplotu vzduchu, teplotu vody, rychlost proudění vzduchu, rychlost proudění a průtok vody. Snahou je přiblížení a vzbuzení zájmu nezaujatého člověka a laika o tuto problematiku. Jedním z cílů bylo porozumění jevům, které každodenně probíhají v okolním prostředí. Důležité bylo pochopení a naučení se práce s přístroji a čidly potřebnými k provedení samotného měření.

V teoretické části práce jsou popsány jednotlivé meteorologické charakteristiky a způsob jejich zaznamenávání. Praktická část se soustředí na samotné měření s přístroji a čidly od firem Vernier a Pasco. Závěrečnou fází je vyhodnocení nasbíraných dat.

Klíčová slova: meteorologické charakteristiky, fyzikální měření, meteorologie, klimatologie

Abstract:

Physical gauging in geography

The goal of this thesis is to explain some chosen parts of meteorology. Specifically, pressure and air temperature, water temperature, air velocity, flow rate and water flow. The effort is waking an interest and bring it closer to any layman. One of the goal was to understand to everyday effects going on around. Another important thing was to grasp and learn to work with instruments and sensors which were necessary for gauging.

There are described particular meteorological attributes in the theoretical part of the thesis and so the way of their noting. Practical part aims for gauging itself, where sensors and instruments of Vernier and Pasco were used. The final part contains evaluation of gathered dates.

Keywords: meteorological attributes, physical gauging, meteorology, climatology

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

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 8. 6. 2014

.....

Mé poděkování patří především vedoucímu práce p. Doc. Jiřímu Tesařovi, Ph.D., který mi po celou dobu byl nápomocen a poskytoval cenné rady při vypracování bakalářské práce. Velké díky patří také p. Mgr. Vítu Bednářovi, který se velkou měrou zasloužil o provedení praktické části této práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině, která po celou dobu stála za mnou a plně mě podporovala. Především bratr, Vojtěch Beneš, mi velice pomohl při měření meteorologických charakteristik.

Obsah

1. Úvod.....	7
2. Teorie.....	8
2.1. Fyzikální pozorování	8
2.2. Mezinárodní soustava SI.....	9
2.3. Meteorologie a klimatologie.....	9
3. Jednotlivé meteorologické charakteristiky	11
3.1. Rychlost větru.....	11
3.2. Tlak vzduchu	12
3.2.1. Torricelliho trubice	12
3.3. Vlhkost vzduchu	13
3.4. Teplota vzduchu.....	14
3.4.1. Teplotní stupnice.....	15
3.5. Rychlost toku	16
4. Použité přístroje a software	17
4.1. Datalogger LabQuest 2	17
4.2. Barometr (Vernier)	18
4.3. Barometr (Pasco)	19
4.4. Anemometr	19
4.5. Go!Temp.....	20
4.6. Flow Rate Sensor	21
4.7. Logger Lite software (verze 1.6.1)	21
4.8. Xplorer GLX simulator.....	22
5. Měření	24
5.1. Lokalita.....	24
5.2. Porovnání barometrů firmy Vernier a Pasco s oficiálními hodnotami CHMI.....	25
5.3. Krátkodobé měření	27
5.3.1. Rychlost a průtok vody	27
5.3.2. Rychlost proudění vzduchu.....	29
5.3.3. Tlak vzduchu.....	30
5.3.4. Teplota vzduchu a teplota vody	30
5.4. Dlouhodobé měření	31
6. Vyhodnocení získaných dat.....	33
6.1. Hodnocení kalibrace barometrů.....	33
6.2. Hodnocení krátkodobého měření.....	36
6.2.1. Vyhodnocení rychlosti a průtoku Dračice	36

6.2.2.	Vyhodnocení rychlosti proudění vzduchu	40
6.2.3.	Vyhodnocení tlaku vzduchu.....	42
6.2.4.	Vyhodnocení teploty vzduchu a teploty vody.....	44
6.3.	Hodnocení dlouhodobého měření.....	46
6.3.1.	Vyhodnocení teploty vzduchu	46
6.3.2.	Vyhodnocení tlaku vzduchu.....	49
7.	Závěr.....	50
	Seznam použité literatury	52
	Seznam příloh.....	54

1. Úvod

Aniž si to lidé mnohdy uvědomují, tak všude kolem nás dochází k nepřebornému množství meteorologických, klimatických a fyzikálních jevů. Existují takové jevy a procesy, které markantně ovlivňují lidské životy a jsou silně vnímány. Většinou se jedná o přírodní katastrofy, které ničí majetky, a co hůř, způsobují i ztráty na životech. Ať už jde o ničivé povodně, silné proudění větru odnášející střechy domů, krupobití mačkající kapoty aut nebo například rozsáhlé lesní požáry způsobené vysokými teplotami během delšího časového období. Toto je samozřejmě globální pohled na danou věc, ovšem je třeba si uvědomit, že tyto krajní situace se dějí čím dál tím častěji. Vedle opravdu extrémních případů, již výše zmiňovaných, probíhá v atmosféře, na zemském povrchu i pod ním mnoho procesů a jevů, které jsou každodenní součástí života. Právě meteorologické charakteristiky jsou předmětem zkoumání práce.

Pro lidskou společnost je důležité, aby výše zmíněné jevy dokázala předvídat a do jisté míry předcházet jejich následkům. Pokud chce člověk porozumět probíhajícím procesům okolo něj, je ve většině případů potřebné využít technické podpory. V dnešní době se bez měřických přístrojů takřka nedá obejít.

Jedním z cílů bakalářské práce je seznámení se s přístroji, které jsou nápomocné při zaznamenávání různých meteorologických charakteristik. Díky schopnosti ovládní a práce s nimi bylo posbíráno velké množství dat, která následně poslouží k porovnání s oficiálními daty. Díky možnosti měření s čidly dvou různých firem mohlo dojít také k vzájemnému srovnání.

2. Teorie

Tato kapitola je zaměřená na teoretická východiska práce. Pro začátek bude vhodné nastínit teoretickou část. Zde dojde k vysvětlení toho, co jaká charakteristika vyjadřuje, jakým způsobem se měří, jaké přístroje jsou k tomu potřeba a v jakých jednotkách se vyjadřují.

2.1. Fyzikální pozorování

Fyzikální pozorování, stejně jako jakékoliv jiné, lze vyhodnotit buď kvantitativně, nebo ve druhém případě kvalitativně. Pokud bude cílem pozorování sledovat například závislost tlaku vzduchu na jeho teplotě, zda tlak s teplotou klesá nebo naopak stoupá, jde o ryze kvalitativní pozorování. Naproti tomu, budou – li výsledkem pozorování číselné hodnoty, které umožní zjistit i velikost pozorovaných změn, pracujeme s kvantitativním pozorováním. Stejně tak, jako u věd podobných meteorologii, kde se zkoumají různé přírodní jevy v přirozeném a neovlivněném prostředí, je i ve fyzice u většiny případů prováděno pozorování v přirozeném prostoru. V ojedinělých případech dochází k měření v umělých laboratorních podmínkách vytvořených a přizpůsobených člověkem. Pozorování založené na uměle vytvořených podmínkách se označuje jako pokus neboli experiment. Kvantitativní pozorování je nazýváno měřením [1].

Pro určení velikosti fyzikální veličiny je nutné provést měření. Měřením se zjišťují vzájemné vztahy mezi jednotlivými veličinami. Pokud nejsou tyto vztahy doposud známé, pak se měřením formuluje fyzikální zákon. Fyzikální zákon je možné definovat pouze na základě velkého souboru naměřených hodnot. Nelze zákon odvodit pouze z jednoho měření či z malého počtu měření [1].

Nejčastěji probíhá každé fyzikální měření ve třech základních etapách. Nejdříve musí dojít k přípravě měření, následuje samotné měření jako takové a na závěr se zpracovávají a vyhodnocují výsledky měření. Při přípravě na měření se provádějí úkony, které ještě nespádají do samotného měření. Úkolem je připravit takové podmínky, aby vlastní měření docílilo nejpříznivějších výsledků. Je spousta pracovních zásad pro přípravu měření. Mezi některé z nich patří pozorovatelovo podrobné seznámení s úkoly měření, dobré ovládnání dané problematiky, stanovení měřící techniky, zvážení vlivů, které by

mohly působit na měření apod. Po přípravě může dojít k vlastnímu měření, se kterým souvisí buď přesun do terénu, či práce v laboratorních podmínkách. Cílem měření je sběr číselných dat. Data se v poslední fázi fyzikálního měření vyhodnocují a prezentují [1].

2.2. Mezinárodní soustava SI

Od 1. ledna 1980 je v České republice (v té době ještě ČSSR) zákonem uznána jen jedna jednotková soustava. Tato soustava se nazývá Mezinárodní soustava jednotek SI (z franc. *Système International d'Unités*). Mezinárodní soustavu SI tvoří jednotky základní, doplňkové, odvozené a násobné a dílčí. Základních jednotek je sedm. Je to metr, což je základní jednotka délky, základní jednotka hmotnosti je kilogram, sekunda je základní jednotkou času. Ačkoliv je u nás zvykem používat pro teplotu jednotku stupeň Celsia, je základní jednotkou teplotního rozdílu kelvin. Dále jsou to mol, který je základní jednotkou látkového množství, pro svítivost se používá kandela a ampér, což je základní jednotka pro elektrický proud. Tyto jednotky jsou rozšířeny o 2 doplňkové, a sice radián, který se používá pro jednotku rovinného úhlu a steradián, pomocí něhož je vyjadřován prostorový úhel. Z výše uvedených devíti jednotek lze pomocí fyzikálních zákonů odvozovat další jednotky, které jsou ve fyzice hojně používány. Některé odvozené jednotky mají svůj speciální název například po osobě, která je definovala. Jako příklad uvedeme jednotku výkonu, což je jeden watt (W). Rozměr wattu je:

$$Js^{-1} = m^2kg s^{-3} \quad (1)$$

Násobné a dílčí jednotky se používají tehdy, pokud mají zjištěné jednotky příliš malé nebo naopak velké rozměry. Tvoří se buď pomocí předpony k hlavní jednotce (exa, mikro, tera, femto,...), nebo desítkovými poměry k hlavní jednotce (10^9 , 10^{-3} , 10^1 ,...) [1].

2.3. Meteorologie a klimatologie

Je třeba si uvědomit, že mezi pojmy počasí a podnebí je znatelný rozdíl. Jako počasí je chápán okamžitý meteorologický stav pozorovatelný v okolí. Kdežto podnebí je už dlouhodobý režim počasí v daném místě pozorování. Tento režim závisí na charakteru aktivního povrchu, energetické bilanci a cirkulaci atmosféry. Pro vyhodnocování podnebí slouží statistické metody používající různé statistické charakteristiky, jsou to například

průměry, sumy apod. Věda zabývající se podnebím neboli klimatem je nazývána klimatologií [2].

Pravdou je, že jednotlivé klimatické prvky, kterými se popisuje podnebí, jsou na mnoha místech velice proměnlivé. Proto lze sledovat extrémní meteorologických charakteristik, což jsou nejvyšší a nejnižší hodnoty za zvolené sledované období. Je možné sledovat extrémní během dne, týdne, měsíce, části roku, celého roku, během celého období. Z těchto extrémů jednotlivých časových úseků se počítají průměry maxim a minim. Za zvolené pozorované období se vypočítají průměrné hodnoty a kladná nebo naopak záporná odchylka od nich je také označována jako anomálie. Pokud se anomálie s určitou pravidelností opakují během dlouhodobé periody (např. během roku), jedná se o tzv. singularitu. Singularity jsou pozorovatelné především u teploty vzduchu a atmosférických srážek.

Dvě velice důležité vědy, které úzce souvisí s tvorbou a výzkumem potřebným v této práci, jsou meteorologie a klimatologie. Ačkoliv jsou tyto vědy velice provázané, někteří meteorologové a klimatologové zastávají názor, že patří pod jediný obor, k jejich vývoji docházelo odděleně. Původní význam meteorologie existuje už od 4. st. př. n. l., jímž si Platon vysvětloval děje, které probíhaly mezi nebem a zemí (z řec. meteora = věci nadzemské).

Meteorologie je zaměřená na zkoumání atmosféry ohledně jejího složení, vlastností a fyzikálních procesů, ke kterým v ní dochází. Problematika, kterou meteorologie sleduje, zahrnuje mimo jiné i elektrické pole atmosféry, optické a zvukové jevy v ní probíhající, oběh vody a změny fází s vlivem na zemský povrch atd. Samotná meteorologie se snaží řešit a popsat děje, procesy, které probíhají do úrovně troposféry a stratosféry. Studium dějů formujících se ve vyšších vrstvách se zabývá tzv. aeronomie.

Různými klimaty na Zemi se zabývá klimatologie. Předmětem studia jsou podmínky a příčiny utváření klimatu a zároveň jejich působení na člověka, přírodní děje a naopak [3].

3. Jednotlivé meteorologické charakteristiky

3.1. Rychlost větru

Jedna z meteorologických charakteristik, která je rozebírána v této práci, je rychlost větru. Vítr jako takový je popisován jako pohyb vzduchu v určitém místě atmosféry vzhledem k danému místu na Zemi vztahený k určitému časovému okamžiku. U větru určujeme směr a rychlost. Právě rychlost větru byla vybrána pro bližší pozorování. Tato charakteristika je definována jako vzdálenost, kterou urazí pohybující se vzduch za jednotku času. V základních jednotkách se měří v [m/s], v meteorologii se též používá [km/h].

Rychlost větru se měří přístrojem, který se nazývá anemometr [4]. Slovo anemometr pochází z latinského "anemos", což znamená vítr a "metron", což je míra. Česky se tento přístroj označuje jako větroměr. Rozdělení anemometrů je podle principu jejich chodu. Jeden z nejrozšířenějších je miskový anemometr, který je principiálně založen na otáčení vrtule. Tento anemometr se sestává ze čtyř polokulovitých dutých misek, které jsou orientované na stejný směr a připevněné na vodorovném kříži. Vlivem narážejícího větru se celý kříž s miskami otáčí kolem své svislé osy ve směru proudícího větru. U modernějších anemometrů tohoto typu se někdy tvary misek a jejich počet mění (v zásadě redukuje na 3 misky) a sice kvůli rovnoměrnějšímu chodu při malých rychlostech větru. Rychlost větru je pak úměrná počtu otáček. Pro zajímavost, takovýto anemometr byl zkonstruován již v roce 1846 irským fyzikem a astronomem Johnem T. R. Robinsonem [5]. Dalším typem tohoto zařízení je tzv. dynamický anemometr, který je založen na rozdílu mezi dynamickým tlakem ve speciálně konstruované aerodynamické trubici obtékané vzduchem a statickým tlakem v té samé trubici za bezvětří. Třetím typem je zchlazovací anemometr, jehož hlavní složkou je drát z určitého materiálu vyhřátý na vyšší teplotu než je teplota okolního vzduchu. A čím větší vítr proudí, tím více se drát ochlazuje [4]. Anemometr, který je vybaven registračním zařízením, které zapisuje jednotlivé údaje o rychlosti větru, se nazývá anemograf [5].

3.2. Tlak vzduchu

Další charakteristika, kterou se autor v práci zabývá, je tlak vzduchu. Tlak vzduchu nebo také atmosférický či barometrický tlak je síla, která je vyvolána tíhou sloupce vzduchu, který sahá od místa, kde měříme, až do výšky horní hranice atmosféry. V souladu s mezinárodní soustavou jednotek SI je základní jednotkou tlaku pascal (Pa). Přičemž jeden pascal odpovídá síle jednoho newtonu (N), který působí v kolmém směru na plochu o velikosti 1m^2 . Jelikož je základní jednotka pro měření tlaku vzduchu příliš malá, tak se v meteorologii používá spíše hektopascal (hPa) případně kilopascal (kPa) [6]. Právě zmiňovaný hektopascal je stonásobek základní jednotky tlaku. Dříve se pro tuto charakteristiku používaly také milibary, torry nebo se vyjadřovala v milimetrech rtuťového sloupce. Kdybychom chtěli tyto jednotky mezi sebou vzájemně převádět, postupovali bychom podle vztahů:

$$1\text{ hPa} = 100\text{ Pa} = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1\text{ mbar} = 0,75\text{ torr} \quad (2)$$

Při 15°C je průměrný tlak vzduchu měřený na hladině moře roven $1\,013,25\text{ hPa}$. Tato hodnota je pojmenována jako normální tlak vzduchu. Velikost tlaku vzduchu je závislá na teplotě vzduchu, obsahu vodních par ve vzduchu, kapilárním tlaku (to je přídavný tlak kapalin, který vzniká vlivem zakřivení volného povrchu kapaliny u stěn nádoby) rtuti. Svou roli hraje též zeměpisná šířka a nadmořská výška. S přibývajícím nadmořskou výškou tlak vzduchu klesá. Také chladnější vzduch je těžší, tedy směrem vzhůru tlak vzduchu rychleji ubývá a naopak.

Tlak vzduchu se měří barometrem, české označení je tlakoměr. Slovo barometr pochází z latinského "barys" – těžký a "metreo" – měřím. Pro měření této charakteristiky se na meteorologických stanicích používají především rtuťové tlakoměry, které jsou založeny na již zmíněném Torricelliho pokusu, který je již 370 let známý [5]. Hojně používaný je kovový tlakoměr, jež se nazývá aneroid. V meteorologii je důležité spojitě zaznamenávání tlaku vzduchu. K těmto účelům slouží barograf [7].

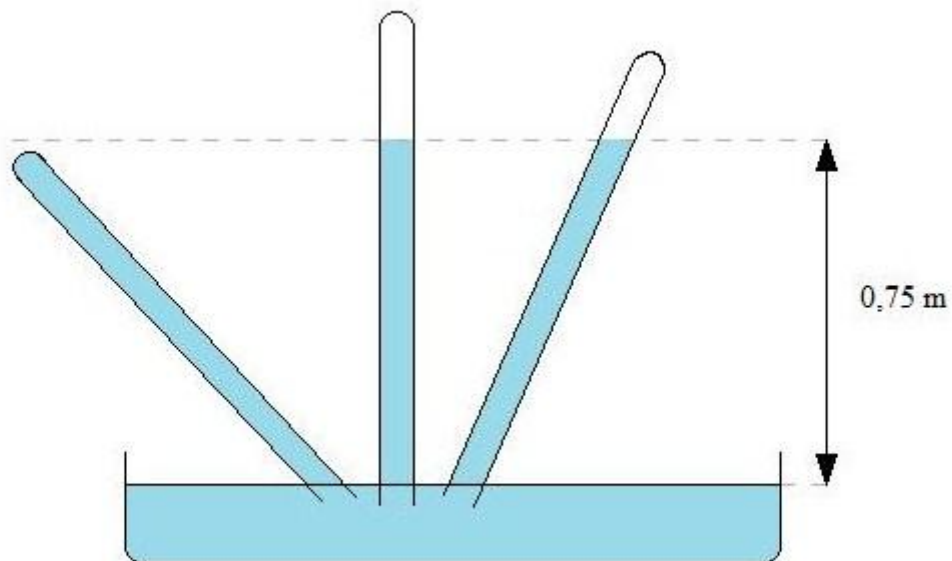
3.2.1. Torricelliho trubice

První pokus na měření tlaku vzduchu se uskutečnil na popud italského fyzika Evangelisty Torricelliho již v roce 1643. Jde o známý experiment, kdy se tlustostěnná

trubice asi 1 metr dlouhá, která je na jednom konci zatavená, naplní rtutí. Druhý konec trubice je dočasně ucpaný. Trubice se obrátí otevřítelným koncem dolů a vloží se do nádoby se rtutí. V tomto okamžiku dojde k otevření otvoru. Po otevření konce trubice se hladina rtuti ustálí přibližně ve výšce 0,75 m a v horní části trubice je vakuum. V této výšce drží rtuť atmosférická tlaková síla, která působí na volný povrch rtuti v nádobě. Dobře známý vztah pro výpočet hydrostatického tlaku zní:

$$p_h = \rho g h, \quad (3)$$

kde ρ je hustota kapaliny, g je tíhové zrychlení a h je výška sloupce. Po dosazení do vztahu (2) za $\rho = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ (hustota rtuti), $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ a $h = 0,75 \text{ m}$ vychází hodnota přibližně 1 000 hPa, což je zároveň přibližná hodnota tlaku atmosférického. Výsledným důsledkem pokusu je, že atmosférický tlak p_a je roven hydrostatickému tlaku p_h rtuťového sloupce v Torricelliho trubici [7]. Pokus je zobrazen na obrázku 3.2.1.1.



Obr. č. 3.2.1.1.: Torricelliho pokus

3.3. Vlhkost vzduchu

Mezi další zajímavé zkoumané meteorologické prvky patří vlhkost vzduchu. Vlhkostí vzduchu rozumíme obsah vodní páry v ovzduší. Tento obsah v ovzduší je velice proměnný, uvádí se, že hodnoty mohou dosáhnout od téměř 0 až do 4 objemových procent vody.

Tyto hodnoty jsou samozřejmě jen orientační, záleží totiž na okamžitých okolních podmínkách, které možné množství ovlivňují. Tato objemová hodnota se může zdát nepatrná, ale ve skutečnosti jde o jednu z nejdůležitějších složek ovzduší, která podstatně ovlivňuje počasí. Obsah vodní páry ve vzduchu je podmiňující pro vznik oblaků, ovlivňuje množství srážek. Také nám určuje, zda je podnebí suché či vlhké. Ovšem obsah vodní páry v ovzduší se nezvyšuje neomezeně. Za každé určité teploty může obsah dosáhnout pouze maximálního možného stavu. Tato hodnota se nazývá stav nasycení. Pokud je vodní pára ve vzduchu v přebytku nad stavem nasycení, dochází buď ke kondenzaci ve vodu (vodní srážky), nebo k sublimaci v led (sněhové srážky). Platí přímá úměra, že s vyšší teplotou vzduchu je potřeba většího množství vodní páry pro dosažení nasyceného stavu vzduchu [5].

Vlhkost vzduchu je možné vyjádřit několika způsoby. Uvedu jen dva z nich. Jedním je absolutní vlhkost vzduchu, což je hmotnost vodní páry, která je obsažená v jednotce objemu vzduchu. Pro ni se používá jednotka g/m^3 nebo kg/m^3 . Další vlhkostí je tzv. relativní (poměrná) vlhkost vzduchu. Tento způsob je vyjádření vlhkosti vzduchu jako míra nasycení vzduchu vodní parou. Tato charakteristika se na rozdíl od absolutní vlhkosti vyjadřuje v relativních jednotkách, a sice v procentech. V této práci se pojednává pouze o relativní vlhkosti vzduchu.

Vlhkost vzduchu měříme tzv. vlhkoměrem neboli hygrometrem. Toto slovo pochází z latinského překladu "hygros", což je vlhký, a "metreo", což znamená měřit. Relativní vlhkost vzduchu lze měřit pomocí vlasového vlhkoměru [5].

3.4. Teplota vzduchu

Další rozebíranou položkou je teplotou vzduchu. Tato charakteristika udává tepelný stav ovzduší. Měření teploty vzduchu v meteorologii se provádí, pokud není dáno jinak, v meteorologické budce ve výšce 2 metry nad zemským povrchem. Takto zaměřená teplota se nazývá přízemní teplota (dále se měří přízemní minimální teplota, která se měří ve výšce 0,05 metru nad zemí). Pro přesnější měření teploty se používají především digitální teploměry.

3.4.1. Teplotní stupnice

Nejčastěji používané teplotní stupnice v meteorologii jsou Celsiova a absolutní neboli Kelvinova teplotní stupnice. Dále existují ještě dvě další teplotní stupnice. Zatímco Fahrenheitova stupnice se stále v anglosaských zemích tradičně používá, tak Réamurova stupnice je víceméně nepoužívaná a v dnešní době je již zcela brána jen jako historická záležitost.

Celsiovu stupnici navrhl v roce 1736 švédský matematik a geodet Anders Celsius. Stupnici dělí mezi bodem varu 100 °C a bodem mrznutí 0 °C čisté vody při normálním tlaku 1013,25 hPa právě sto dílků. Původní podoba stupnice byla převrácená vůči systému, jež je známý dnes. A. Celsius tedy používal pro bod varu 0 °C a pro bod mrznutí 100 °C. Dnešní známou formu doporučil v roce 1745 Carl Liné.

Kelvinova stupnice vznikla zavedením tzv. absolutní nuly, což je 0 K. Při převodu se postupuje podle vztahů:

$$\begin{aligned} 0 \text{ K} &= -273,15 \text{ } ^\circ\text{C} \\ 0 \text{ } ^\circ\text{C} &= 273,15 \text{ K} \end{aligned} \tag{4}$$

Nižší teploty nelze teoreticky dosáhnout. Základní jednotkou je kelvin (K). Výhodou může být, že velikostní rozdíl jednoho kelvinu je totožný s velikostním rozdílem jednoho stupně Celsia.

Další používanou stupnicí je Fahrenheitova, jejíž jednotkou je stupeň Fahrenheita (°F). Byla zavedena počátkem 20. st. Danielem Gabrielem Fahrenheitem. Převody mezi stupnicí Celsiovou a Fahrenheitovou se provádí podle vztahu:

$$T(^{\circ}\text{F}) = \frac{9}{10}T(^{\circ}\text{C}) + 32, \tag{5}$$

kde $T(^{\circ}\text{F})$ je teplota ve stupních Fahrenheita a $T(^{\circ}\text{C})$ je teplota ve stupních Celsia.

V současné době prakticky zaniklá Réamurova stupnice se od Celsiovy liší tím, že interval mezi bodem mrznutí a bodem varu je rozdělen pouze osmdesáti dílky. Tuto stupnici zavedl roku 1731 francouzský zoolog a fyzik René Antoine Ferchault de Réamur. Od Réamurova způsobu měření teplot se začalo upouštět s přechodem na metrický systém [6].

3.5. Rychlost toku

V tekoucích vodách je možné sledovat rychlost proudící kapaliny a také průtok vody. V této práci je podrobněji probírána právě rychlost toku. Nejvyšší rychlostí proudí voda v nejhornějších úsecích toku, kde bývá největší spád. Obecně směrem dolů po proudu rychlost klesá. Tato charakteristika je závislá na několika vlivech. Svou roli jistě sehrají překážky v korytě nebo také meandrovitost dané řeky či potoka. Dalším důležitým faktorem ovlivňující rychlost toku je i profil koryta.

Průtok na vodním toku, stejně jako rychlost proudění vody, se dá měřit hydrometrickou vrtulí. Díky závislosti počtu otáček vrtule na skutečné rychlosti proudění se dojde k číselné hodnotě rychlosti proudění toku. Pokud je známa průměrná rychlost proudění vody v profilu a plocha průtočného profilu v místě měření, lze vypočítat průtok podle vztahu:

$$Q = S \cdot v, \quad (6)$$

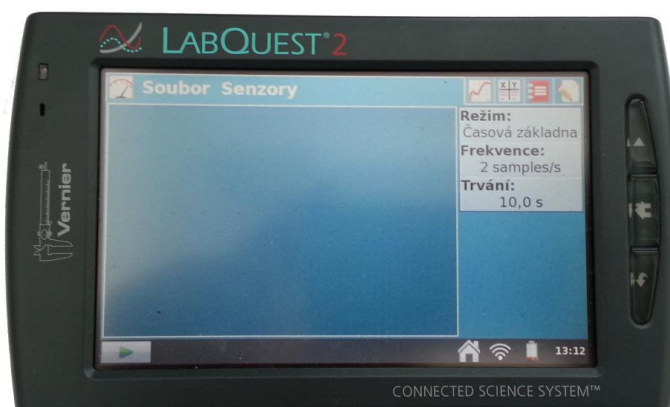
kde Q je požadovaný průtok [$m^3 \cdot s^{-1}$], S je plocha průtočného profilu [m^2] a v je rychlost proudící vody [$m \cdot s^{-1}$] [8].

4. Použité přístroje a software

K měření byly použity přístroje od firmy Vernier [9], případně Pasco [10]. Tato rozhraní a senzory zprostředkovaně poskytla Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Výhradním dovozcem produktů Vernier do České republiky je Edufor s. r. o. Přístroje společnosti Vernier jsou orientovány především na školní experimenty přírodních věd na základních, středních i vysokých školách.

4.1. Datalogger LabQuest 2

Pro připojení a měření s některými senzory posloužil přenosný datalogger LabQuest 2, který je vidět na obrázku č. 4.1.1. Tento produkt se perfektně hodí pro měření v terénu a dá se také použít jako rozhraní mezi počítačem a jednotlivými senzory.



Obr. č. 4.1.1.: LabQuest 2

Mezi výhody tohoto přístroje patří vestavěná GPS navigace, mikrofon, 3D akcelerometr, dále Wifi, bluetooth a senzor osvětlení. Obsahuje také spoustu užitečných nástrojů pomáhajících při samotném měření. Jako například periodická tabulka prvků, stopky, kalkulačka či tónový generátor. Při měření v terénu na ostrém slunci je možné přepnutí do speciálního kontrastního režimu, který zlepšuje vlastnosti odečítání hodnot z displeje. Tento datalogger má barevný dotykový displej s rozměry 11,2 cm × 6,7 cm

a s úhlopříčkou 13,1 cm. Parametry displeje jsou 800 × 480 zobrazovacích bodů. LabQuest 2 má 800 MHz procesor. Rozměry samotného přístroje dosahují 8,8 cm × 15,4 cm × 2,5 cm a jeho hmotnost činí 350 g. Díky dvěma digitálním, třem analogovým a jednomu USB konektoru je možné měřit více charakteristik v jednom určitém okamžiku. Přístroj obsahuje vestavěný vysokokapacitní akumulátor, který vystačí na několik hodin intenzivní práce. Tento akumulátor se nabíjí externím adaptérem [9].

4.2. Barometr (Vernier)

Pro měření tlaku vzduchu byl použit Barometr od firmy Vernier, zachycený na obrázku č. 4.2.1. Tímto senzorem je možné měřit tlak v rozsahu přibližně 0,8 až 1,2 atmosféry, což je od 80 kPa do 120 kPa. Barometr značky Vernier měří s citlivostí 10 Pa. S barometrem byla zapůjčena i doplňková sada k tlakovému senzoru, která rozšířila experimentální možnosti [9].



Obr. č. 4.2.1.: Barometr Vernier

Barometr funguje díky membráně uvnitř senzoru. Z vnitřní strany membrány je vakuum a na vnějším rozhraní se do styku s membránou dostává okolní vzduch. Tato membrána se v závislosti na změně tlaku prohýbá a toto prohnutí je následně převedeno na napětí. Napětí se lineárně mění s absolutním tlakem [9].

4.3. Barometr (Pasco)

Pro tlak vzduchu mohl posloužit i Barometr od firmy Pasco (obrázek č. 4.3.1.). Jde o senzor nízkého tlaku. Přístroj, na rozdíl od barometru společnosti Vernier, je vhodný pro měření velmi jemných změn tlaku vzduchu. Tyto nepatrné změny souvisejí například se závislostí barometrického tlaku na nadmořské výšce [10]. Pro snadné připojení čidla k počítači je potřebná redukce USB Link taktéž od Pasca, která je vidět na obrázku č. 4.3.2.



Obr. č. 4.3.1.: Barometr Pasco



Obr. č. 4.3.2.: USB Link

4.4. Anemometr

Rychlost větru byla měřena Anemometrem. Minimální hodnota změřitelná tímto senzorem se pohybuje kolem $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a nejvyšší možná hodnota, kterou anemometr zaznamená je přibližně $30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Citlivost přístroje je $0,012 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Přesnost senzoru se mění podle rozsahu, ve kterém rychlost větru měříme. Pro naměřené hodnoty do $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ měří přístroj s přesností $0,15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Při rychlostech větších než $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ je přesnost měření udávána jako $\pm 3 \%$ z rozsahu zjištěných veličin [9]. Čidlo je možné si prohlédnout na obrázku č. 4.4.1.



Obr. č. 4.4.1.: Anemometer

Tento anemometr patří mezi mechanické a jedná se o lopatkový typ. Osa otáčení lopatek je rovnoběžná se směrem proudícího větru. Princip senzoru je takový, že na oběžném kole a induktoru je umístěn magnet. Při proudění větru se lopatky s magnetem otáčejí. Rotace magnetu produkuje elektrický signál, který je úměrný rychlosti větru [9].

4.5. Go!Temp

Pro měření teplot byl zvolen teploměr Go!Temp. Senzor se dá připojit přímo k počítači přes USB kabel, který je součástí balení. Pomocí softwaru Logger Lite™, který lze nainstalovat, je Go!Temp kompatibilní s laptopem či jiným počítačem. V našem případě byl senzor připojen k dataloggeru LabQuest 2. Teploměr je schopen měřit v rozsahu od -20 °C do 115 °C, přičemž je spolehlivě odolný až do 150 °C. Senzor měří s přesností $\pm 0,5$ °C [9]. Teploměr je vidět na obrázku č. 4.5.1.



Obr. č. 4.5.1.: Teploměr Go!Temp

4.6. Flow Rate Sensor

K změření rychlosti toku posloužilo čidlo Flow Rate Sensor. Senzor je specializován na rychlost toku proudících kapalin, kterou lze měřit v metrech za sekundu nebo ve stopách za sekundu. Čidlo zvládne měřit rychlost v rozsahu od $0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ až do $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ s přesností $\pm 0,04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, což představuje $\pm 1 \%$ z celkového rozsahu. Sada je schopna plné funkčnosti za provozních podmínek při okolních teplotách od $0 \text{ }^\circ\text{C}$ do $70 \text{ }^\circ\text{C}$ [9]. Flow Rate Sensor je zobrazen na obrázku č. 4.6.1.



Obr. č. 4.6.1.: Flow Rate Sensor

Jednou z hlavních součástí Flow Rate Sensor, díky které čidlo zaznamenává rychlost toku, je pohyblivá vrtulka. Tato vrtulka se ponoří pod proudící kapalinu, její rychlost otáčení je úměrná rychlosti kapaliny. Spolu s vrtulkou se otáčí i tyčový magnet na ní připevněný. Každá půlotáčka magnetu spouští spínač, který vysílá elektrické signály. Tyto signály jsou následně převáděny rozhraním na rychlost toku ve zvolených jednotkách [9].

Součástí čidla je i 5 metrů dlouhý kabel, který zajišťuje pohodlnější měření.

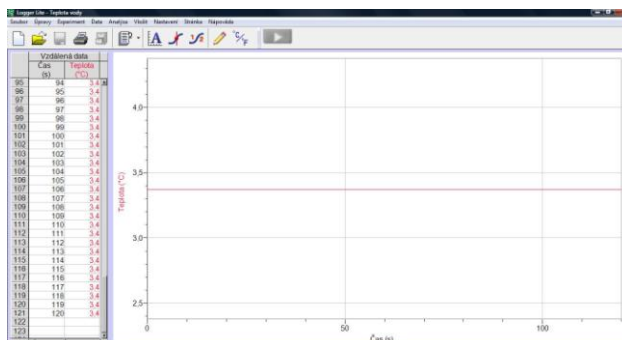
Další možnou variantou pro zkoumání rychlosti toku bylo použití průtokoměru v kombinaci s teploměrem od společnosti Pasco.

4.7. Logger Lite software (verze 1.6.1)

Pro účely této práce posloužil Logger Lite ve verzi 1.6.1. Tato verze je již plně v českém jazyce, proto není těžké se v programu orientovat a pracovat s ním. Software slouží pro získávání, zpracování, vizualizaci a přenos naměřených dat do počítače. V současné době je Logger Lite dodáván zdarma k produktům Go!Temp, Go!Motion, Go!Link a LabQuest. V tomto případě bylo CD s Logger Lite k dispozici u zapůjčeného dataloggeru LabQuest 2 (viz. podkapitola 4.1). Další možností je bezplatné stažení na

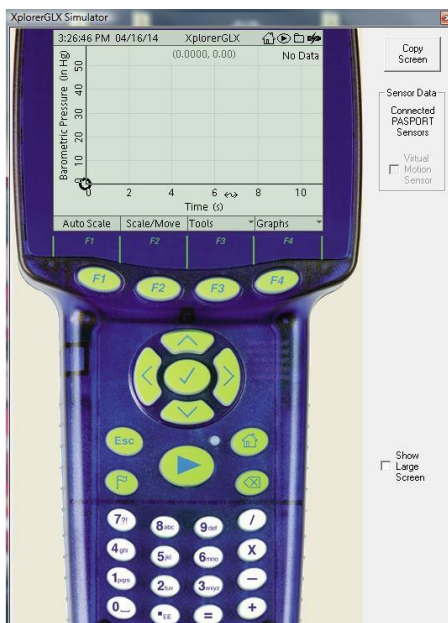
stránkách firmy Vernier. Tento software je kompatibilní s operačními systémy Windows (konkrétně XP, Vista, Windows 7, Windows 8), Mac i Linux [9].

Všechny naměřené hodnoty pomocí čidel připojených k dataloggeru se následně přenesly do počítače. Při propojení LabQuest 2 USB kabelem s počítačem se otevře prostředí (na obrázku 4.7.1.), které právě bez zmiňovaného Logger Lite software nelze zobrazit.



4.8. Xplorer GLX simulator

Jedná se vlastně o aplikaci, jejímž jedním úkolem je simulovat práci s hmotným dataloggerem Xplorer GLX. Jde o vizualizaci samotného dataloggeru v počítačovém prostředí, která je znázorněna na obrázku 4.8.1. Kromě režimu připojení Xplorer GLX k počítači, dokáže simulator provést základní měření i bez připojeného dataloggeru. Demo verze simulatoru se dá zdarma stáhnout na webu [11].



Obr. č. 4.8.1.: Prostředí Xplorer GLX simulator

Ceny všech zde popsaných přístrojů, ať už rozhraní, dataloggeru, nebo jednotlivých čidel jsou uvedeny na webových stránkách firmy Vernier [9] případně Pasca [10].

5. Měření

Tato část práce je zaměřená na vlastní měření. Budou zde zmíněny postupy měření, zapojení přístrojů a čidel, problémy, které během měření nastaly. Velice důležitý je výsledný výstup po vyhodnocení a zpracování naměřených hodnot.

Původním záměrem bylo sledovat meteorologické charakteristiky jako je vlhkost vzduchu, rychlost proudění vzduchu, rychlost proudění toku, teplota vzduchu a tlak vzduchu.

Nakonec se podařilo sehnat všechny přístroje, kromě průtokoměru s teploměrem od firmy Pasco. Toto čidlo nebylo v období praktického měření k dispozici. Ovšem problém se zapůjčením zmiňovaného průtokoměru byl vyřešen zkombinováním použití čidla Flow Rate Sensor a teploměru Go!Temp. Tato čidla byla již výše zmíněna.

5.1. Lokalita

Samotné měření probíhalo na samém kraji jižních Čech v malém městě Nová Bystřice. Tato obec leží 3 kilometry od státních hranic s Rakouskem na hraničním přechodu Nová Bystřice / Grametten. Město se nachází v okrese Jindřichův Hradec v Jihočeském kraji a leží v srdci České Kanady. Česká Kanada je oblast ležící při historické hranici Čech a Moravy, která je přibližně ohraničena obcemi: Nová Bystřice, Stráž nad Nežárkou, Kardašova Řečice, Deštná, Popelín, Studená, Lipolec a Slavonice. Jižní mez oblasti představuje státní hranice s Rakouskem [12]. Nachází se na jihovýchodě Čech. Tento region je staletími málo porušená oblast plná rozsáhlých lesních porostů, otevřených rovin luk a polí. Zároveň se zde nachází množství vodních ploch. Jsou zde k vidění mohutné masívy lesů se skalními scenériemi v okolí Nové Bystřice, Landštejna a Slavonic. Směrem do vnitrozemí České republiky se Česká Kanada táhne k okresnímu městu [13]. Kraj si vysloužil tento název díky poměrně drsnějšímu podnebí. Jsou zde také nižší průměrné teploty a vydatnější srážky oproti celorepublikovým průměrům. Do krajiny je zařezáno množství řek i menších potoků. Nejvýznamnější řekou je Nežárka, která se z pravé strany vlévá do Lužnice. Především západní část oblasti je bohatá na počet rybníků [12]. Novou Bystřicí protéká malý potok Dračice. Ten asi 2 kilometry jižně od města překračuje hranici s Rakouskem, po několika kilometrech se vrací do České republiky

a u obce Klikov se vlévá do již zmiňované Nežárky. Právě na Dračici došlo ke krátkodobému měření, které je probíráno v této práci.

5.2. Porovnání barometrů firmy Vernier a Pasco s oficiálními hodnotami CHMI

Tato fáze výzkumu sloužila jen jako určitá kalibrace obou barometrů. Cílem bylo porovnat a zjistit, který z přístrojů měří přesněji. K porovnání posloužily hodnoty zveřejněné na webových stránkách Českého hydrometeorologického ústavu [14]. Zde jsou hodnoty každou hodinu aktualizovány, tudíž perfektně vyhovovaly účelu dané problematiky. Zdrojem informací byla meteorologická stanice v Českých Budějovicích v Netolické ulici. Udávaná nadmořská výška je 381 m n. m. Měření pomocí barometrů probíhalo 16. 4. 2014 ve vysokoškolském areálu ve Čtyřech Dvorech v 8. patře budovy koleje. Zaznamenávání hodnot začalo v 10:00 a vždy v každou celou hodinu se opakovalo až do 22:00.

Měření s Barometrem Vernier bylo prováděno tak, že pomocí analogového konektoru došlo k propojení s dataloggerem LabQuest 2, které je možné sledovat na obrázku 5.2.1. Čidlo pro zjišťování tlaku bylo umístěno ven z okna v 8. patře budovy.



Obr. č. 5.2.1.: Připojení barometru k dataloggeru

Zmiňovaný způsob byl zvolen proto, že k měření docházelo každou hodinu po dobu 12 hodin. Před prvním měření bylo důležité nechat dostatečně ustálit membránu barometru, aby naměřené hodnoty byly co možná nejpřesnější. V dalších hodinách už byl barometr dostatečně ustálený, jelikož po celou dobu zůstal za oknem. Každé jednotlivé měření

probíhalo vždy s 30s intervalem po 1 s. Z těchto hodnot se vypočítal aritmetický průměr pro každou hodinu.

Zaznamenávání dat Barometrem Pasco postupovalo velice podobným způsobem jako předešlé. Čidlo bylo opět umístěno za oknem na stejném místě, počet hodnot každou hodinu byl také totožný. Jedinou výjimkou bylo zaznamenávání dat. Zde sehrál svou roli USB Link od firmy Pasco důležitý pro propojení barometru s laptopem. Celé zapojení je vidět na obrázku 5.2.2. Poměr velikostí na obrázku a ve skutečnosti není zachován. Díky stažené aplikaci Xplorer GLX simulator bylo možné ukládat data rovnou do laptopu a vypočítávat z nich aritmetické průměry za každou hodinu.



Obr. č. 5.2.2.: Připojení barometru k laptopu

Jediným zdánlivě vážnějším problémem se stala ta skutečnost, že získaná data pomocí obou barometrů vyjadřovala místní tlak. Jde o skutečný tlak zjištěný přímo v místě měření, který se vztahuje k nadmořské výšce daného místa. Naopak hodnoty tlaku poskytované Českým hydrometeorologickým ústavem jsou udávány a přepočteny na hladinu moře, tedy na nadmořskou výšku 0 m n. m. Tudíž se naměřená a zveřejněná data nemohla vzájemně porovnat. Ovšem tato záležitost měla jednoduché řešení. Pomocí tzv. barometrické formule se místní tlak přepočítal na tlak vztažený k hladině moře [15]. Daná formule zní:

$$P_{rel} = P_{abs} + \left(\frac{h}{8,3}\right), \quad (7)$$

kde P_{rel} je relativní tlak přepočtený na hladinu moře [hPa], P_{abs} je absolutní tlak v místě měření [hPa], h je nadmožská výška místa měření [m]. Po přepočítání naměřených hodnot už nic nebrání srovnání s daty z hydrometeorologického ústavu.

5.3. Krátkodobé měření

K tomuto měření došlo, jak už bylo dříve řečeno, v Jihočeském kraji na potoku Dračice. Měření probíhalo během osmi dnů na konci roku 2013. Konkrétně se jednalo o dny od 24. 12. 2013 do 31. 12. 2013. Hlavním záměrem bylo důkladné seznámení se s měřicími přístroji a čidly. V této fázi bylo důležité pochopit, jak aparát funguje, jak se posbíraná data dají přenést do počítače. Stěžejní část představuje samotné vyhodnocování naměřených dat.

Tato etapa výzkumu byla zaměřena na charakteristiku rychlosti toku. Na stejném místě byla zároveň měřena teplota vzduchu, teplota vody, tlak vzduchu a síla větru. Dále pomocí rychlosti proudění toku a následného změření rozměrů koryta bylo možné spočítat průměrný průtok.

Pro popisovanou část krátkodobého měření posloužily výhradně přístroje firmy Vernier [9]. Po dobu osmi dnů, kdy k měření docházelo, bylo veškeré vybavení na místo pozorování transportováno, sestaveno a následně instalováno. Měření probíhalo pravidelně ve stejný čas, a to vždy ve 13:00.

5.3.1. Rychlost a průtok vody

Hlavním úkolem bylo zjišťovat průměrnou rychlost proudící vody v korytě Dračice, která se měřila pomocí hydrometrické vrtule. Z těchto naměřených dat bylo posléze možné vypočítat průtok. Důležitou podmínkou pro kvalitní měření je výběr správného měrného profilu. Vhodné místo je v takových úsecích toku, kde je volná, přímá trať, uprostřed rovného úseku. Je dobré, pokud platí podmínka:

$$3B \leq L \leq 6B, \quad (8)$$

kde B je šířka toku na hladině a L je délka rovného úseku.

Koryto by mělo být souměrné a pravidelně utvářené. Pokud je proudění v celém profilu pravidelné a jeho směr je kolmý k měrnému profilu, jsou podmínky pro měření

ideální. Samozřejmě je také důležité, aby hloubka byla dostatečná pro úplné ponoření hydrometrické vrtule. Naopak je vhodné se vyhnout místům, kde dochází k tvoření vírů a zpětných proudů. Nežádoucí jsou také přirozené i umělé překážky. V případech, kdy nelze měření uskutečnit jen ve vhodných profilech, je nutné provést podle možností alespoň částečnou úpravu profilu (odstranění překážek, prohloubení dna apod.) [8].

Samotné měření probíhalo tak, že se čidlo Flow Rate Sensor připojilo k dataloggeru LabQuest 2 podle schématu na obrázku 5.3.1.1. Poměr velikosti čidla a dataloggeru neodpovídá skutečnosti. Je tomu tak z prostorových důvodů.



Obr. č. 5.3.1.1.: Připojení průtokoměru k dataloggeru

Čidlo na měření rychlosti proudění vody bylo do koryta Dračice umístěno ve svislém směru a kolmo na hladinu toku. Místo měření bylo zvoleno tak, aby vrtule Flow Rate Sensor byla zcela ponořena pod vodou. Datalogger byl nastavený na zaznamenávání dat po dobu 120 s. Po zapnutí se každou sekundu zapsala jedna konkrétní hodnota a ze všech 120 se provedl aritmetický průměr.

Průtok vody byl následně vypočítán podle rovnice (6). Stačilo jen na více místech měrného profilu zaznamenat svislou výšku vody a vypočítat průměrnou hloubku koryta. Dále bylo nutné změřit vzdálenost obou břehů na hladině a a na dně c potoka. Z těchto údajů již bylo možné podle známého vzorce pro obsah lichoběžníku vypočítat plochu průtočného profilu S . Vzorec pro obsah lichoběžníku zní:

$$S = \frac{a+c}{2} \cdot v, \quad (9)$$

kde v je výška daného lichoběžníku.

5.3.2. Rychlost proudění vzduchu

Na stejném místě, na kterém byla měřena rychlost a průtok proudící vody, došlo také k měření rychlosti proudění vzduchu. Čidlo bylo s dataloggerem propojeno pomocí analogového konektoru. Připojení k LabQuest 2 je vidět na obrázku 5.3.2.1. Anemometr byl umístěn přibližně ve výšce 1,5 m nad hladinou potoka. Hlavní podmínka pro správné měření je nastavení čidla do takové polohy, aby proud vzduchu mířil přímo proti lopatkám zaznamenávajícím rychlost proudění. Jelikož Anemometr, pomocí něhož měření probíhalo, zaznamenává rychlost až od $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, mohlo dojít k nezaregistrování proudění vzduchu. Tato situace byla v bakalářské práci pojmenována jako bezvětří. I s ohledem na tu skutečnost, že momentální rychlost větru mohla být větší než $0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



Obr. č. 5.3.2.1.: Připojení Anemometru k dataloggeru

Doba trvání, během které k měření docházelo, byla 120 s. V pravidelném intervalu 1 s proběhl zápis hodnot do paměti dataloggeru. Z takto získaných dat byl následně vytvořen aritmetický průměr a výsledné číslo bylo bráno jako údaj rychlosti proudění vzduchu za daný den. Měření bylo prováděno každý den v 13:00, tudíž porovnání denních hodnot bylo vždy ze stejné části dne.

5.3.3. Tlak vzduchu

Stejně jako všechny ostatní charakteristiky krátkodobého měření, byla i tato měřena u koryta Dračice. Barometr Vernier byl propojen s dataloggerem LabQuest 2 stejným způsobem jako při kalibraci barometrů podle obrázku 5.2.1. Čidlo bylo umístěno přibližně ve výšce 1,5 m nad hladinou potoka. Doba záznamu hodnot byla opět zvolena na 120 s a zápis probíhal každou sekundu. Stejným způsobem jako u předešlých měření se vypočítal aritmetický průměr, který posloužil jako výsledný údaj za daný den. Jediná tato meteorologická charakteristika využitá pro krátkodobé měření byla zjišťována jen během 7 dnů. Tedy od 25. 12. 2013 do 31. 12. 2013. První den byl vynechán z technických důvodů.

5.3.4. Teplota vzduchu a teplota vody

Co se týče teploty vzduchu, tak ta byla zjišťována přibližně ve výšce 1,5 m nad hladinou Dračice. USB konektor opět zajistil propojení teploměru Go!Temp s dataloggerem. Zapojení je vyfoceno na obrázku 5.3.4.1. Aritmetický průměr ze 120 hodnot posloužil, jako souhrnný údaj pro každý den měření. Pokud chce pozorovatel dosáhnout přesných výsledků, čidlo není okamžitě po zapojení schopné měření. Důraz musí být kladen na dostatečné ustálení. Bylo třeba počkat zhruba 10 minut, než došlo k samotnému zaznamenávání dat.



Obr. č. 5.3.4.1.: Připojení teploměru k dataloggeru

Teplota vody se měřila tím způsobem, že se kovová část teploměru ponořila do Dračice. Bylo třeba dávat pozor na to, aby voda nesahala až k umělohmotné části čidla. Po ustálení hodnoty teploty byla souprava připravena a došlo k zahájení měření, které trvalo opět 120 s.

5.4. Dlouhodobé měření

Toto pozorování se uskutečnilo přímo ve městě Nová Bystřice. Měření bylo orientováno jen na dvě meteorologické charakteristiky, sice na tlak vzduchu a teplotu vzduchu. Jako pozorovací období byl zvolen měsíc únor roku 2014. Konkrétně šlo o dny od 2. 2. 2014 do 28. 2. 2014. Měření se uskutečňovalo na volném prostranství na zahradě. Zaznamenávání dat dlouhodobého měření bylo velice náročné na čas. Obnášelo třikrát denně změřit teplotu vzduchu, což probíhalo vždy v 7:00, v 14:00 a ve 21:00. Tudíž se neobešlo bez pomoci ostatních osob, které se na něm podílely. Tlak vzduchu byl měřen jen jednou denně vždy ve 14:00.

Průběh měření byl následující. Hodnoty teplot vzduchu byly zjišťovány pomocí teploměru Go!Temp od firmy Vernier, který byl opět připojen k dataloggeru LabQuest 2. Zapojení měřičské soustavy pro ranní a večerní teploty je znázorněno na obrázku 5.3.4.1. Díky tomu, že LabQuest 2 disponuje více konektory pro připojení čidel, bylo možné odpolední měření teploty a tlaku vzduchu provádět současně. Společné zapojení čidel je vidět na obrázku 5.4.1. Před každým získáváním dat byla čidla ponechána dostatečnému ustálení a přizpůsobení okolních podmínek. Bylo tomu tak z důvodů zajištění co možná nejpřesnějších výsledků. Doba měření byla zvolena na 180 s. V okamžiku, kdy hodnoty výrazně nekolísaly, mohlo být zahájeno měření. Denní průměr tlaku vzduchu byl vždy vypočítán aritmetickým průměrem ze 180 naměřených hodnot. Zjistit denní průměrnou teplotu bylo složitější. K průměrné teplotě za každou denní dobu se dospělo stejným způsobem jako u tlaku vzduchu. Z těchto 3 hodnot již byla aritmetickým průměrem vypočítána průměrná denní hodnota. Ovšem s tím faktem, že večerní teplota byla do průměru započítána dvakrát, tudíž se de facto vycházelo ze 4 hodnot.



Obr. č. 5.4.1.: Společné připojení teploměru a barometru k dataloggeru

Výzkum probíhal podle plánu a bez problémů až do 16. 2. Když mělo dojít k zaznamenání večerní teploty vzduchu, teploměr hlásil chybu a od té doby s ním nebylo možné teplotu měřit. V době, kdy k dokončení dlouhodobého měření zbývalo ještě více než 10 dní, muselo dojít k rozhodnutí, jak záznam dat dokončit. Po konzultaci bylo rozhodnuto, že zbytek teplot bude naměřen pomocí amatérské domácí meteostanice, která byla v daný okamžik k dispozici. Při předchozím pozorování byly hodnoty naměřené teploměrem od firmy Vernier a danou stanicí s menšími výchyly v řádech několika desetin stupně shodné. Ovšem rozdíl byl v tom, že meteostanice zaznamenávala hodnoty jen na 1 desetinné místo. O stanici se bohužel nepodařilo zjistit bližší informace. Její foto je přiloženo na obrázku 5.4.2.



Obr. č. 5.4.2.: Meteostanice TCM

6. Vyhodnocení získaných dat

Právě probíraná část bude stěžejní pro celou bakalářskou práci. Jde o vrcholné zhodnocení veškerého úsilí při měření a sběru dat. V této kapitole bude důležité utřídit naměřené hodnoty a následně je poskládat do přehledných tabulek. Hlavním výstupem je série grafů, jejich popis a snaha o vysvětlení jevů, které zobrazují. Dále by mohlo být přínosem porovnání naměřených dat s oficiálními daty získaných hydrometeorologickým ústavem nebo místní hydrometeorologickou stanicí v Nové Bystřici. Statistické údaje k porovnání teplot vzduchu poskytl pan Stanislav Kopáček, který je správce novobystřické meteorologické stanice.

6.1. Hodnocení kalibrace barometrů

Tato etapa měření probíhala přímo v Českých Budějovicích. Byla orientována na předvýzkum, který měl zjistit, které z čidel bude více odpovídat oficiálně naměřeným hodnotám zveřejněným Českým hydrometeorologickým ústavem. V tabulce 6.1.1. jsou vidět konkrétní hodnoty. První sloupec udává čas měření. Druhý a třetí sloupec představují data naměřená barometry od firem Pasco [10] a Vernier [9], které jsou již podle barometrické formule (7) přepočteny na tlak vzduchu vztažený k hladině moře. K celkové nadmořské výšce musela být připočtena i výška budovy. V posledním sloupci jsou vyčísleny hodnoty zveřejněné Českým hydrometeorologickým ústavem (dále jen ČHMÚ) [14].

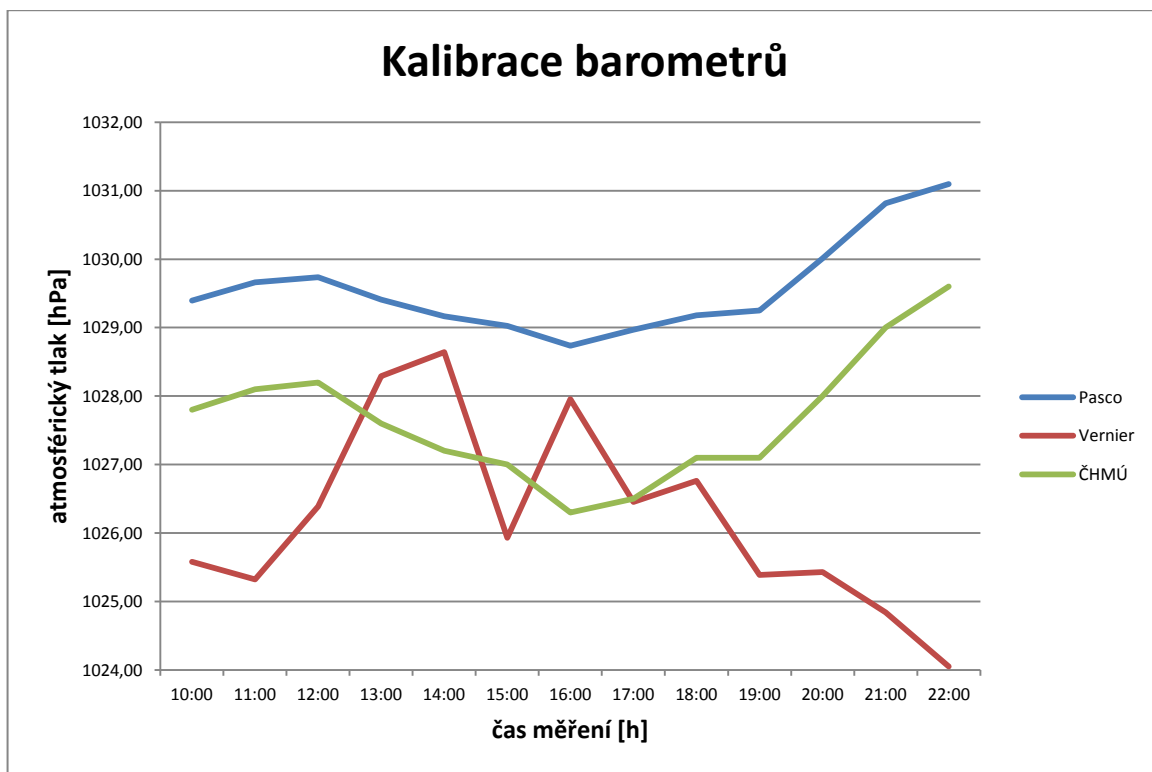
Při pohledu do tabulky hodnot ještě není tak patrné, které z čidel se získanými hodnotami více blíží oficiálním. Ovšem při nahlédnutí do grafu 6.1.1. jsou rozdíly velice patrné. Zelená křivka v grafu znázorňuje průběh denních hodnot tlaku vzduchu podle ČHMÚ. Ačkoliv se data naměřená Barometrem Pasco od hodnot uvedených ČHMÚ stále liší, je v grafu vidět, že modrá křivka odpovídající naměřenému tlaku vzduchu relativně věrně kopíruje křivku hodnot oficiálních. Konkrétně se údaje rozcházejí v rozmezí od 1,50 hPa do 2,47 hPa. Nejnižší výchylka byla v 22:00 a naopak nejvyšší v 17:00. Oproti tomu konkurenční Barometr Vernier v tomto směru zaostává. Průběh denních hodnot zaznamenaných tímto barometrem je znázorněn červenou křivkou. Je vidět, že se naměřená data od oficiálních rozcházejí výrazněji, než je tomu v případě Barometru

Pasco. Nejenže křivka nekopíruje průběh křivky ČHMÚ, dokonce tuto křivku v několika bodech protíná. Zjištěné hodnoty se od oficiálních liší v rozmezí od 0,04 hPa v 17:00 až do 5,55 hPa v 22:00. Tyto velké rozdíly nemohly být způsobeny nedostatečných ustálením membrány barometru, jelikož od prvního měření v 10:00 zůstala obě čidla ve venkovním prostředí. Někdo by mohl namítnout, že nejmenší výchyłka u Barometru Vernier je 0 hPa. Je třeba si uvědomit, že jde o spojnicový graf. Tudíž k porovnávání výchylek může docházet pouze v čase měření.

I navzdory tomu, že Barometr Pasco je očividně přesnější a spolehlivější, veškeré krátkodobé i dlouhodobé měření bylo prováděno s Barometrem Vernier. Jak je vidět na obrázku 5.2.2. je potřeba v případě této práce používat pro získávání dat pomocí tlakoměru od firmy Pasco laptop. Z technických důvodů nemohl být na místo měření laptop transportován. Pro tyto účely musel postačit druhý barometr, který je schopen měřit pomocí přenosného dataloggeru.

tlak vzduchu [hPa]			
čas	Pasco	Vernier	ČHMÚ
10:00	1029,39	1025,58	1027,80
11:00	1029,66	1025,32	1028,10
12:00	1029,73	1026,39	1028,20
13:00	1029,41	1028,29	1027,60
14:00	1029,16	1028,64	1027,20
15:00	1029,03	1025,93	1027,00
16:00	1028,73	1027,96	1026,30
17:00	1028,97	1026,46	1026,50
18:00	1029,18	1026,76	1027,10
19:00	1029,25	1025,39	1027,10
20:00	1030,01	1025,43	1028,00
21:00	1030,82	1024,84	1029,00
22:00	1031,10	1024,05	1029,60

Tab. č. 6.1.1.: Naměřená a oficiální data pro tlak vzduchu



Graf. č. 6.1.1.: Porovnání naměřených hodnot a oficiálních hodnot zveřejněných Českým hydrometeorologickým ústavem

6.2. Hodnocení krátkodobého měření

K vyhodnocování výsledků došlo po získání dat naměřených v bezprostřední blízkosti Nové Bystřice na potoku Dračice. Některá ze zjišťovaných dat pomocí přístrojů a čidel od firmy Vernier byla porovnáována s oficiálními daty poskytnutými Českým hydrometeorologickým ústavem. Konkrétně se jednalo o rychlost proudění vzduchu a teplotu vzduchu, která pochází z meteorologické stanice v Jindřichově Hradci. Dále byl poskytnut tlak vzduchu měřený v meteorologické stanici v Českých Budějovicích. Co se týká bližšího seznámení a naučení se práce se všemi měřičskými přístroji, toto měření plně splnilo svůj úkol. Výsledné výstupy konkrétních měření jsou popsány v následujících podkapitolách.

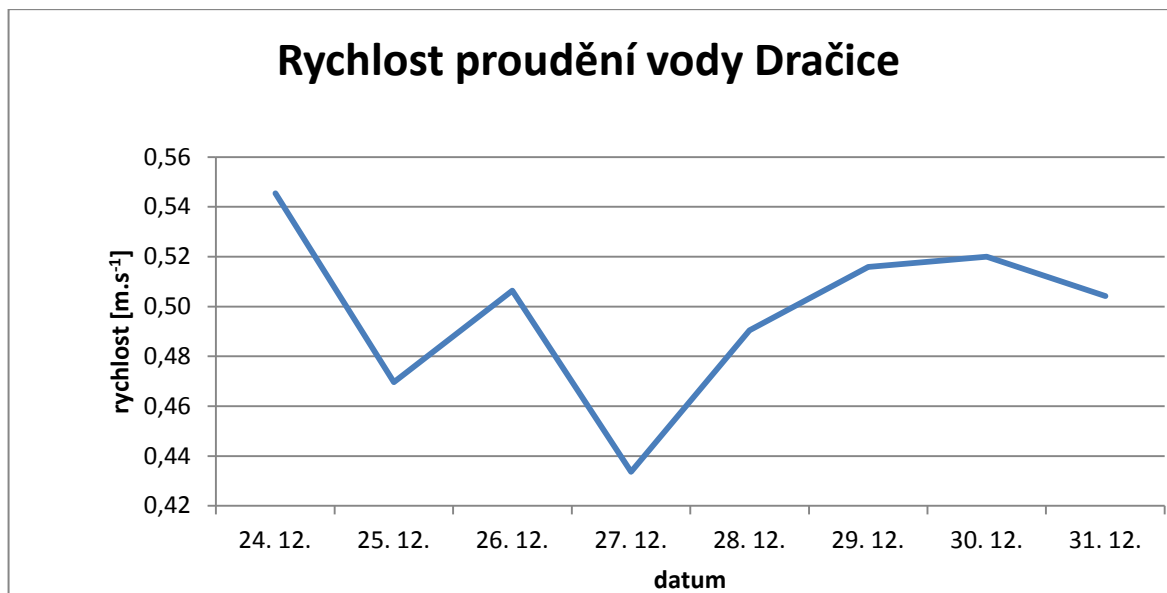
6.2.1. Vyhodnocení rychlosti a průtoku Dračice

Číselné vyhodnocení naměřených dat rychlosti toku je zobrazeno v tabulce 6.2.1.1. Jelikož se jedná o poměrně malý tok, shánění oficiálních hodnot pro porovnání bylo obtížné. Rychlost proudění vody se porovnat nepodařilo, ale informace o průtoku Dračice bylo možno zjistit na webových stránkách [16]. Tato data jsou zaznamenávána v místech, kde potok protéká obcí Nová Bystřice. K dalšímu porovnání byla vybrána data měřená ve stanici Klikov, blízko níž se Dračice vlévá do Nežárky.

Z tabulky je patrné, že minimum rychlosti proudění vody bylo naměřeno 27. 12. 2013. Výkyvy hodnot během 8 měřených dnů se pohybují přibližně v rozmezí $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, tudíž relativně nejsou příliš velké. Průběh měření je zaznamenán v grafu 6.2.1.1. Maximální hodnoty bylo dosaženo hned první den měření tedy 24. 12. 2013.

datum	rychlost toku [m.s ⁻¹]
24. 12.	0,545
25. 12.	0,470
26. 12.	0,506
27. 12.	0,434
28. 12.	0,490
29. 12.	0,516
30. 12.	0,520
31. 12.	0,504

Tab. č. 6.2.1.1.: Naměřená data pro rychlost proudění toku



Graf č. 6.2.1.1.: Rychlost proudění toku

Mnohem více by měly vypovídat výsledky průtoku vody. V tabulce 6.2.1.2 jsou vidět naměřené šířky koryta a průměrná hloubka potoku v místě, kde výzkum probíhal. Jako proměnná a je znázorněna šířka na dně a jako proměnná c je označena šířka koryta na hladině. Průměrná hloubka v byla určena aritmetickým průměrem z několika měřených hloubek po celé šířce koryta. Proměnná S značí měrný profil. Z předchozí tabulky 6.2.1.1. a z tabulky 6.2.1.2. byly vypočítány hodnoty pro průtok v měrném profilu podle rovnice (6). Výsledný profil po vypočítání vyšel necelý 1 m².

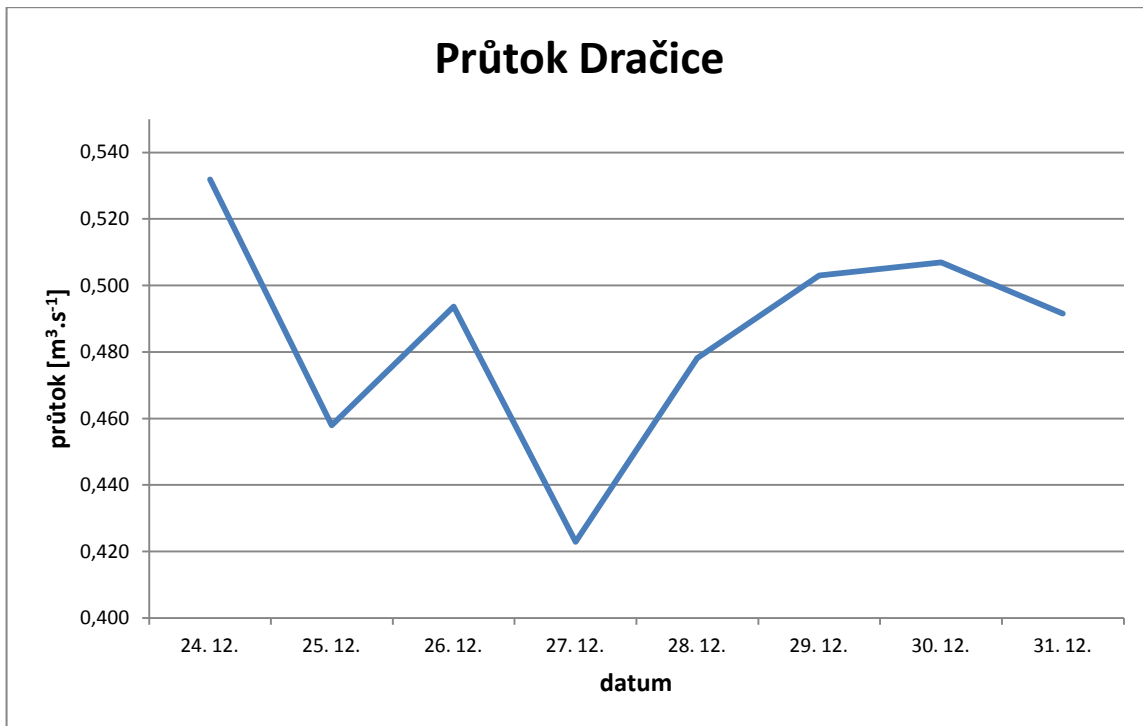
a [m]	c [m]	v [m]	S [m ²]
3,05	3,45	0,3	0,975

Tab. č. 6.2.1.2.: Hodnoty pro zjištění průtoku

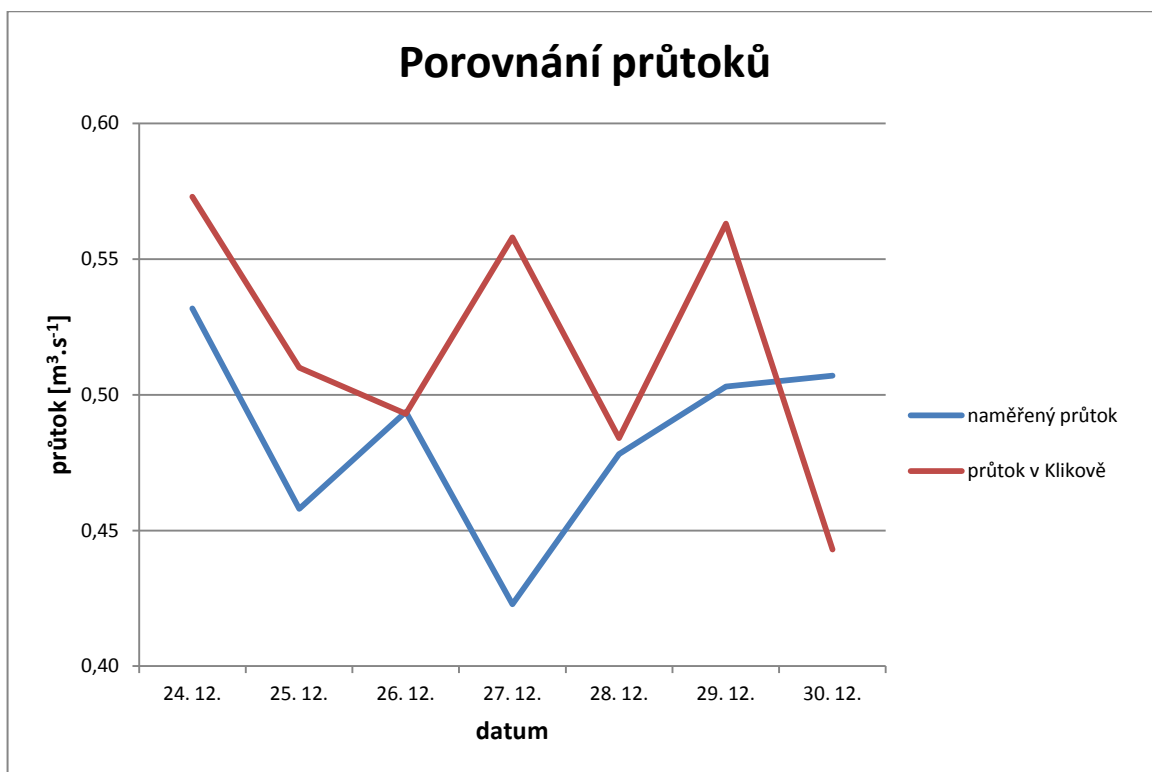
Jak již bylo řečeno, k porovnání posloužili hodnoty zveřejněné ze stanic z Nové Bystřice a z Klikova [16]. Ovšem informace z 31. 12. 2013 nebyly k dispozici. Při pohledu do tabulky 6.2.1.3. je třeba konstatovat, že vypočítaný průtok se oficiálním hodnotám ani zdaleka neblíží. Hodnoty ve třetím a čtvrtém sloupci by se měly přibližně podobat, tomu tak však není. Zjišťovaný průtok se spíše blíží hodnotám ze stanice v Klikově, což není možné. V místě, kde se Dračice vlévá do Nežárky, by měl být průtok největší. K tomuto selhání pravděpodobně došlo z důvodů nevhodně zvoleného místa, kde pozorování probíhalo. Z důvodů dobré dostupnosti a následnému zjišťování parametrů koryta Dračice byl zvolen úsek, který i po částečném odstranění překážek nejspíše nezajistil přesné měření. V grafu 6.2.1.2. je znázorněn průběh průtoku za zmiňované období a graf 6.2.1.3. ukazuje porovnání naměřeného průtoku s oficiálním průtokem v Klikově.

datum	rychlost toku [m.s ⁻¹]	vypočítaný průtok Q [m ³ .s ⁻¹]	průtok N.B. [m ³ .s ⁻¹]	průtok Klikov [m ³ .s ⁻¹]
24. 12.	0,545	0,532	0,029	0,573
25. 12.	0,470	0,458	0,034	0,510
26. 12.	0,506	0,494	0,036	0,493
27. 12.	0,434	0,423	0,041	0,558
28. 12.	0,490	0,478	0,017	0,484
29. 12.	0,516	0,503	0,017	0,563
30. 12.	0,520	0,507	0,015	0,443
31. 12.	0,504	0,492		

Tab. č. 6.2.1.3.: Porovnání naměřených a oficiálních hodnot



Graf č. 6.2.1.2.: Naměřený průtok



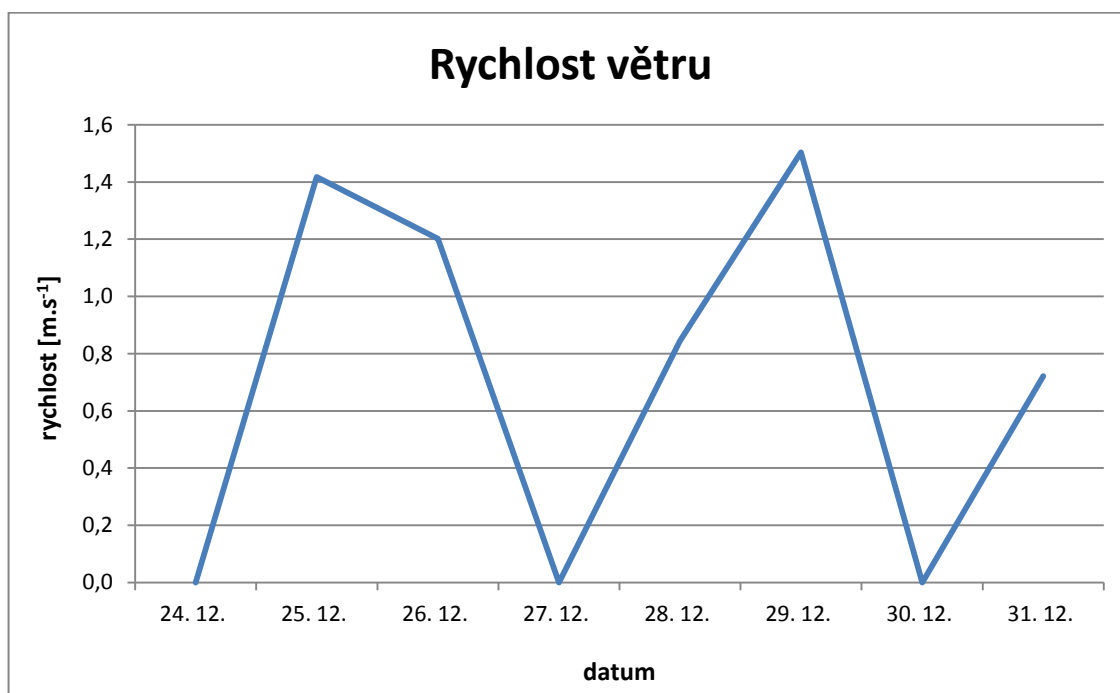
Graf č. 6.2.1.3.: Porovnání naměřeného průtoku s průtokem v Klikově

6.2.2. Vyhodnocení rychlosti proudění vzduchu

V tabulce 6.2.2.1. jsou zobrazeny konkrétní hodnoty rychlosti větru naměřené během osmidenního měření v blízkosti Nové Bystřice. Jako minima by se dala označit data získaná 24. 12., 27. 12. a 30. 12. 2013, kde je vidět, že rychlost větru byla nulová. Ve skutečnosti se toto tvrzení nedá považovat za zcela pravdivé. Anemometr Vernier zaznamenává rychlost proudění vzduchu až od hodnot $0,5 \text{ m.s}^{-1}$. Nejrychleji proudil vzduch 29. 12. Rychlost větru byla přibližně $1,5 \text{ m.s}^{-1}$.

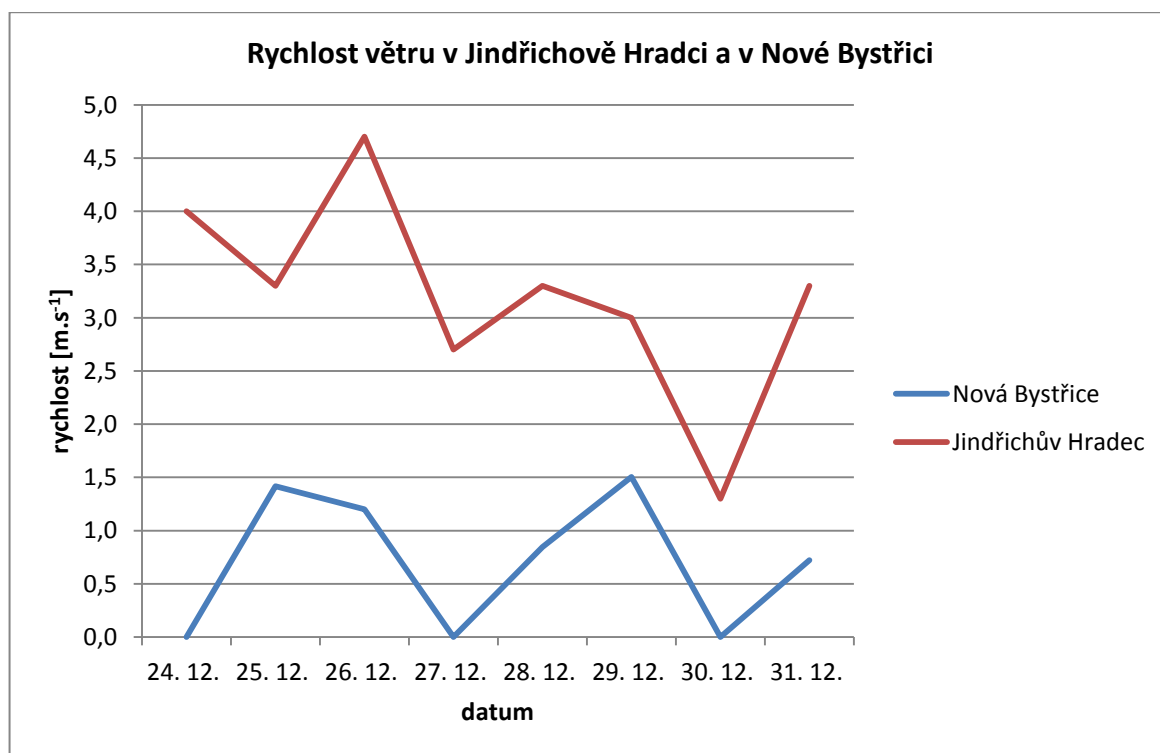
datum	rychlost proudění vzduchu [m.s^{-1}]	rychlost proudění vzduchu JH [m.s^{-1}]
24. 12.	0,0	4,0
25. 12.	1,4	3,3
26. 12.	1,2	4,7
27. 12.	0,0	2,7
28. 12.	0,8	3,3
29. 12.	1,5	3,0
30. 12.	0,0	1,3
31. 12.	0,7	3,3

Tab. č. 6.2.2.1.: Naměřená data a oficiální data v JH pro rychlost proudění vzduchu



Graf č. 6.2.2.1.: Naměřená rychlost proudění vzduchu

Pro porovnání rychlosti větru jsou ve třetím sloupci tabulky 6.2.2.1. vyčíslena data, která poskytl ČHMÚ. Hodnoty pocházejí z meteorologické stanice v Jindřichově Hradci, který je od místa měření vzdálen přibližně 17 km vzdušnou čarou. Je patrné, že data se výrazně liší. Je tomu pravděpodobně právě kvůli vzdálenosti mezi těmito místy. I když vzdálenost není tak markantní, zdá se, že sehrála významnou roli. Zatímco 24. 12. bylo v Nové Bystřici naměřeno jedno z minim, tak v Jindřichově Hradci byla rychlost větru druhá nejvyšší během osmi dnů, tedy $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Dalším velice důležitým faktorem byla doba, během které k měření došlo. Meteorologická stanice v okresním městě zaznamenává rychlost větru v průběhu dne, kdežto samotné měření v Nové Bystřici probíhalo vždy v 13:00. To znamená, že se v potaz brala jen okamžitá rychlost větru. Nejnižší hodnota oficiálních dat z ČHMÚ byla zjištěna 30. 12., což v tomto případě odpovídalo i jednomu z minim naměřených sadou Vernier. Pro přehlednost je v grafu 6.2.2.2. vidět porovnání.



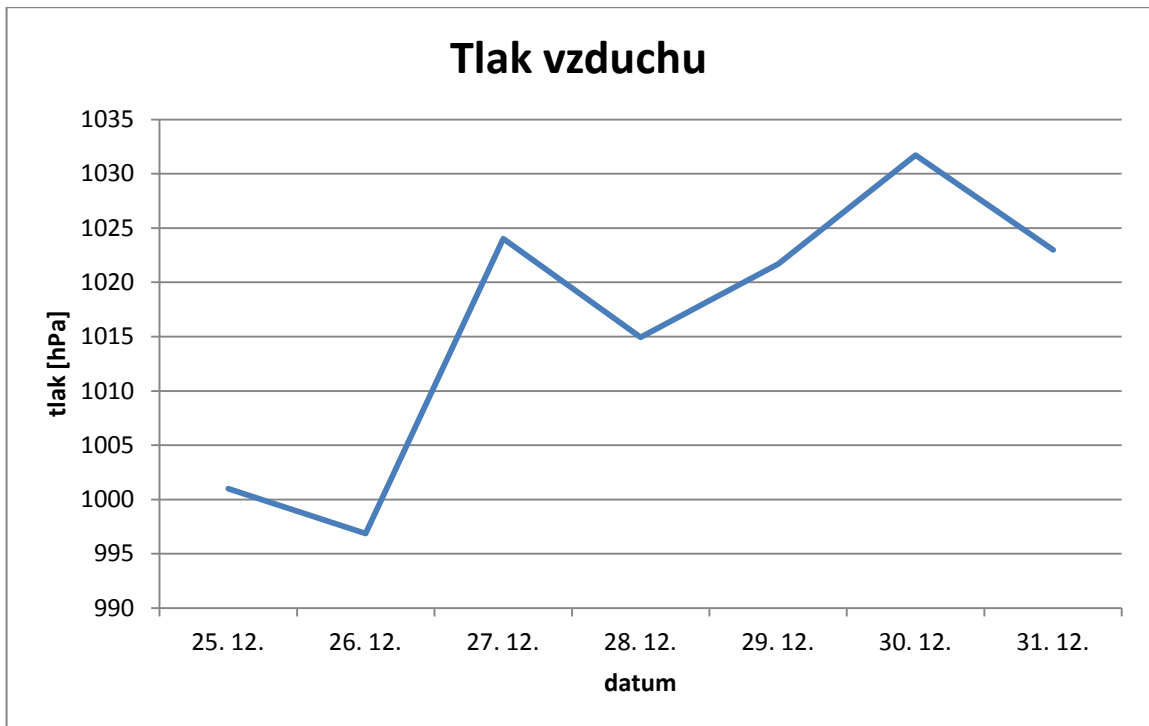
Graf č. 6.2.2.2.: Naměřená a oficiální data rychlosti větru

6.2.3. Vyhodnocení tlaku vzduchu

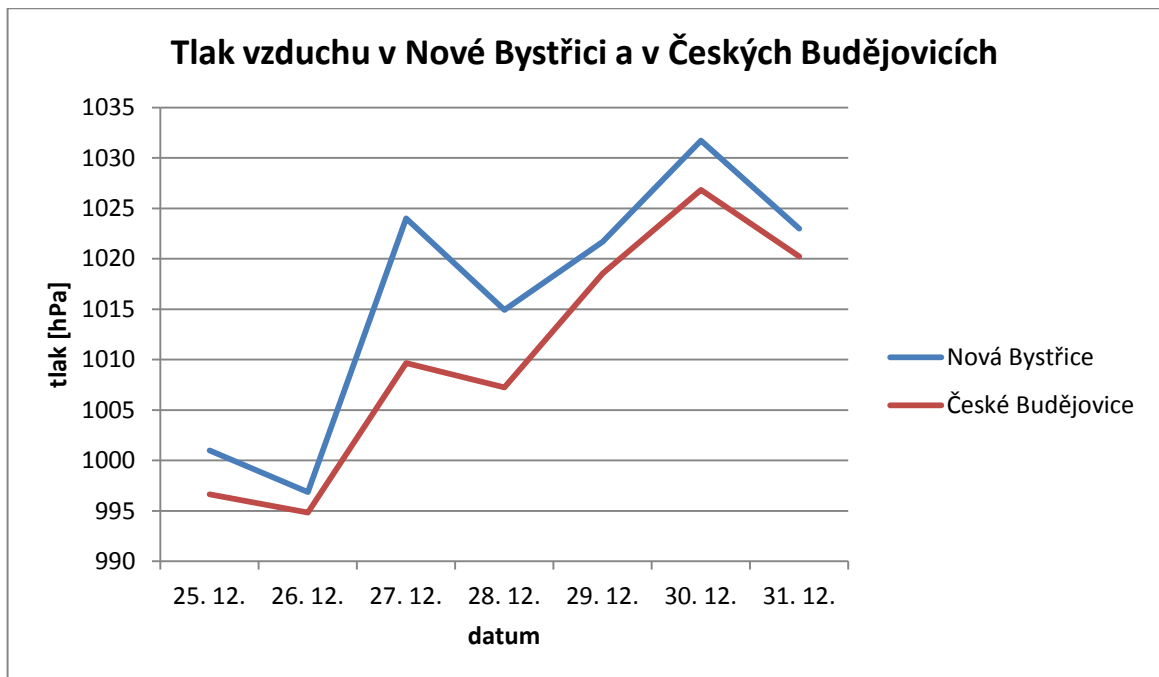
Jak je patrné z tabulky 6.2.3.1. zjišťování dat začalo až 25. 12. 2013. Město Nová Bystřice leží v nadmořské výšce 588 m n. m. [17]. Tento údaj je důležitý pro přepočítání místního atmosférického tlaku podle rovnice (7). Poslední sloupec tabulky zobrazuje oficiální data naměřená ČHMÚ. Bohužel meteorologická stanice v Jindřichově Hradci se nespécializuje na tlak vzduchu. Proto pro srovnání musely postačit hodnoty získané stanicí v Českých Budějovicích, která leží v nadmořské výšce 394,6 m. Od lokality krátkodobého měření leží České Budějovice necelých 50 km vzdušnou čarou západním směrem. Při nahlédnutí do grafu 6.2.3.2. je vidno, že vzdálenost sice určitým způsobem ovlivnila rozdíly hodnot, ale nebyla tak významným činitelem. Po přepočtení místních tlaků vzduchu na hladinu moře se křivky v grafu povětšinou věrohodně kopírují. Nejvýznamnější rozdíl nastal 27. 12., kdy se naměřené a oficiální hodnoty lišily o více než 14 hPa. Možné vysvětlení se dá hledat v určité chybě při měření nebo právě v lokálních rozdílech tlaku vzduchu.

datum	naměřený tlak vzduchu [hPa]	tlak vzduchu v ČB [hPa]
25. 12.	1000,98	996,64
26. 12.	996,87	994,84
27. 12.	1024,02	1009,64
28. 12.	1014,94	1007,24
29. 12.	1021,69	1018,54
30. 12.	1031,72	1026,84
31. 12.	1023,00	1020,24

Tab. č. 6.2.3.1.: Naměřená data a oficiální data v ČB pro tlak vzduchu přepočítaný na hladinu moře



Graf č. 6.2.3.1.: Naměřený tlak vzduchu přepočítaný na hladinu moře



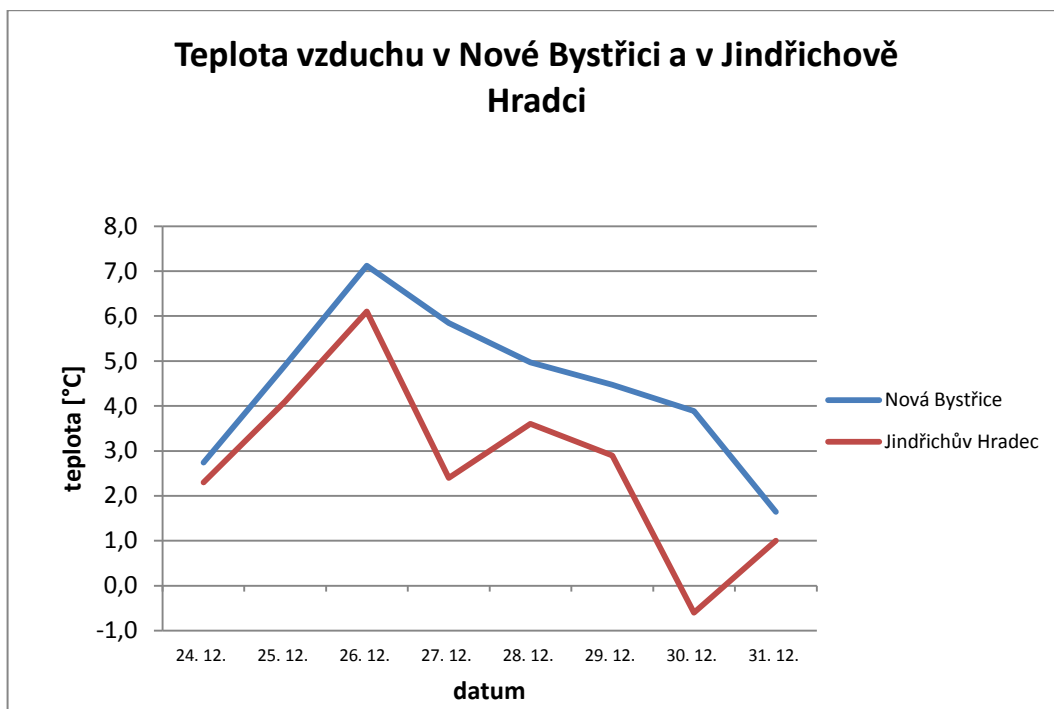
Graf č. 6.2.3.2.: Naměřená a oficiální data tlaku vzduchu

6.2.4. Vyhodnocení teploty vzduchu a teploty vody

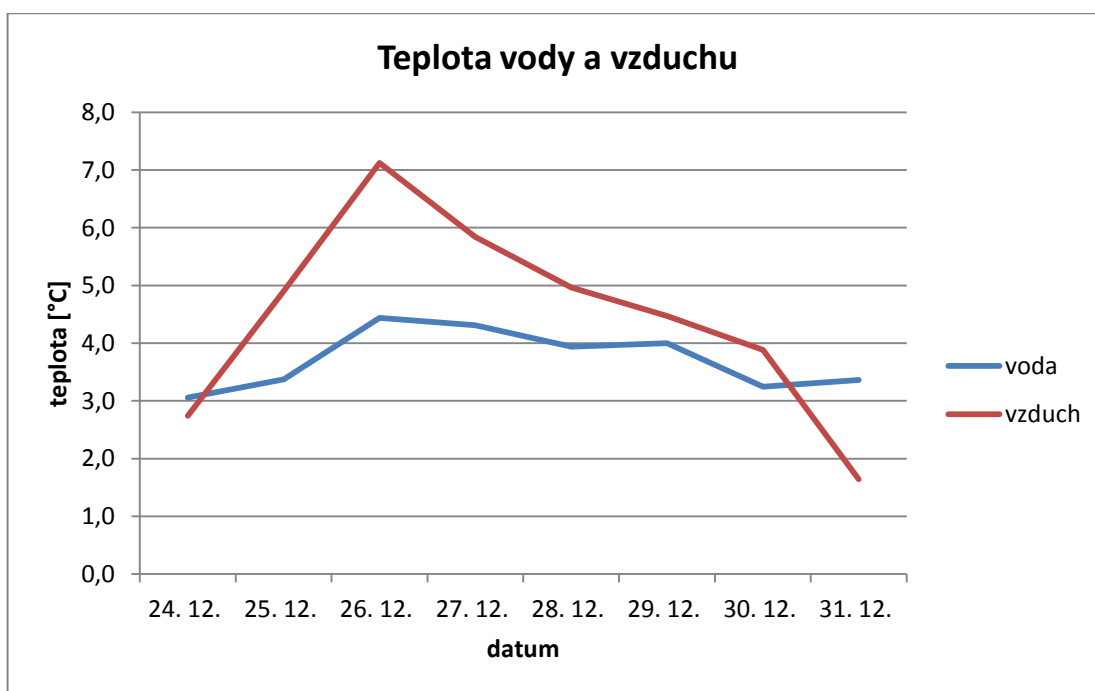
Teploty vzduchu stejně jako rychlost větru zaznamenává meteorologická stanice v Jindřichově Hradci. Ohledně porovnávání s naměřenými hodnotami by to měla být výhoda. Ovšem je třeba si připomenout, že krátkodobé měření probíhalo vždy jen jednou denně. Tudíž získané údaje jsou hodnoty okamžitých teplot. Na rozdíl od oficiálních, které jsou brány jako denní průměr. Určitou vypovídací schopnost data mají. Při náhledu do tabulky 6.2.4.1. je patrné, že teploty vzduchu jsou na výjimky podobné. Toto tvrzení je lépe vidět v grafu 6.2.4.1. Kromě dne 30. 12., kdy byla teplota v Jindřichově Hradci pod bodem mrazu, se všechny ostatní hodnoty pohybovaly nad 0 °C. Tento den tedy nastalo minimum teploty vzduchu pro Jindřichův Hradec, konkrétní hodnota dosáhla -0,6 °C. V Nové Bystřici byla zjištěna nejnižší teplota 1,6 °C o den později, tedy 31. 12. Nejvyšší teploty vzduchu byly naměřeny jak v okresním městě, tak v Nové Bystřici 26. 12. Maximum u řeky Dračice představovala teplota 7,1 °C a v meteorologické stanici Jindřichův Hradec o 1 °C nižší. Teplota vody byla měřena pro zkoumání závislosti na teplotě vzduchu, což je znázorněno v grafu 6.2.4.2. Tuto charakteristiku nebylo možné porovnávat s žádnými oficiálními hodnotami. Teplota vody má oproti teplotám vzduchu menší amplitudu. Voda mění svou teplotu během doby měření pouze v rozmezí necelých 1,4 °C, kdežto teplota vzduchu kolísá v rozmezí 5,5 °C. Voda je méně náchylná na změny teploty než vzduch, udrží déle stálou teplotu a pro její změnu je potřeba více času.

datum	teplota vody [°C]	teplota vzduchu [°C]	teplota vzduchu v JH [°C]
24. 12.	3,06	2,7	2,3
25. 12.	3,37	4,9	4,1
26. 12.	4,44	7,1	6,1
27. 12.	4,31	5,8	2,4
28. 12.	3,94	5,0	3,6
29. 12.	4,00	4,5	2,9
30. 12.	3,24	3,9	-0,6
31. 12.	3,36	1,6	1,0

Tab. č: 6.2.4.1.: Naměřená data teploty vody a teploty vzduchu a oficiální data teploty vzduchu v Jindřichově Hradci



Graf č. 6.2.4.1.: Naměřená a oficiální data teploty vzduchu



Graf č. 6.2.4.2.: Teplota vody a teplota vzduchu

6.3. Hodnocení dlouhodobého měření

Měření by se dalo označit jako stěžejní část bakalářské práce. Na získávání dat v této fázi bylo vynaloženo nejvíce úsilí. Vyhodnocení je rozděleno na zkoumání průměrné teploty a tlaku vzduchu. Nejvíce časově náročné bylo sbírání hodnot teplot vzduchu, které probíhalo třikrát denně. Pro porovnání teploty vzduchu byly využity dva různé zdroje dat. Jedním byla hydrometeorologická stanice v Nové Bystřici (HMSNB) číslo popisné 684 pod správou pana Stanislava Kopáčka. Jako druhý zdroj posloužily hodnoty poskytnuté ČHMÚ naměřené meteorologickou stanicí v okresním městě Jindřichův Hradec. Tlak vzduchu se ovšem zde nezaznamenává, tudíž k porovnání sloužila data sledována ČHMÚ v Českých Budějovicích.

6.3.1. Vyhodnocení teploty vzduchu

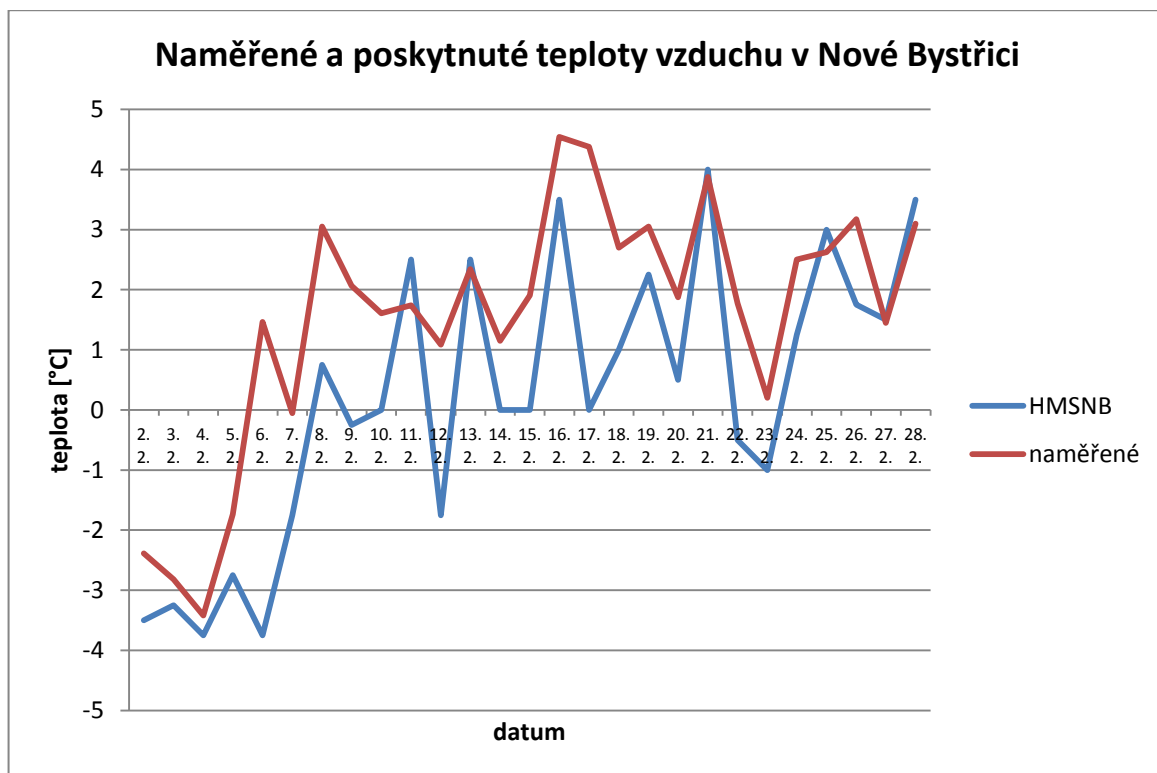
Z archivu hydrometeorologické stanice v Nové Bystřici bylo možno získat data od roku 1973. Pro výzkum byl samozřejmě zvolen rok 2014 kvůli vzájemnému porovnání a také rok 2004, což byla 10 let stará data.

Z grafu 6.3.1.1. je patrné, že v některých dnech se teploty výrazněji liší. Přesto je možné konstatovat, že křivky mají velmi podobný průběh. Celkově je teplota v HMSNB nižší než naměřená. Drobné výchyly mohou být způsobeny polohou meteorologické stanice, která leží v mírně vyšší nadmořské výšce než lokalita, kde došlo k samotnému měření sadou od firmy Vernier. Ovšem tyto rozdíly by byly tak malé, že by se daly zanedbat. Větší pravděpodobnost vzniku těchto odlišností je ta, že HMSNB se nachází na kraji města, kde není tak silný vliv okolního městského prostředí. Dlouhodobé měření probíhalo uprostřed města, kde jsou nepatrně vyšší teploty vzduchu. Výchyly mohou být také způsobeny způsobem zaznamenávání teplot. V hydrometeorologické stanici se teploty vzduchu měří rtuťovým teploměrem. Minimální hodnoty byly zjištěny u obou měření ve stejný den a to 4. 2. Nejnižší průměrná denní teplota vzduchu zaznamenaná sadou Vernier představovala $-3,4$ °C. Minima změřená HMSNB byla dvě. Jedno minimum nastalo právě 4. 2. a jeho hodnota činila $-3,75$ °C. Druhé minimum bylo naměřeno 6. 2. Naopak nejvyšší hodnoty se neprojevíly ve stejný den. Teplota $4,5$ °C byla nejvyšší

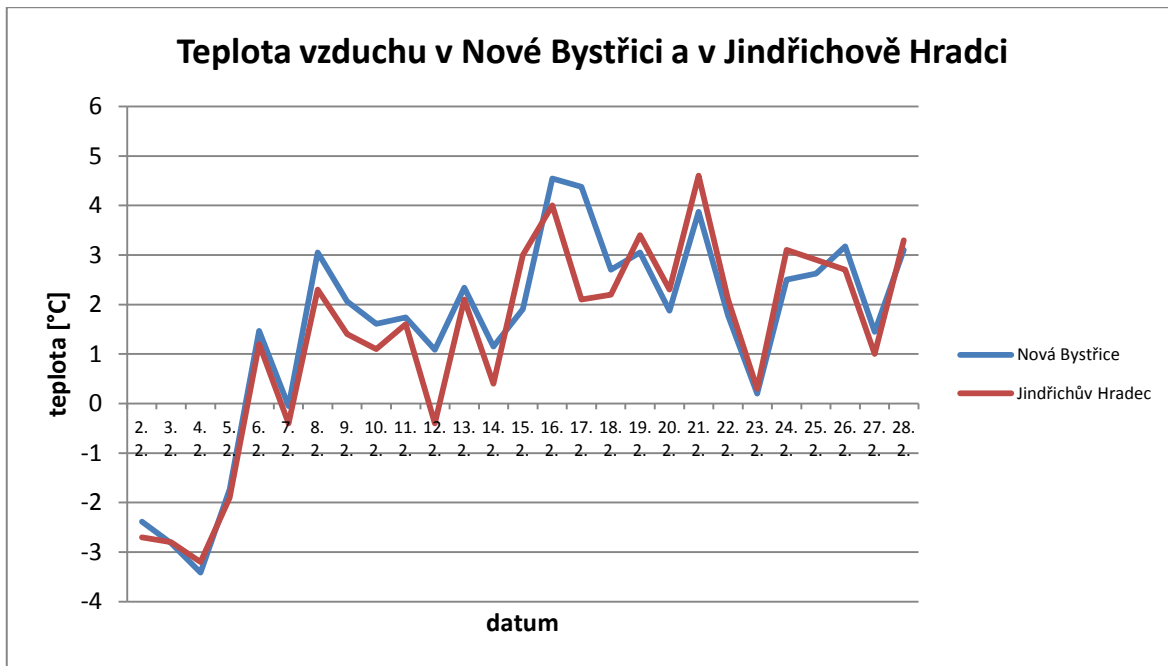
naměřenou a nastala 16. 2. Kdežto nejvyšší hodnotou zaznamenanou HMSNB představovala teplota 4 °C naměřená 21. 2.

Graf 6.3.1.2. ukazuje porovnání s oficiálními hodnotami z hydrometeorologické stanice v Jindřichově Hradci. Je zde možné pozorovat výraznou podobnost obou dat. Křivka znázorňující teplotu vzduchu naměřenou v Nové Bystřici věrohodně kopíruje křivku zobrazující data naměřená ČHMÚ. Nejnižší teploty naměřené i oficiální jsou téměř stejné, pohybují se kolem -3,3 °C a byly zaznamenány 4. 2. Oproti tomu maximální hodnoty nebyly zjištěny ve stejný den. Nejvyšší teplota vzduchu v okresním městě byla naměřena 21. 2. a představovala 4,6 °C.

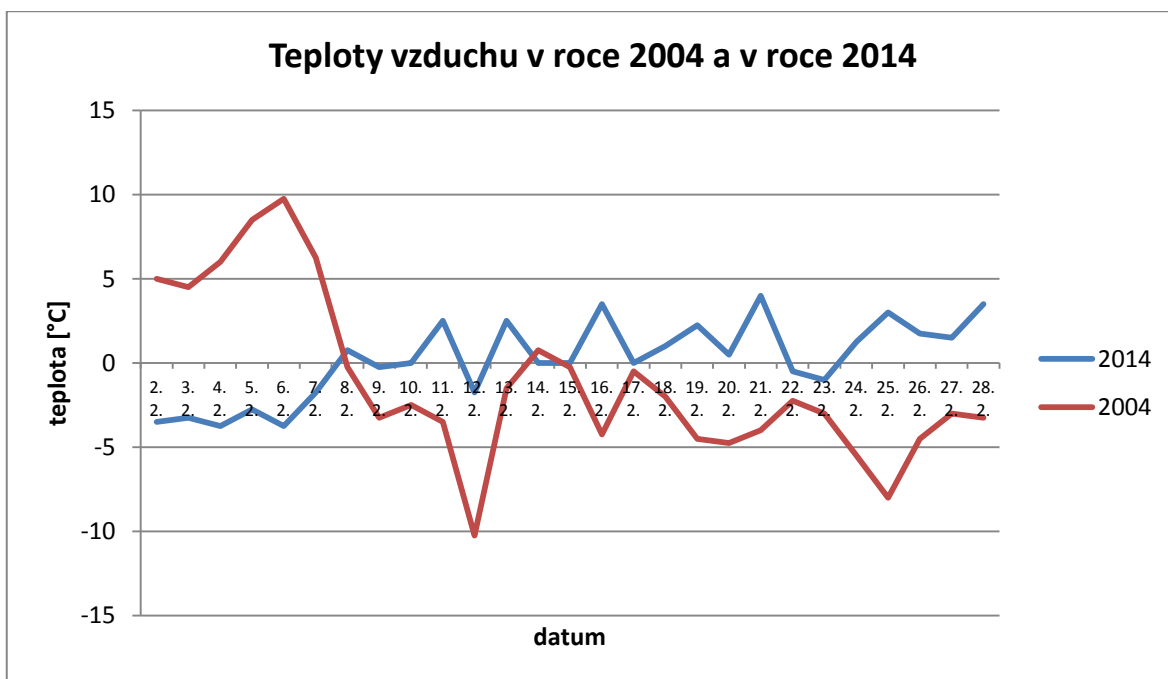
Jen pro zajímavost došlo k sestrojení grafu 6.3.1.3., kde je vidět porovnání teplot vzduchu měsíce února v rozmezí deseti let. Přibližně první třetina února 2004 byla evidentně mnohem teplejší než v roce 2014. Ovšem od 8. 2. se situace zcela obrátila, téměř po zbytek měsíce byl teplejší únor 2014.



Graf č.: 6.3.1.1.: Naměřené a poskytnuté teploty vzduchu v Nové Bystřici



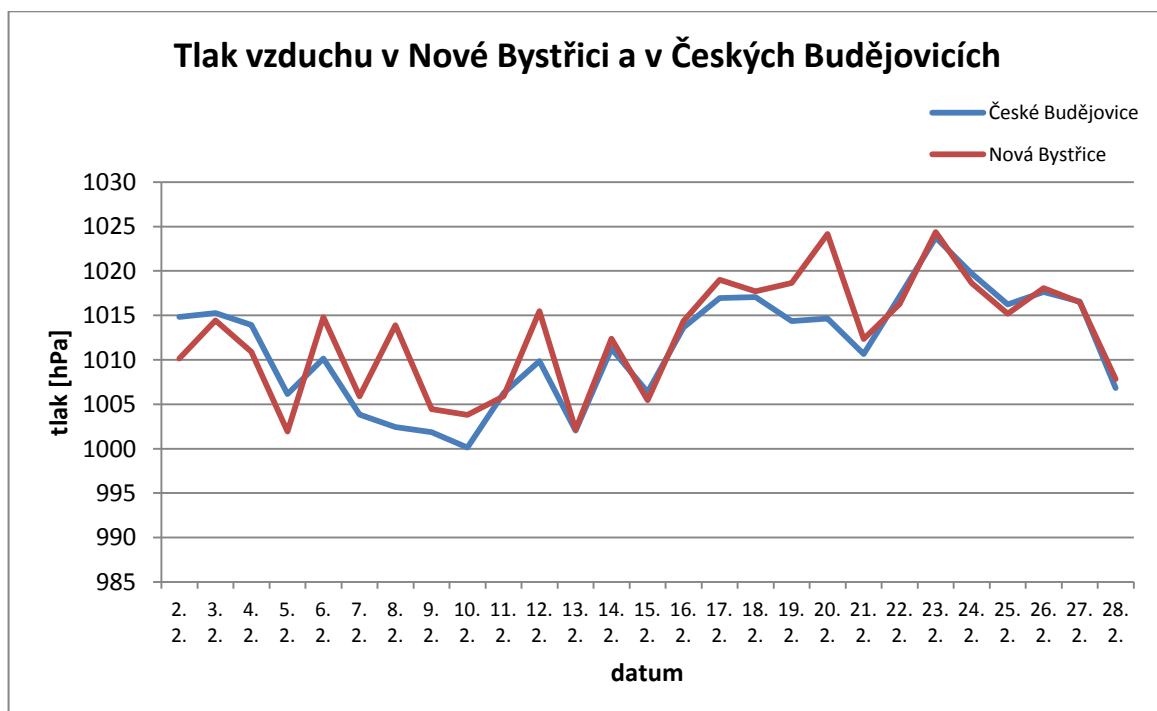
Graf č. 6.3.1.2.: Naměřená a oficiální data teploty vzduchu



Graf č. 6.3.1.3.: Porovnání teplot vzduchu v roce 2004 a 2014

6.3.2. Vyhodnocení tlaku vzduchu

Z Českého hydrometeorologického ústavu byla pro porovnání poskytnuta data tlaku vzduchu naměřená v Českých Budějovicích. Po přepočítání tlaku vzduchu na hladinu moře jsou si získaná a poskytnutá data velice blízka. Po většinou se hodnoty příliš neliší. Největší odchylka dosáhla téměř 11,5 hPa a to během dne 8. 2. Absolutně nejmenší rozdíl nastal 27. 2., kdy se hodnoty lišily o méně než 0,1 hPa. V grafu 6.3.2.1 jsou patrné fáze, kdy jsou si oboje data hodně podobná. Především od 22. 2. se dá konstatovat, že průběh křivek je téměř totožný a odchylky nepřekročí 1,1 hPa. Jsou vidět i části, kdy amplitudy dosáhly velkých hodnot. Mohlo by to být způsobeno vzdáleností obou míst, kde došlo k dlouhodobému měření. Kalibrací tlakoměrů se ukázalo, že Barometr Vernier měří tlak vzduchu s určitými výkyvy a ne vždy odpovídá oficiálním datům. I toto mohlo sehrát svou roli při vyhodnocování.



Graf č. 6.3.2.1.: Naměřená a oficiální data tlaku vzduchu

7. Závěr

Meteorologická pozorování jsou velice důležitá pro lidské soužití s přírodou. Přírodní jevy a procesy utvářející se v atmosféře, na zemském povrchu i pod ním velkou měrou ovlivňují život člověka na Zemi. Studium a porozumění těchto jevů je stěžejním aspektem pro lepší zvládnání krizových situací způsobených přírodními zákonitostmi.

Bakalářská práce je postavena na dvou základních oddílech. Před samotnou praktickou částí je probírána teorie. Tato fáze se zaměřuje na teoretická východiska práce. Teoretická část popisuje základní rozdíly mezi meteorologií a klimatologií a obecné principy fyzikálního měření. Zmíněná je i Mezinárodní soustava jednotek SI. Dále dochází k důkladnějšímu seznámení s vybranými meteorologickými charakteristikami a způsoby jejich pozorování a zaznamenávání. Získávání dat proběhlo pomocí přístrojů a čidel od firem Vernier a Pasco, jejichž parametry jsou probírány v této části práce.

V praktické části je popisován samotný postup při měření, způsob zapojení čidel k dataloggeru a software potřebný k přenosu dat do laptopu. Po kompletním nasbírání hodnot došlo k závěrečnému vyhodnocování, jehož součástí jsou přehledné grafy znázorňující průběh měření. Díky poskytnutí dat Českým hydrometeorologickým ústavem mohly být některé naměřené hodnoty porovnány s oficiálními.

Měření obsahuje 3 části. Krátkodobé a dlouhodobé měření proběhlo v Nové Bystřici a porovnání konkurenčních barometrů s údaji zveřejněnými ČHMÚ v Českých Budějovicích. Během krátkodobého měření se pozorovalo celkem 5 charakteristik na konci roku 2013. Všech 8 dní probíhalo měření teploty vzduchu a vody, rychlost větru a rychlost proudění vody, ze které byl vypočítán i průtok. Jen 7 dní došlo k zaznamenávání tlaku vzduchu. Teplota a tlak vzduchu byl částečně porovnáván s oficiálními hodnotami poskytnutými ČHMÚ a průtok Dračice byl porovnán s daty zveřejněnými na webu [16].

K dlouhodobému měření došlo během února 2014. Je zaměřeno na pozorování teploty a tlaku vzduchu. Pro porovnání teplot posloužily hned dva zdroje informací. Jedním zdrojem byla data z meteorologické stanice v Jindřichově Hradci poskytnutá ČHMÚ, druhým zdrojem byla hydrometeorologická stanice v Nové Bystřici. Pro srovnání tlaku vzduchu musela postačit data naměřená meteorologickou stanicí v Českých Budějovicích, jelikož v Jindřichově Hradci se tlak vzduchu nezaznamenává.

Srovnávání obou barometrů proběhlo na základě zveřejněných dat ČHMÚ na webových stránkách [14]. Pomocí barometrů od firem Pasco a Vernier byly naměřeny během dne 16. 4. 2014 hodnoty tlaku vzduchu. Po přepočtení dat na tlak vzduchu na hladinu moře došlo k vzájemnému porovnání a vyhodnocení. Nejdůležitějším poznatkem bylo to, že hodnoty naměřené Barometrem Pasco věrně kopírují oficiální data ČHMÚ. Oproti tomu tlak vzduchu zjištěný Barometrem Vernier kolísá okolo křivky, která znázorňuje průběh tlaku vzduchu zveřejněný ČHMÚ. Pokud se bude vycházet pouze z těchto výsledků, dá se konstatovat, že Barometr Pasco je přesnější a spolehlivější než Barometr Vernier.

Původním záměrem bylo do měření zahrnout ještě vlhkost vzduchu, ovšem čidlo pro pozorování této charakteristiky nebylo k dispozici. V práci je tudíž vlhkost vzduchu zmíněna, ale k samotnému měření nedošlo. Nejideálnější by bylo, kdyby se dlouhodobé měření realizovalo pomocí obou barometrů. Ale z toho důvodu, že používaný laptop potřebný k měření s Barometrem Pasco nedisponoval dostatečnou výdrží baterie, nebylo možné tímto způsobem měření provést. Pro porovnání čidel muselo posloužit pouze jednodenní měření v Českých Budějovicích.

Seznam použité literatury

- [1] BROŽ, Jaromír a kolektiv. *Základy fyzikálních měření I*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1983. Učebnice pro vysoké školy.
- [2] ROŽNOVSKÝ, Jaroslav. *Klimatologie*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-715-7419-8.
- [3] NETOPIIL, Rostislav a kolektiv. *Fyzická geografie I*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1984. Učebnice pro vysoké školy.
- [5] MUNZAR, Jan a kolektiv. *Malý průvodce meteorologií*. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 1989. Malé encyklopedie.
- [6] BEDNÁŘ, Jan. *Meteorologie: úvod do studia dějů v zemské atmosféře*. Vyd. 1. Praha: Portál, 2003, 223 s. ISBN 80-717-8653-5.
- [7] SVOBODA, Emanuel a kolektiv. *Přehled středoškolské fyziky*. 2., přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 1996, 497 s. Učebnice pro střední školy. ISBN 80-719-6006-3.
- [8] KŘÍŽ, V., KUPČO, M., SOCHOREC, R. Měření průtoku. Praha: SNTL, 1979.
- [12] DAVID, Petr, SOUKUP Vladimír a kolektiv. *Česká Kanada. Jindřichohradecko*. 1. vyd. Praha: Soukup & David, 1995, 148 s. Průvodce po Čechách, Moravě a Slezsku, sv. 6. ISBN 80-901-8660-2.

Internetové zdroje

- [4] <http://www.meteocentrum.cz/encyklopedie>, 23. 10. 2013
- [9] <http://www.vernier.cz/uvod/rozcestnik>, 18. 3. 2014
- [10] <http://www.pasco.cz/produkty>, 14. 4. 2014
- [11] <http://store.pasco.com/forms/download.cfm?...type=DataStudio>, 14. 4. 2014
- [13] <http://www.ceska-kanada.cz/>, 3. 6. 2014
- [14] <http://old.chmi.cz/meteo/opss/pocasi/pocasisp.php?ukazatel=tlak&pozadi=mapaokr&graf=ne>, 3. 6. 2014

- [15] <http://pocasi.ok5aw.cz/teorie.php?doc=page1>, 5. 6. 2014
- [16] <http://hydrodata.cz/cz/charts/stage>, 10. 6. 2014
- [17] http://cs.wikipedia.org/wiki/Nov%C3%A1_Byst%C5%99ice, 11. 6. 2014

Seznam příloh

Příloha č. 1

- Data poskytnutá ČHMÚ za prosinec 2013

Příloha č. 2

- Data poskytnutá ČHMÚ za únor 2014

Příloha č. 3

- Kompletní průměrná data naměřená během krátkodobého měření

Příloha č. 4

- Teploty vzduchu poskytnuté hydrometeorologickou stanicí v Nové Bystřici za únor 2004

Příloha č. 5

- Teploty vzduchu poskytnuté hydrometeorologickou stanicí v Nové Bystřici za únor 2014

Příloha č. 6

- Kompletní průměrná data naměřená během dlouhodobého měření

Příloha č. 7

- Lokality měření v Nové Bystřici

Příloha č. 8

- Lokality měření v Českých Budějovicích

Příloha č. 9

- Lokality krátkodobého, dlouhodobého měření a kalibrace barometrů

Příloha č. 1

Data poskytnutá ČHMÚ za prosinec 2013

Data poskytnutá ČHMÚ					
			České Budějovice	Jindřichův Hradec	
		denní průměr	tlak (na hladině 394,6 m)	rychlost větru	teplota
rok	měsíc	den	hPa	m/s	°C
2013	12	1	978,5	2,3	1,8
2013	12	2	984,8	2	0,3
2013	12	3	981,2	2,3	-1,5
2013	12	4	975,4	3	-1
2013	12	5	970,4	3,7	2
2013	12	6	964,6	7,3	-0,4
2013	12	7	973,9	5	-0,8
2013	12	8	977	4	2,4
2013	12	9	977,9	4,7	4,1
2013	12	10	986,8	1,7	4,8
2013	12	11	986,1	1,7	2,9
2013	12	12	982,5	1	-0,4
2013	12	13	977,4	1	-1,9
2013	12	14	979,2	2	-1,1
2013	12	15	983,2	1,7	1,8
2013	12	16	983,2	1,3	0,7
2013	12	17	981,1	3	-3,4
2013	12	18	976,6	2,7	-3,9
2013	12	19	968,2	4	-4,2
2013	12	20	977,3	3	-1,4
2013	12	21	982,9	1,3	-1,1
2013	12	22	975,6	1	0
2013	12	23	972,5	2	3,4
2013	12	24	960,8	4	2,3
2013	12	25	949,1	3,3	4,1
2013	12	26	947,3	4,7	6,1
2013	12	27	962,1	2,7	2,4
2013	12	28	959,7	3,3	3,6
2013	12	29	971	3	2,9
2013	12	30	979,3	1,3	-0,6
2013	12	31	972,7	3,3	1

Příloha č. 2**Data poskytnutá ČHMÚ za únor 2014**

Data poskytnutá ČHMÚ				
			České Budějovice	Jindřichův Hradec
		denní průměr	tlak (na hladině 394,6 m)	teplota
rok	měsíc	den	hPa	°C
2014	2	1	960,4	-2,9
2014	2	2	967,3	-2,7
2014	2	3	967,7	-2,8
2014	2	4	966,4	-3,2
2014	2	5	958,6	-1,9
2014	2	6	962,6	1,2
2014	2	7	956,3	-0,4
2014	2	8	954,9	2,3
2014	2	9	954,3	1,4
2014	2	10	952,6	1,1
2014	2	11	958,7	1,6
2014	2	12	962,3	-0,4
2014	2	13	954,5	2,1
2014	2	14	963,7	0,4
2014	2	15	958,8	3
2014	2	16	966,1	4
2014	2	17	969,4	2,1
2014	2	18	969,5	2,2
2014	2	19	966,8	3,4
2014	2	20	967,1	2,3
2014	2	21	963,1	4,6
2014	2	22	969,6	2,1
2014	2	23	976,2	0,3
2014	2	24	972,2	3,1
2014	2	25	968,7	2,9
2014	2	26	970,1	2,7
2014	2	27	969	1
2014	2	28	959,3	3,3

Příloha č. 3

Kompletní průměrná data naměřená během krátkodobého měření

den	rychlost toku [m.s ⁻¹]	teplota vody [°C]	teplota vzduchu [°C]	rychlost proudění vzduchu [m.s ⁻¹]	tlak vzduchu [kPa]
24. 12.	0,5455	3,0589	2,7423	0,0000	-
25. 12.	0,4697	3,3745	4,9040	1,4169	93,0140
26. 12.	0,5064	4,4370	7,1235	1,2010	92,6032
27. 12.	0,4337	4,3120	5,8430	0,0000	95,3178
28. 12.	0,4904	3,9370	4,9670	0,8448	94,4096
29. 12.	0,5159	3,9995	4,4732	1,5037	95,0845
30. 12.	0,5200	3,2444	3,8838	0,0000	96,0873
31. 12.	0,5042	3,3647	1,6416	0,7212	95,2154

Příloha č. 4**Teploty vzduchu poskytnuté hydrometeorologickou stanicí v Nové Bystřici za únor 2004**

HMSNB 2004				
	teplota vzduchu [°C]			
den	7:00	14:00	21:00	prům.
1. 2.	2	8	4	4,50
2. 2.	3	7	5	5,00
3. 2.	4	6	4	4,50
4. 2.	2	10	6	6,00
5. 2.	5	13	8	8,50
6. 2.	8	13	9	9,75
7. 2.	8	11	3	6,25
8. 2.	-3	4	-1	-0,25
9. 2.	-3	0	-5	-3,25
10. 2.	-7	1	-2	-2,50
11. 2.	-3	1	-6	-3,50
12. 2.	-10	-1	-15	-10,25
13. 2.	-8	2	0	-1,50
14. 2.	0	3	0	0,75
15. 2.	-1	2	-1	-0,25
16. 2.	-2	1	-8	-4,25
17. 2.	-12	12	-1	-0,50
18. 2.	-2	2	-4	-2,00
19. 2.	-7	-1	-5	-4,50
20. 2.	-6	-1	-6	-4,75
21. 2.	-8	-2	-3	-4,00
22. 2.	-4	-1	-2	-2,25
23. 2.	-3	-1	-4	-3,00
24. 2.	-6	-2	-7	-5,50
25. 2.	-17	1	-8	-8,00
26. 2.	-17	5	-3	-4,50
27. 2.	-5	1	-4	-3,00
28. 2.	-6	1	-4	-3,25
29. 2.	-6	0	-5	-4,00

Příloha č. 5

Teploty vzduchu poskytnuté hydrometeorologickou stanicí v Nové Bystřici za únor 2014

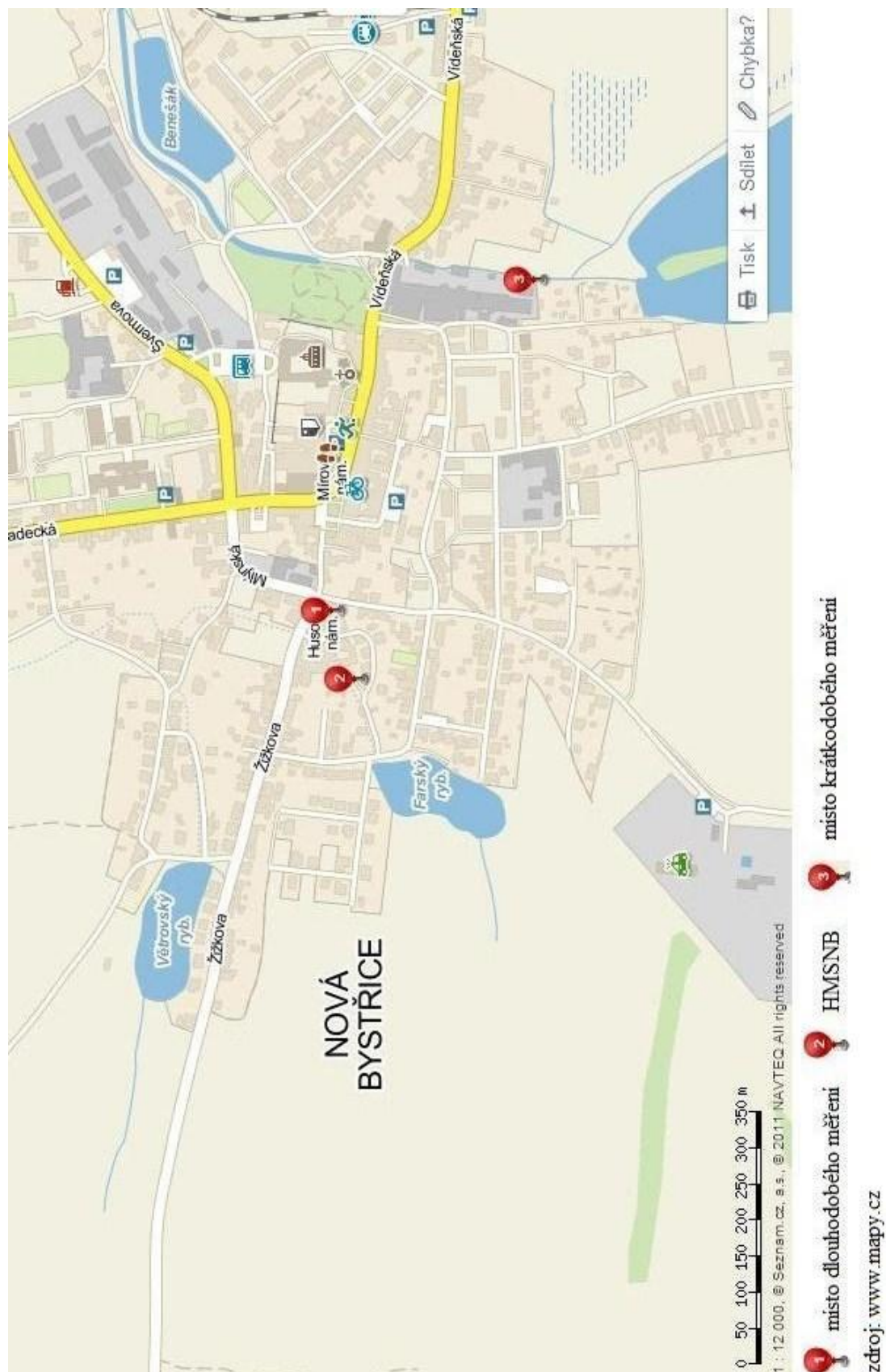
HMSNB 2014				
	teplota vzduchu [°C]			
den	7:00	14:00	21:00	prům.
1. 2.	-6	-4	-4	-4,50
2. 2.	-4	-4	-3	-3,50
3. 2.	-4	-3	-3	-3,25
4. 2.	-4	-3	-4	-3,75
5. 2.	-5	-2	-2	-2,75
6. 2.	-2	7	-10	-3,75
7. 2.	-2	-1	-2	-1,75
8. 2.	-2	7	-1	0,75
9. 2.	0	1	-1	-0,25
10. 2.	-6	2	2	0,00
11. 2.	2	4	2	2,50
12. 2.	-4	3	-3	-1,75
13. 2.	-3	11	1	2,50
14. 2.	1	7	-4	0,00
15. 2.	-3	7	-2	0,00
16. 2.	3	5	3	3,50
17. 2.	-1	7	-3	0,00
18. 2.	-6	6	2	1,00
19. 2.	1	6	1	2,25
20. 2.	-3	7	-1	0,50
21. 2.	-4	10	5	4,00
22. 2.	2	4	-4	-0,50
23. 2.	-7	9	-3	-1,00
24. 2.	-4	9	0	1,25
25. 2.	0	6	3	3,00
26. 2.	2	3	1	1,75
27. 2.	-4	8	1	1,50
28. 2.	1	9	2	3,50

Příloha č. 6**Kompletní průměrná data naměřená během dlouhodobého měření**

Naměřené průměrné hodnoty v Nové Bystřici			
den	Teplota vzduchu [°C]	Tlak vzduchu [kPa]	tlak vzduchu na hladinu moře [hPa]
2. 2.	-2,3882	93,9303	1010,1461
3. 2.	-2,8170	94,3602	1014,4457
4. 2.	-3,4168	94,0064	1010,9074
5. 2.	-1,7360	93,1085	1001,9284
6. 2.	1,4664	94,3963	1014,8066
7. 2.	-0,0525	93,5062	1005,9053
8. 2.	3,0498	94,3042	1013,8854
9. 2.	2,0636	93,3624	1004,4675
10. 2.	1,6085	93,2957	1003,8007
11. 2.	1,7403	93,5059	1005,9028
12. 2.	1,0877	94,4646	1015,4889
13. 2.	2,3422	93,1317	1002,1606
14. 2.	1,1521	94,1546	1012,3896
15. 2.	1,9052	93,4605	1005,4489
16. 2.	4,5438	94,3524	1014,3669
17. 2.	4,3750	94,8169	1019,0122
18. 2.	2,7000	94,6874	1017,7171
19. 2.	3,0500	94,7787	1018,6307
20. 2.	1,8500	95,3317	1024,1604
21. 2.	3,8750	94,1506	1012,3495
22. 2.	1,7750	94,5437	1016,2808
23. 2.	0,2000	95,3519	1024,3624
24. 2.	2,5000	94,7796	1018,6389
25. 2.	2,6250	94,4353	1015,1968
26. 2.	3,1750	94,7213	1018,0561
27. 2.	1,4500	94,5634	1016,4770
28. 2.	3,1000	93,7003	1007,8461

Příloha č. 7

Lokality měření v Nové Bystřici



Příloha č. 8

Lokality měření v Českých Budějovicích



Příloha č. 9

Lokality krátkodobého, dlouhodobého měření a kalibrace barometrů

