



SUMAVA.EU - počasí



Český hydrometeorologický ústav,
Česká meteorologická společnost a neformální spolek SUMAVA.EU
ve spolupráci s Národním parkem Šumava a obcí Kvilda

ŠUMAVA 2019

METEOROLOGICKÁ KONFERENCE

**Sborník příspěvků z konference pořádané
Českým hydrometeorologickým ústavem,
Českou meteorologickou společností a neformálním spolkem SUMAVA.EU
ve spolupráci s Národním parkem Šumava a obcí Kvilda konané**

ve dnech 14.–16. května 2019 v Obecním sále na Kvildě

Na konferenci byly prezentovány příspěvky zabývající se problematikou meteorologie, klimatologie, hydrologie a kvality ovzduší ve středních a vyšších polohách Česka a střední Evropy

Pavel Lipina a Jan Procházka, editoři sborníku

PRAHA 2019

Foto:

Fotografie na obálce sborníku: letecký pohled na Černé jezero na Šumavě, 2015, foto Jirka Jiroušek, www.nebeske.cz

Poděkování:

Poděkování patří všem přednášejícím, kteří včas dodali své prezentace v textové formě příspěvků publikované v tomto sborníku a umožnili tak jeho vydání v termínu konference.

Obci Kvilda za poskytnutí prostor pro konání této konference a podporu konference.

Tiskovému a informačnímu oddělení ČHMÚ za grafické provedení sborníku a připomínky k textům.

Všem, kteří se podíleli na přípravě a zdárném průběhu konference.

Meteorologickým pozorovatelům a všem nadšencům, kteří se zabývají meteorologií a klimatologií na Šumavě, jakož i všem pozorovatelům na horských stanicích za jejich nelehkou práci.

Obsah

Úvod	5
I. Šumava – historie, současnost a budoucnost	7
1. Václav Vostradovský: Kvilda – nejvýše položená obec Česka	8
2. Pavel Hubený: Národní park Šumava v době změny klimatu.....	11
3. Dana Zývalová: Informační středisko Kvilda a příroda na Šumavě	12
4. Michal Jandůra: Horská služba ČR – oblast Šumava	15
5. Milan Zevl: Lýkožrout smrkový a počasí na Šumavě?.....	16
6. Marek Matoušek: SUMAVA.EU – kdo jsme	17
7. Vladislav Hošek: Šumava čarovná	19
8. Jiří Jiroušek: Nebeske.cz nad Šumavou	20
II. Meteorologická měření na Šumavě (včera, dnes a zítra)	21
1. Jiří Hostýnek: Monitoring a hodnocení vichřic na Šumavě	22
2. Miloslava Starostová: Klimatologie a automatické měření sněhu.....	24
3. Jan Procházka, Ivo Rolčík, Antonín Vojvodík, Miroslav Tesař, Pavel Lipina: Automatické meteorologické stanice v nejvyšších polohách Šumavy, problematika jejich provozu a hodnocení měřených dat	30
4. Antonín Vojvodík, Josef Jindra a Jan Procházka: Shrnutí poznatků z mrazových lokalit Šumavy – Perla a Rokytská	34
5. Jan Procházka: Břežník – srdce Šumavy i z pohledu meteorologie.....	38
6. Daniel Maňhal: Extrémní denní amplitudy teploty vzduchu v zimním období na Šumavě v zimním období	42
III. Problematika měření na horách – horské stanice u nás i ve střední Evropě	47
1. Jan Bednařík: MS Churáňov – stručná charakteristika.....	48
2. Milan Čermák, Otakar Šlofar, Stanislav Ondruch, Radek Křenek: Problematika měření a pozorování na Lysé hoře	50
3. Pavel Lipina, Miroslav Řepka, Jakub Flám: Měření teploty vzduchu v Beskydech	53
4. Petr Zacharov, Vojtěch Bližňák, Petr Pešice: Vertikální profiler oblačnosti na Milešovce.....	57
IV. Meteorologické stanice, přístroje a technika na horách, metodika měření, automatické či manuální měření, nebezpečné meteorologické jevy	59
1. Libor Černíkovský: Profesionálové a amatéři	60
2. Václav Vajskebr: Novinky a rozvoj automatických sněhoměrných stanic v ČHMÚ: porovnání měření a vyhodnocení spolehlivosti měření v horských oblastech.....	61
3. Michal Jeníček, Štěpán Peňáz: Využití automatického měření výšky sněhu a SWE ke zpřesnění úhrnu zimních srážek	64
4. Ladislav Markovič, Jozef Pecho, Pavel Faško: Historické horské zrážkomerné stanice na území Slovenska s významnou polohou a historickou hodnotou	67
5. Jakub Meszaros, Norbert Polčák: Terénne meranie výšky snehovej pokrývky v pohorí Vtáčnik.....	70
6. Franciszek Szumiejko, Andrzej Dancewicz, Kamila Glowinkowska, Marcin Wdowikowski: Problematyka pomiarów pokrywy śnieżnej w obszarach górskich znajdujących się w osłonie hydrologicznej Biura Prognoz Hydrologicznych we Wrocławiu	74
7. Radim Tolasz, Pavel Lipina: Změna tvorby klimatologického záznamu u automaticky měřených meteorologických prvků	78

8. Jakub Palenčár, Peter Pavlásek, Jan Rybář, Ivan Fiřka, Alexandra Javorská: Teorie vyjadřování nejistoty měření v meteorologii.....	80
9. Jan Rybář, Ivan Fiřka, Alexandra Javorská, Stanislav Ďuriř, Jakub Palenčár: Od metrologie k meteorologii.....	83
10. Ivan Fiřka, Jan Rybář, Jakub Palenčár, Matej řimovec, Juraj Slovák: Problematika atmosférického tlaku vzduchu	86

V. Klimatologická zpracování a charakteristiky území na horách 90

1. Luboš Němec: Pokus o mapu řumavy TMI.....	91
2. Radim Tolasz, Adam Valík: Klima pohoří v řesku – návrh struktury a obsahu.....	92
3. Alena Kamínková, Veronika řustková, Pavel Lipina, Miroslav řepka: Sněhová pokrývka na Lysé hoře v zimní sezóně 1910–1911	96
4. Jozef Pecho, Ladislav Markovič, Pavel Fařko, Oliver Bochníček, Peter Kajaba, Maroš Turňa: Klimatológia charakteristik snehovej pokrývky v horských oblastiach severného a severozápadného Slovenska v zime 2018/2019	100
5. Ondřej Hotový, Michal Jeníček: Dopady disturbance lesa na energetickou bilanci sněhové pokrývky se zaměřením na krátkovlnnou a dlouhovlnnou radiaci.....	102
6. Katarína Mikulová, Pavel řšťastný, Elwira řmudzka: Charakteristiky teploty vzduchu v oblasti Tatier za obdobie 1991–2010	106

VI. Problematika předpovědi počasí zejména ve středních a vyšších oblastech 109

1. Tařána Miková: Vývoj předpovědi počasí v řeskoslovenské a řeské televizi a význam předpovědí počasí na horách pro veřejnost.....	110
2. Martin Novák, Martin Hynčica: Bioklimatologie a biometeorologie horských oblastí – výzva pro přířtí roky.....	112
3. Pavel řůza: Některé poznatky o předpovědi počasí pro horské oblasti	116
4. Róbert Kvak: Predpoveď výskytu konvektivních bůrok nad horskými oblastmi na příklade Západných Karpát.....	120

VII. Hydrologie a kvalita ovzduří na řumavě nebo v jiných pohořích 123

1. Miroslav Tesař, Miroslav řír, Jan Procházka: Hydrologický a hydroekologický výzkum ÚH AV řR v řHKO a NP řumava.....	124
2. Petr řercl, Martin Pecha: Hydrologické sucho a významné srážkoodtokové události v období 2015–2018	128
3. Libor Elleder, Tomáš Vlasák, Jolana řírová: Západní řumava, její typické povodně a jejich přířiny.....	135
4. Lukáš Vlček, Václav řípek: Využití meteorologických dat v hydrologickém modelování na příkladu malého povodí horní Vydry	138
5. Vladimíra Volná, Marek Hladík: Kvalita ovzduří na řumavě a jiných horských lokalitách	141

Kontakty na účastníky konference 144

Úvod

Na podzim roku 2018 jsme se rozhodli, že hned v následujícím roce uspořádáme na Šumavě provozní meteorologickou konferenci Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ), věnovanou zejména středním a vyšším polohám Česka.

Inspirací pro uspořádání této konference byla meteorologická konference konaná na Lysé hoře v Beskydech ve dnech 14. až 15. června 2017 pod názvem Lysá hora – 120 let meteorologických měření a pozorování. Konferenci se zaměřením na meteorologii, klimatologii a čistotu ovzduší ve středních a vyšších polohách Česka a střední Evropy pořádal ČHMÚ ve spolupráci s Českou meteorologickou společností a neformálním sdružením Lysá hora. Konference se věnovala také výše uvedenému výročí 120 let pozorování na Lysé hoře a v neposlední řadě vzpomínce náhlého úmrtí našeho kamaráda, dlouholetého tamního pozorovatele, Vladimíra Ondrucha. Dvoudenní převážně provozní konference měla velký ohlas. Zaznělo tam 48 referátů, za přispění 105 účastníků.

To se nemohlo obejít bez odezvy a i proto jsme pro uspořádání další obdobné konference v letošním roce vybrali Šumavu. Nebyl to náhodný výběr. Šumava je bezesporu místem s dlouhou historií meteorologických pozorování, velmi aktivní současností a jistě velkou budoucností. Je to zásluhou již od prvních počátků přístrojového měření v rámci činnosti c. k. vlastenecko-hospodářské společnosti (např. Srní od roku 1817) a pozorování srážek na lesovnách (aktivity Dr. E. Purkyně v 2. polovině 19. stol.), přes staniční síť Státního ústavu meteorologického a hydrologického až po měření ČHMÚ a jeho předchůdců, univerzit, akademických pracovišť, NP Šumava a „amatérských“ meteorologů, včetně neformálního spolku SUMAVA.EU. Pevně věříme, že s touto započatou tradicí úspěšně navážeme v příštích letech i v dalších pohořích Česka.

Na základě osvědčeného konceptu z Lysé hory v roce 2017 jsme v uvažovaném dvouletém cyklu začali připravovat v podobném duchu tuto převážně provozní meteorologickou konferenci na šumavské Kvildě. Mimo pořadající ČHMÚ a SUMAVA.EU jsme oslovili Správu Národního parku Šumava a Obec Kvilda, kteří se spolu s Českou meteorologickou společností stali spolupřadatelé konference.

V úvodu konference a tohoto sborníku příspěvků je v různých pohledech a vzhledem k tématu představena Šumava, její historie a současnost, hlavní partneři, se kterými spolupracujeme při zajišťování meteorologických měření. Využili jsme pohostinnosti obce Kvilda, která leží v centrální části Šumavy a v jejímž centru i okolí se dlouhodobě realizují meteorologická měření se zajímavými výsledky. Konference se koná v pozoruhodném obecním sále v centru Kvildy, v těsném sousedství sálu je i dostatek ubytovacích kapacit pro účastníky konference a celkově dobrá dostupnost. Jsme velmi rádi, že s námi spolupracovali i místní úspěšní fotografové. Jejich fotografie přispěly k propagaci konference, sborníku a mnohé z nich zůstanou jistě i v paměti účastníků.

Potěšil nás velký zájem o účast na konferenci, ale také velké množství prezentujících, a to nejen z Česka, ale i ze Slovenska a Polska. Již v prvních pozvánkách jsme autory vyzývali k zaslání příspěvku z jejich plánované prezentace. Tímto všem, kteří tak neváhali učinit včas, patří náš dík. Na oplátku Vám můžeme již před zahájením celé akce poskytnout tento sborník, kde se sešlo mnoho velmi zajímavých příspěvků.

Věříme, že konference bude důstojným připomenutím dlouhé historie pozorování a přinese účastníkům mnoho nových podnětů a zajímavých informací nejen k problematice horské meteorologie. K tomu by měl přispět i tento sborník a informace v něm obsažené, jež snad budou společně patřit k těm nejpřínosnějším vzpomínkám na konferenci a poslouží ku prospěchu mnoha čtenářů.

Editoři sborníku
Pavel Lipina a Jan Procházka

I.

Šumava – historie, současnost
a budoucnost

Kvilda – nejvýše položená obec Česka

VÁCLAV VOSTRADOVSKÝ

Obecní úřad Kvilda, ou.kvilda@sumavanet.cz

Úvod

Kvilda patří mezi nejvýznamnější turistická střediska Šumavy. Trvale zde žije 141 obyvatel (k 1. 1. 2019). Leží 7 km severně od hraničního přechodu s Německem Bučina a 6 km od pramene Vltavy. Rozkládá se téměř v centru Národního parku Šumava (NP Šumava). Poloha Kvildy uprostřed Šumavských plání (obr. 1), které jsou nejrozsáhlejší souvislou plochou střední Evropy nad 1 000 m n. m., je unikátní a poskytuje nejen turistům ojedinělé sportovní i estetické zážitky. Kvilda je nejvýše položenou obcí v Česku (1 065 m n. m.) a tvoří přirozenou křižovatku řady turistických i cyklistických tras, kdy ročně tudy projde až 900 tisíc turistů.

Do katastrálního území obce patří zaniklá obec Bučina i neďaleké osady Františkov, Vydří Most, Hrabčící Hut' a Lesní Domky. Obec je spravovaná obecním úřadem, v místě je pošta, kostel z roku 1894 (obr. 2a), stálá expozice historie Kvildy a Bučiny, Vzdělávací centrum (přednášky, galerie), Informační centrum obce a Informační středisko NP Šumava, stanice Horské služby ČR, obchod s potravinami, pekárna a malý pivovar, kavárna, lyžařský areál s lyžařskou školou, velice dobře vybavená prodejna Sport, půjčovna lyží a dalšího vybavení, půjčovna kol a jejich oprava, penziony a restaurace. K pořádání společenských akcí využívá obec Kvilda od roku 1931 největší společenský sál se střešní kosočtvercovou dřevěnou vazbou prkének bez použití trámů v Česku (obr. 2b).



Obr. 1 Letecký snímek Kvildy na Zelené střeše Evropy uprostřed Šumavských plání (zdroj: obecní úřad Kvilda, červen 2017).



Obr. 2 Fotografie z Kvildy a) kostel z roku 1894 (foto: Václav Vostradovský, prosinec 2017) a b) společenský sál z roku 1931 (zdroj: obecní úřad Kvilda).

Historie Kvildy

Zatímco šumavské podhůří bylo na konci prvního tisíciletí už poměrně hustě osídleno, hraniční hvozdy ve vyšších polohách patřící královské koruně a tvořící přirozenou hranici česko-bavorskou, zůstával prakticky neprostupný. První kolonisté Šumavy museli vynaložit velké úsilí, aby zdolali les, postavili domy, založili první políčka. Teprve později, když se dřevo stalo vyhledávaným materiálem, začalo být pro tento chudý kraj pravým požehnáním. Význam tohoto území nadále vzrostl vybudováním Kašperskohorské větve Zlaté stezky. Tato sloužila obchodu od roku 1366. Spojovala Pasov s Kašerskými Horami a vedla přes Freyung, Finsterau a obě Kvildy. Lze předpokládat, že obec vznikla jako servisní osada na této komunikaci. Zápis v zemských deskách z roku 1569 uvádí, že k Velkému Zdíkovu patří i „ves Kwildy“, což je první známý případ použití tohoto českého názvu a také nejstarší písemný doklad o existenci obce.

Trvalé osídlení Kvildy patří ke kolonizační vlně 16. století. V roce 1793 žije v Kvildě v padesáti domech 380 obyvatel, v roce 1840 stojí v Kvildě 72 domů a žije zde 724 obyvatel. V roce 1930 to bylo 1 128 obyvatel (z toho pouze 34 Čechů) a 150 domů. Sčítání obyvatel z května 1939 uvádí 1109 obyvatel – z toho pouze dva Čechy – a 176 domů. Nejen počtem obyvatel, ale i svým hospodářským potenciálem se Kvilda postupně stala nejvýznamnější obcí centrální Šumavy. Ze servisních osad na Zlaté stezce, z osady dřevorubců a zemědělců se Kvilda stává střediskem průmyslu, řemesel, obchodu ale i střediskem společenským a církevním. Ke kvildské farnosti byly přifařeny další obce a osady např. Horská Kvilda, Františkov, Výhledy, Antýgl, Korýtko, Zlatá Studna, Filipova Huť, Preisleiten, Modrava. Poválečný vývoj Kvildy byl ovlivněn nejen odsunem německého obyvatelstva a dosídlením malého počtu nesourodých obyvatel, ale i zřízením pohraničního pásma, které zvláště na západní hranici podléhalo přísnému režimu.

Je jen málo tak malých obcí jako je Kvilda, které se mohou pochlubit stálou expozicí zachycující historii obce. V našem obecním muzeu shromažďujeme veškeré informace i artefakty, týkající se způsobu života a práce našich předků. Expozice je členěna do několika částí charakterizujících historii regionu. Archivní doklady jsou prezentovány barevnými kopiemi (např. listiny ze 14. století a mapa kašperskohorské Zlaté stezky z roku 1736).

Přírodní poměry Kvildy a jejího okolí

Šumavské pláně, jejichž mírně zvlněný povrch je zbytkem starého denudačního reliéfu zachovaného v centrální části Šumavy, patří k nejrozsáhlejším souvislým tak vysoko položeným plochám ve střední Evropě. Z mělkého reliéfu Kvildských plání (s převládající nadmořskou výškou 1 000–1 100 m n. m.) vystupují v jižní části Černá hora (1 315 m n. m.), Stráž (1 308 m n. m.), západní obzor Kvildy je lemován Tetřevem (1 260 m n. m.), nejbliže k obci je Lapka (1 171 m n. m.) dotýkající se svým východním svahem obce. Za vltavským údolím se zvedá mohutný Stolový hřbet (1 252 m) a kruh hor na východě uzavírá Orel (1 181 m n. m.). V katastrálním území Kvildy pramení nejdelší česká řeka Vltava (433 km), jejíž pramen sbírá vody v malém rozvodnicovém vrchovišti v sedle mezi Černou horou a Stráží na hlavním evropském rozvodí Černého a Severního moře. Teplá Vltava je místně často nazývaná, až po soutok s Malou Vltavou u Borových Lad, Černým potokem. V horním toku Teplé Vltavy je nejvýznamnějším levostranným přítokem Kvildský potok (4,8 km), odvodňující velkou část Jezerní slatě, a paralelně s ním tekoucí Olšinka (3,9 km). Pravostrannými přítoky v blízkém okolí Kvildy jsou Lesní potok a potok Bučina (3,9 km).

Rozsáhlé a vysoko položené Kvildské pláně jsou příčinou poměrně drsného klimatu. Nejlépe to dokumentuje hodnota průměrné roční teploty, dosahující v Kvildě pouze 3,5 °C. Nejchladnějším měsícem roku je leden s průměrnou měsíční teplotou -5 °C. Zima zde začíná začátkem listopadu a končí koncem března. Datum nástupu teplot jarní vegetace (5 °C) začíná začátkem května, teploty plné vegetace (10 °C) až začátkem června, přičemž toto období trvá pouze 154 dnů. Nejteplejším měsícem je červenec s průměrnou měsíční teplotou 12,3 °C. Rozložení srážek



Obr. 3 Historické zimní snímky z a) Kvildy (foto: Wolf) a b) Bučiny (foto: Seidel), sníh se zde vyskytoval nejednou i celou polovinu roku.

v průběhu roku je poměrně rovnoměrné: jaro 20 %, léto 30 %, podzim 24 % a zima 26 %. Nejdeštivějším měsícem je červenec, nejsušším březen. Průměrné množství ročních srážek je skoro 1 200 mm, a počet srážkových dnů 176. V Kvildě je průměrně 65 dní se sněžením a průměrný počet dní se sněhovou pokrývkou 150, směrem ke státní hranici a výše položených sídlech, např. Bučina, je to ještě více (obr. 3a,b). V oblasti převládá západní a jihozápadní proudění vzduchu. Časté a příjemné jsou podzimní a zimní inverze, kdy se Kvilda koupe ve slunci, zatímco ve vnitrozemí je mlha, která by se dala krájet.

Kvilda a meteorologie

Na Kvildě byla zprovozněna manuální srážkoměrná stanice již v 19. století, která funguje prakticky dodnes, a to ve správě Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). Relativně nedávno byla přímo v obci díky neformálnímu spolku SUMAVA.EU instalována automatická meteorologická stanice (Kvilda chata) a webkamera s vysokým rozlišením monitorující aktuální počasí na Kvildě. Podobně též na nedaleké Bučině v nadmořské výšce 1 152 m n. m., jež byla v předválečném období nejvýše položenou osadou v Česku. Proti proudu Kvildského potoka pod Jezerní slatí je již více než 30 let v provozu známá meteorologická stanice pana Antonína Vojvodíka – Kvilda Perla, která měří teplotu vzduchu, často extrémních hodnot. Např. 30. ledna 1987 stanice zaznamenala rekordní mráz $-41,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, nebo 2. srpna 2013 „mrázo-tropický“ den (v noci mrzlo a maximum ten samý den bylo přes $30\text{ }^{\circ}\text{C}$). Pozoruhodný byl na kvildských stanicích i rozdíl teploty vzduchu, a to 17. prosince 2013 ráno stanice Kvilda – Perla registrovala $-17,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, zatímco Kvilda chata ve stejnou chvíli plus $8,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Na vzdálenost stanic pouhých 1,6 km tak činil okamžitý rozdíl neuvěřitelných $25,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. U všech tří zmíněných automatických stanic zajišťuje přenos a správu dat ČHMÚ, což svědčí o serióznosti a kvalitě měření.

Z výše uvedeného je zřejmé, že Kvilda a její okolí má jistě co zajímavého nabídnout i z hlediska meteorologie.

Národní park Šumava v době změny klimatu

PAVEL HUBENÝ

Správa Národního parku Šumava, Vimperk, pavel.hubeny@npsumava.cz

Klima se mění a ani Šumava nezůstane touto změnou nedotčena. Už dvacet let si klademe otázku, co se asi stane, a jak se na tuto změnu máme připravit. A pro odpověď na takovou otázku je třeba znát mnoho informací, které jsme před dvaceti lety neměli. Chyběly nám nejen modely možného vývoje klimatu v následujících 30 až 70 letech, neměli jsme ani jasno v tom, jak vlastně mají vypadat přirozené ekosystémy a zda vykazují nějakou dlouhodobou stabilitu či naopak, zda existují nějaké trendy vývoje. A co jejich stav řídí.

Dnes už jsme mnohem dál. Disponujeme modely vývoje klimatu na dalších padesát let, které naznačují, že zde dojde k navýšení roční průměrné teploty, ale také, že dojde k navýšení ročního úhrnu srážek. Že se srážková maxima posunou do jarních a měsícných a začátků léta, a že se zřejmě sníží počet dnů se sněhovou pokrývkou. Zároveň díky velké obětavosti amatérských meteorologů se potvrdila významná funkce inverzních poloh šumavských plání a údolí, v nichž je denní teplotní chod výrazně jiný, než mimo inverzní polohy a v nichž lze očekávat i vyšší výskyt horizontálních srážek, nikoli nepodstatných v suchých obdobích.

Posunuli jsme se i ve znalosti základních atributů přírodních ekosystémů. Podrobné opětovné a zpřesněné analýzy pylových záznamů dokládají dominanci smrku v šumavských lesích po dobu posledních 9 000 let. Ani v době klimatického optima na přelomu letopočtu smrk o své dominantní postavení nepřišel a od té doby jeho podíl v lesních dřevinách Šumavy stále roste. A nejen vlivem člověka, tento trend započal v době, ze které nejsou známy žádné kolonizační aktivity doložitelné ani písemnými záznamy, ani archeologií. Naopak, lesnické popisy přírodních lesů Šumavy z přelomu 18. a 19. století potvrzují tuto skutečnost a uvádějí zastoupení smrku v pralesích mezi 60 a 100%. Zdálo by se tedy, že by nastupující změna klimatu mohla tento gradující smrkový trend zbrzdit a zvrátit.

Data získaná podrobným mapováním přirozené obnovy na území národního parku to ale nepotvrzují. I přes snahy umělou výsadbou ovlivnit druhovou skladbu budoucích lesů je zřejmé, že za celou existenci národního parku jsme byli schopni výsadbami ovlivnit cca 3% druhové skladby ve prospěch nesmrkových příměsí. Skutečná přirozená obnova lesa už dnes definuje budoucí generaci lesa jako smrkovou, s průměrným zastoupením smrku 70 až 80%.

A zdá se, že ani rostoucí roční průměrná teplota s mírně rostoucími srážkovými úhrny by tento trend neměla nijak výrazně ovlivnit. Sušší období by mohly pokrýt právě odlišné klimatické podmínky inverzních jezer a udržení alespoň nízkých srážkových úhrnů konvektivní oblačností a z nich vypadajícími srážkami nad horskými hřbety, podobně, jako tomu bylo v suchém roce 2018.

Je tu tedy šance, že i v měnícím se klimatu si Šumava ponechá mnoho z toho, co jí činí typickou: bude porostlá rozlehlými smrkovými lesy, plná mokřadů a mlh...



Obr. 1 Voda v lesních ekosystémech NP Šumava a) u Studeného potoka (foto: Pavel Hubený 2012) b) mlha v oblasti Trojmezí (foto: Pavel Hubený 2008).

Informační středisko Kvilda a příroda na Šumavě

DANA ZÝVALOVÁ

Správa Národního parku Šumava, IS Kvilda, iskvilda@npsumava.cz

Úvod

V novodobé historii byly naplněny snahy o ochranu unikátní šumavské přírody, po které volal např. už v roce 1910 i spisovatel Karel Klostermann.

Chráněná krajinná oblast (CHKO) Šumava byla vyhlášena ke dni 27. prosince 1963 výnosem Ministerstva školství a kultury č. 53855/63 jako v pořadí třetí nejstarší a rozlohou největší CHKO v tehdejší ČSSR. Svou rozlohou 1 630 km² (celá CHKO byla v nejdelším směru od severozápadu k jihovýchodu dlouhá 110 km a široká v průměru 15–20 km) patřila mezi největší chráněná území v Evropě.

Národní park Šumava byl zřízen ke dni 20. března 1991 nařízením vlády ČR č. 163/1991 Sb. Svou rozlohou 680 km² se stal naším největším národním parkem. Zbylá část CHKO (1 000 km²) dnes slouží jako jeho ochranné pásmo. Spolu se sousedním německým Národním parkem Bavorský les (240 km²) tvoří nejrozsáhlejší chráněnou plochu lesního komplexu v Evropě. Cílem národního parku není jen ochrana přírody, ale i podpora vzdělávání a rekreace. Z tohoto důvodu byla na jeho území vybudována i informační střediska, návštěvnická centra a střediska ekologické výchovy.

Informační středisko Kvilda

Informační středisko bylo v obci otevřeno v roce 1997. Už v prvních letech se jeho roční návštěvnost pohybovala okolo 60 tisíc návštěvníků, dnes se pohybuje v průměru kolem 85 tisíc návštěvníků. Jde tak o nejnavštěvovanější IS v České republice. Co je příčinou takového zájmu o Kvildu? Jistě to jsou především přírodní zajímavosti v okolí i fakt, že turistika zde má dlouho tradici. Např. Prameny Vltavy byly vyhledávaným turistickým cílem už za první republiky a jak dokazuje nejnovější socioekonomický průzkum v národním parku, patří mezi nejnavštěvovanější lokalitu i dnes. Povědomí o Kvildě pozdvihla i řada filmů, které zde byly natočeny (Král Šumavy, Markéta Lazarová, trilogie s Tomášem Holým Pod Jezevčí skálou, Na Pytlácké stezce a Za trnkovým keřem). Zájem o obec zvýšil jistě i fakt, že v době totality ležela přímo na linii hraničního pásma, do kterého byl vstup zakázán. Sametová revoluce v roce 1989 znamenala zrušení hraničního pásma, otevření hranic a doslova příval návštěvníků. V posledních letech podporuje turistiku v obci i rozvoj infrastruktury – hotely, penziony, muzeum s galerií, obchody, pekárna, pivovar, cukrárna, půjčovny, upravené běžecké stopy a zasněžená sjezdovka v zimní sezóně, rozsáhlá síť naučných stezek, turistických cest i cyklotras v letním období a v neposlední řadě i informační středisko. Kromě stále expozice zaměřené na horské lesy nabízíme návštěvníkům kino s kapacitou 45 míst, knihovnu, veřejný internet, fotografické výstavy, prodejní a neprodejní materiály, ale především informace, rady a často i pomoc. Mimo to pořádáme přednášky i terénní komentované vycházky, pracujeme se školními skupinami, spolupracujeme s obcí, okolními informačními středisky a ostatními subjekty.

Celkem je v NP Šumava 5 celoročně otevřených informačních středisek (Kvilda, Stožec, Kašperské Hory, Svinná Lada a Alžbětín), 3 sezónní informační střediska (Březník, Poledník a Idina Pila) a 2 návštěvnická centra (Srní – výběh s vlky a Kvilda – výběh s jeleny a výběh s rysy). V každém zařízení jsou stále expozice, věnované přírodním,



Obr. 1 Informační středisko NP Šumava Kvilda a) zimní pohled na středisko (foto: Dana Zývalová, únor 2019), b) interiér střediska (foto: Dana Zývalová, léto 2018).

historickým nebo místním zajímavostem. Kromě informačních středisek nabízí Správa Národního parku Šumava svým návštěvníkům i další možnosti. Velmi oblíbený a vyhledávaný je projekt Průvodci divočinou – vycházky s průvodci do 1. zón národního parku. Jde tak o výjimečnou možnost nahlédnout do nejcennějších částí přírody. Pro ty, kteří se nechtějí nebo nemohou pohybovat po území automobily jsou k dispozici v letní sezóně tzv. Zelené autobusy. Naopak mimo hlavní turistickou sezónu na jaře a na podzim jezdí pro seniory a zdravotně postižené spoluobčany tzv. Dostupná Šumava. Trasa zájezdu je vybraná tak, aby i senioři mohli navštívit místa hůře dostupná. Celé území národního parku je doslova protkané značenými pěšími a lyžařskými trasami, cyklotrasami a naučnými stezkami. Některé z posledně jmenovaných jsou upraveny i pro vozíčkáře. Naopak pro ty návštěvníky, kteří chtějí zažít pobyt v přírodě bez komfortu slouží tzv. nouzová nocoviště – místa kde mohou v přesně vymezeném prostoru a bez možnosti rozdělávat oheň přenocovat.

Přírodní zajímavosti Kvildska

Bezprostřední okolí Kvildy je formováno potočními nivami Teplé Vltavy (Černého potoka) a Kvildského (Jezerního) potoka. Z rybovitých obratlovců je dominantní pstruh potoční. Přeobrazením Vltavy v horní části toku v minulých letech docházelo k částečné degeneraci populace pstruha potočního. Proto se začalo na území NP s budováním tzv. rybích přechodů. V současné době jsou přímo v obci Kvilda dva rybí přechody, třetí byl vybudován zhruba 1,5 km pod obcí ve směru na Františkov. Spolu s ostatními rybími přechody umožňují migraci ryb prakticky po celém horním toku Teplé Vltavy. Potoční nivy obklopují louky a pastviny, v jarním období plné barevných květů: žlutých pryskyřníků a starčeků, růžových silenek a fialových kakostů. V létě pak na nich můžete najít vzácné a chráněné druhy: hořec panonský (šumavský), prhu amiku nebo jedovatý oměj šalamounek. Člověkem vytvořené bezlesí přechází pozvolně v lesy, většinou smrčiny. Ty jsou útočištěm řady druhů živočichů: velkých kurovitých ptáků (tetřev hlušec, jeřábek lesní), býložravců (jelen lesní, srnec obecný) či šelem (rys ostrovid a v posledních letech i vlk obecný). Vegetace lesů je daleko chudší než vegetace luk, převažují keříčkovité borůvky a brusinky, přesto i tady můžeme v jarním období vidět dřípatku horskou nebo sedmikvítek evropský.

K největším přírodním zajímavostem Kvildska, stejně tak jako celé Šumavy, patří rašeliniště. Jde o unikátní ostrůvky severské přírody, které vznikly na sklonku poslední doby ledové. Díky drsnému klimatu a zvláštním hydrologickým podmínkám jsou místem výskytu vzácných druhů rostlin (např. bříza zakrslá, kyhanka sivolistá nebo masožravá rostlina rosnatka okrouhlolistá) i živočichů (tetřev obecný a celá řada bezobratlých).

Turistické zajímavosti Kvildska

Jezerní slat'

(1 058–1 075 m n. m.) – horské vrchoviště, ležící na rozvodí mezi Vltavou a Otavou. Je zde naučná minizezka s povázkovým chodníkem, vyhlídkovou věží a informačními panely. V minulosti byla část rašeliniště těžena. Zachovaly se zde zbytky glaciální vegetace.

Pramen Vltavy

(1 172 m n. m.) – pramen nejdelší české řeky v pralesovitých porostech rozpadlých horských klimaxových smrčín. Bývala zde chata Klubu českých turistů. V současné době informační bod s odpočinkovým místem.

Bučina

(1 153 m n. m.) – bývalá nejvýše položená osada v Čechách. Vyhlídkové místo na jižní část Šumavy a Alpy. Hraniční přechod pro pěší a cyklisty. Je zde hotel Alpská vyhlídka s možností občerstvení. V jeho blízkosti stojí replika „železné opony“.

Přírodně poznávací okruh Nelesní krajina

4 km dlouhý naučný okruh, který vás provede okolím Kvildy po místech, kde člověk v minulosti zemědělsky hospodařil nebo jiným způsobem území využíval.

Návštěvnícké centrum Kvilda

1 km za obcí ve směru na Horskou Kvildu. U budovy NC začíná 2,5 km dlouhý okruh na kterém nejprve procházíte výběhem s jeleny, na konci pak můžete pozorovat výběh s rysy.

Horská služba ČR – oblast Šumava

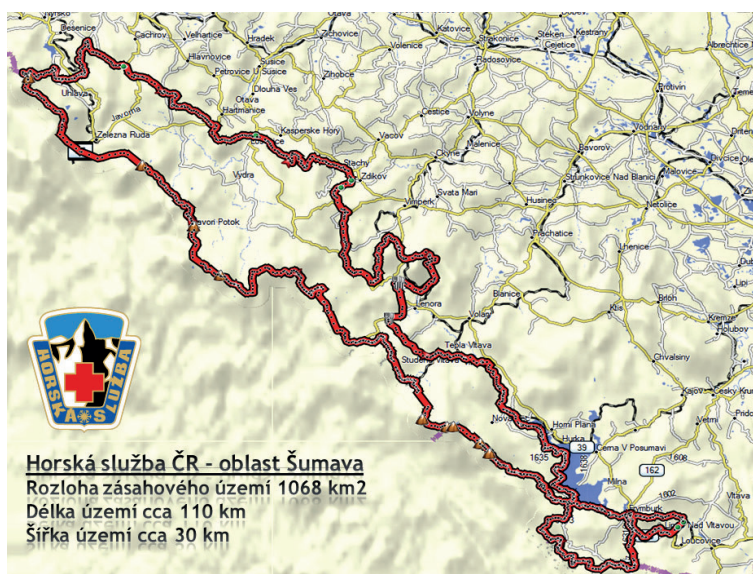
MICHAL JANDŮRA

Horská služba ČR, o.p.s., oblast Šumava, jandura@hscr.cz

Úvod

Statut Horské služby České republiky, o. p. s. vymezuje zákon č. 159/1999 Sb. – Zákon o některých podmínkách podnikání v oblasti cestovního ruchu a o změně zákona č. 40/1964 Sb., občanský zákoník, ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Horská záchranná služba byla založena 12. května 1935, její činnost byla po přerušení 2. světovou válkou obnovena v roce 1945. Z dalších významnějších milníků týkající se Horské služby lze jen ve zkratce zmínit vytvoření současného znaku v roce 1957, první nasazení psů do lavinové akce v roce 1962, první nasazení vrtulníku na záchranné akce v roce 1963, přijetí do IKAR (Mezinárodní organizace horských záchranných služeb) v roce 1968. Od roku 1990 funguje Horská služba jako speciální výběrová záchranná organizace, v roce 1993 došlo k rozdělení České a Slovenské horské služby, od roku 2001 funguje občanské sdružení Horská služba jako jeden právní subjekt a od roku 2005 na základě rozhodnutí Vlády ČR je Horská služba obecně prospěšnou společností s profesionálními záchranáři zastřešena Ministerstvem pro místní rozvoj. Dále s účinností tzv. občanského zákoníku, je občanské sdružení považováno za spolek, který je zapsán ve spolkovém rejstříku jako Horská služba České republiky, z. s. (zahrnuje i dobrovolnickou základnu).



Obr. 1 Mapka vymezující zásahové území Horské služby ČR – oblasti Šumava (zdroj: HS Šumava).

Horská služba Šumava

Výkon činnosti Horské služby se organizuje především v rámci oblastí, kterými jsou Šumava, Krušné hory, Jizerské hory, Krkonoše, Orlické hory, Jeseníky a Beskydy. Horská služba ČR – oblast Šumava (HS Šumava) zajišťuje primárně svou činnost na území větším než jeden tisíc km² (obr. 1).

HS Šumava má osm záchranných stanic, pro západní Šumavu to jsou Dům HS Špičák, Stanice SA Špičák a Stanice Prášily, pro centrální Šumavu Stanice Zadov, Stanice Kvilda a Stanice Kubova Huť, a pro jižní Šumavu Stanice Kramolín a Stanice Nová Pec – Lázeň. Členskou základnu HS Šumava tvoří 14 profesionálních členů (10 leteckých záchranářů, 2 lavinoví preventisté), 27 dobrovolných členů, 3 lékaři, 2 psůvodiči a 8 čekatelů. Letečtí záchranáři jsou profesionálními členy



Obr. 2 Cvičení záchrany osob a) z těžko dostupného terénu a b) pomocí vrtulníku (zdroj: HS Šumava).



Obr. 3 Členská základna Horské služby ČR – oblast Šumava (zdroj: HS Šumava).

HS Šumava a zároveň cvičitelé HS ČR. Provádí výcvik s Policií ČR, Armádou ČR a bavorskou horskou službou Bergwacht Bayern, cvičí se spolupráce při vyprošťování, transportu a vyhledávání osob v terénu. Svou činnost by členové HS Šumava jen těžko zvládali bez techniky, jež je tvořena 6 transportními vozidly VW Transporter, terénním automobilem TOYOTA LAND CRUISER, 3 terénními automobily LAND ROVER DEFENDER, 8 čtyřkolkami BOMBARDIER a 11 sněžnými skútry BOMBARDIER.

Mezi základní dovednosti členů HS Šumava patří poskytování odborné první pomoci, celoroční pohyb v náročném horském terénu – včetně exponovaného lyžařského a horolezeckého terénu, evakuace (lanové techniky) a transport (speciální transportní prostředky) osob z náročného horského terénu (včetně lavinových katastrů), výškových konstrukcí a přepravních zařízení (sedačkové a kabinové lanové dráhy), školení pro práci ve výškách a nad volnou hloubkou, oprávnění a dovednost řídit sněžný skútr a ATV (čtyřkolky), orientace (GPS), topografie (mapové podklady) a místní znalost terénu, v neposlední řadě i znalost základů meteorologie. Zde s výhodou využíváme web o počasí na Šumavě, kde jsou kromě předpovědí k dispozici i aktuální měření horských meteorologických stanic (např. Plechý, Březník hřeben, Jezerní hora) a prezentace bezprostředních snímků z HD kamer spolku SUMAVA.EU na odlehlých místech Šumavy (např. Poledník, Vítkův hrádek, Ostrý), pro efektivnější plánování výcviků a úspěšnější realizaci případných zásahů pro záchranu osob a jejich zdraví.

Lýkožrout smrkový a počasí na Šumavě?

MILAN ZEVL

Lesy ČR, Lesní závod Boubín, milan.zevl@lesycr.cz

Úvod

Zkusme možná trochu netradičně shrnutí tématu udělat hned na začátku. Lýkožrout smrkový (*Ips typographus*) je typickým přirozeným škůdcem lesa, který se živí hlavně na smrkových porostech. V zásadě můžeme říct, že suché a teplé počasí mu vyhovuje a podporuje jeho populační růst, na rozdíl od počasí vlhkého a hlavně chladného. Rychlost vývoje kůrovce ovlivňuje tak především teplota a to především v počtu generací, které kůrovec stihne během roku vytvořit. Nemalou měrou ale teplota ovlivňuje jeho přežití i v zimním období. Podstatné jsou ale i srážky. Jejich nedostatek totiž oslabuje smrkové porosty a ty jsou tím pádem snáze kůrovcem napadnutelné.

Les na Šumavě a počasí

Pokud se alespoň trochu dotkneme podnebí zde na Šumavě, dá se říci, že se nachází v oblasti klimatu středoevropského, přičemž v západní části území je větší vliv oceánu a směrem na východ se začíná projevovat více vliv kontinentu. Podnebí Šumavy bychom mohli pravděpodobně výrazněji rozdělit na dvě části s tím, že první část tvoří pohraniční pásmo Šumavy a část Boubínské hornatiny a druhou bychom mohli najít v Šumavském podhůří. Důležitým faktorem je na Šumavě množství srážek, které je zde výrazné vlivem orografie převážně na návětrné straně v převažujícím jihozápadním proudění vzduchu. Velmi důležitým klimatickým faktorem je na Šumavě vítr a to při přechodu výrazných front převažující vítr severozápadního směru, který zde na smrkových porostech napáchal vždy největší škody. Pokud lesníci kalamitu způsobenou „bořivým“ větrem nestačí zpracovat, je tím vlastně položen základ pro následující další kalamitu a to kalamitu kůrovcovou. Za posledních 30 let postihlo Šumavu několik větrných kalamit. Mezi největší větrnou kalamitu můžeme řadit orkán „Kyrill“ z ledna 2007. A právě tyto velké větrné kalamity, sucho a teplo jsou jedním ze spouštěčů kůrovcové kalamity.

Lýkožrout a počasí

Lýkožrout smrkový totiž přirozeně napadá oslabené stromy (hlavně dřeviny smrku ztepilého, ale hostitelskou dřevinou může být i modřín nebo borovice). Právě po větrných kalamitách kdy vznikají škody v lesních porostech (polomy, vývraty) a pokud se ještě přidá teplé počasí bez srážek, vznikají ideální podmínky pro vznik hromadné kůrovcové kalamity.

Lýkožrout se vyvíjí v lýkové části stromu. Na strom provádějí nálet primárně samci, kteří vytvářejí „snubní komůrky“, po té začnou vylučovat agregační feromony, kterými vábí samičky. V nižších nadmořských výškách je možné, že za ideálních podmínek může lýkožrout stihnout až tři vývojové cykly do konce léta. Brouci, kteří dokončí vývoj na podzim, většinou vylétají až následující rok na jaře. Přezimují buď pod kůrou stromů, nebo v hrabance. Pokud v zimě přetrvávají silné mrazy, snižuje se úspěšnost přezimování.

Závěr

Můžeme tedy z výše popsaných poznatků říci, že podmínky klimatu a průběh počasí má vliv na kůrovcové kalamity i zde na Šumavě. Počasí a klima působí nejen na prostředí, kde lýkožrout smrkový žije, ale i na jeho vývojový cyklus. V případě, že dojde k dlouhodobě nízkému úhrnu srážek spojeného s vysokými teplotami, vývojový cyklus se zřetelně urychluje a v případě nízkých teplot a deštivých dní se tento jeho vývoj zpomaluje.

Takže, přejme si více deštivějších a chladnějších dní zde u nás na Šumavě a konec konců v současné době asi v celé Evropě.



Obr. 1 Polom u Boubínského jezírka v NPR Boubínský prales po orkánu Herwart (foto: Milan Zevl, listopad 2017).



Obr. 2 Obnova lesa na Poledníku po rozsáhlé kůrovcové kalamitě. V pozadí vpravo Boubín s Bázumským hřbetem, vpravo pod rozhlednou meteorologická stanice ÚH AVČR Poledník (foto: Jiří Jiroušek, podzim 2015).

SUMAVA.EU – kdo jsme

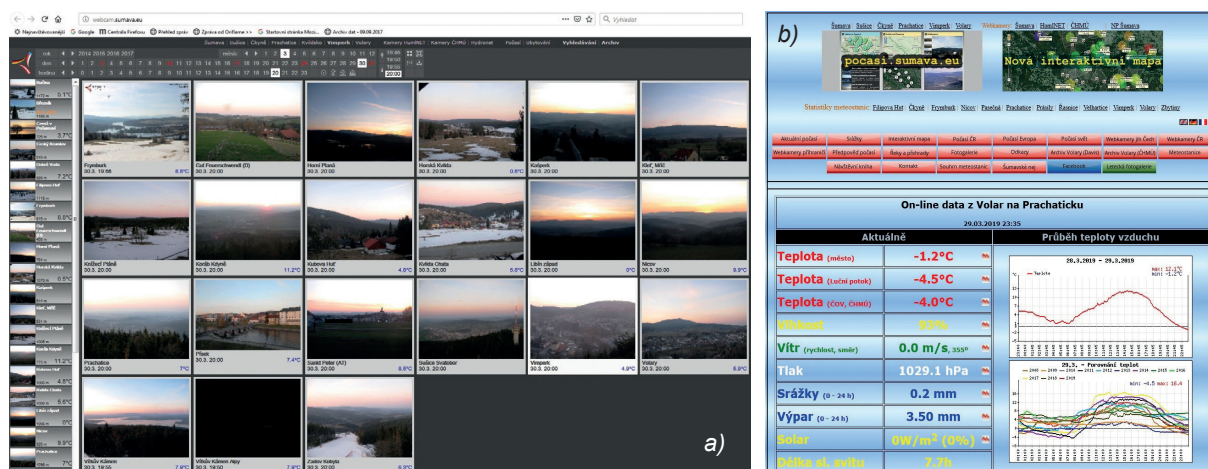
MAREK MATOUŠEK

SUMAVA.EU, Vimperk, marek.matousek@sumava.eu

Píše se rok 2019 a svět prožívá nejdynamičtější léta, lidstvo se na většině naší obydlené planety má jako nikdy před tím v historii. Míra životního komfortu, úrovně služeb, zdravotnictví, školství, výzkumu dosáhla nevidaných úrovní. Je těžké představit si, jak by se na dnešní dobu dívali lidé úhlem pohledu např. roku 1800 – kdy často neměli na nohách boty, neměli k přesunu v prostoru auta, letadla, k přenosu informací telefon, internet, k zachycení životních okamžiků neměli fotoaparát či kameru. Pokud získali nějakou informaci, tak většinou zprostředkovaně, slovním podáním přes několik lidí, zdoluhavou poštou anebo z knih. O většině věcí neměli tušení, že existují, natož aby se na ně dívali na internetu, prohlíželi si na nich sebemenší detail a virtuálně cestovali do všech myslitelných oborů i neoborů, že lidé spolu nehovoří pomocí jazyka, zubů a rtů – tedy mluveným slovem, ale „degradovaně“ a skrytě pomocí klávesnice či dotykového display. Netušili, že může existovat i jiný svět než ten reálný, tvrdý, fyzický, v kterém stojíme nohama na zemi, s někým reálně mluvíme z očí do očí, cítíme jeho vůni, odhadujeme jeho emoce, duševní rozpoložení, tělesný postoj, gestikulaci, mimiku.

Žijeme dobu, kde je každému vše jasné. Dobu, kdy každý „všude byl“ a „všechno zná“. Na internetu je dohledatelné vše – okamžitě či za pár vteřin si můžeme přečíst cokoli o komkoli, o čemkoli, od kohokoli, kdekoli, odkudkoli, jakkoli. Rozpouští se tím hranice smyslu mixu vzdělání, zkušenosti a selského rozumu – tří základních pilířů „kvality“. Uživatel do médií, klient do jakéhokoli odborné praxe, pacient do ordinace apod. tak vstupuje již se svou, na základě kdesi získaných jaksí kvalitních informací, vybaven „diagnózou Mr. Google“. A tak právě jako je dnes každý druhý trenér fotbalu, politik nebo léčitel, stejně tak dnes každý „rozumí počasí“, bohužel však velmi často aniž by znal alespoň ty nejelementárnější základy meteorologie, fyziky, či přírodních procesů. Navíc valná část mladých, ale i lidí v pokročilém věku, tráví v dnešní době spousty času u televizí, počítačů, ipadů, mobilů či v obchodních, zábavných a nákupních centrech, zabředává v prapodivné virtualitě často na míle vzdálené přirozenému či přírodě blízkému životu. Proti tomu stojí neformální spolek SUMAVA.EU – nadšenců, kteří mnohdy sami brázdí tvrdou realitu současného světa, ale snaží se od ní v maximální míře odbíhat. A jako lékaři diagnostikují jedince lidské populace, tak nadšenci SUMAVA.EU diagnostikují známé i zapomenuté lokality Šumavy. Měří zde výšku, tlak, teplotu, větry, úhrny, pokrývku.

Jisté kruhy nás nazývají „Vojvodíkovci“ a mají pravdu. Antonín Vojvodík je opravdu ten základní kámen – kolem kterého se SUMAVA.EU postavila. On sám za sebe je znám jako „lovec mrazu“ a přes 40 let vyhledává extrémně studené lokality, zpočátku ponejvíce za pomoci „přístrojového meteorologa“ Josefa Jindry. K němu se ale v posledním desetiletí, zejména díky internetu a automatizaci stanic, dali dohromady lidé s podobnými zájmy a pohledem na počasí a Šumavu, i když každý tak s trochu jiným zaměřením. Tím se postupně vyprofilovala současná SUMAVA.EU. Tu reálně roku 2008 vytvořil Marek Matoušek, který si od roku 1986 ve Vimperku detailně zaznamenával každický detail o počasí. Když během studií na univerzitě daleko od Šumavy nedával odtržení od šumavského dění, dal se tak na monitoring počasí cestou kvalitních HD webkamer doplněných o další informace. Záhy se připojil Ivo Rolčík, který monitoruje počasí ve Volarech od roku 1990 a postupně k tomu vytvořil, a rozšířil na celou Šumavu, skvělý přehledový web pocasi-volary.cz, jenž obsahuje meteorologické informace z celé Šumavy a okolí, a to i z bavorské



Obr. 1 Webové stránky a) šumavských webkamer s vysokým rozlišením (webcam.sumava.eu 2019) a b) přehledu počasí (nejen) ze Šumavy (pocasi-volary.cz 2019).

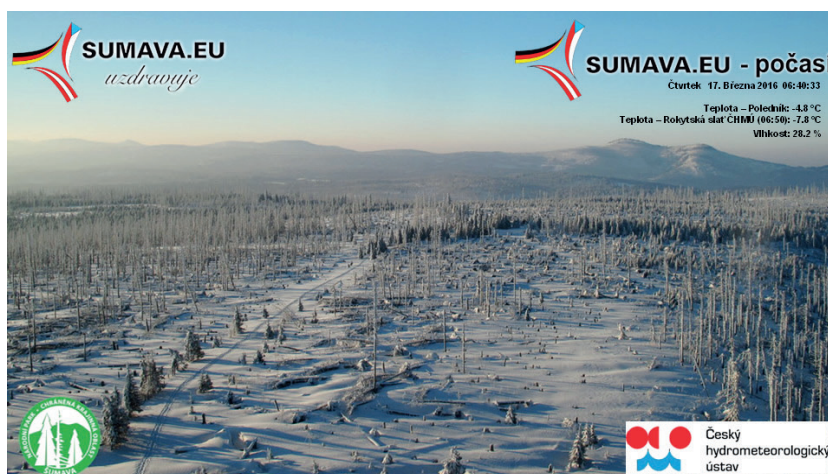
a rakouské části pohorí. „Čtyřlístek“ doplňuje Jan Procházka, který kromě vlastní šumavské srážkoměrné stanice s 30letou řadou pozorování, v posledních letech instaloval a pomohl zprovoznit další meteorologické stanice. Díky automatickým i expedičním měřením, zpracování dat a prezentacím přispěl k šíření činnosti a poznatků monitoringu mezi laickou i odbornou veřejností. Komplexně jsme jakási skupinka lidí milujících místo kde vyrůstali, bydlí, pracují či relaxují, kteří jsou s tím místem pevně spjatí a zároveň se jej snaží precizně monitorovat. Všichni jsme tedy určitým způsobem meteorologijí a Šumavou postiženi, i když každý trochu jinak, což ale právě dává dohromady aktuální SUMAVA.EU.

SUMAVA.EU i má medicínská profese, to píše jako lékař, je postavena na přesnosti, kvalitě, spolehlivosti a důvěryhodnosti. Hlavní naše sdělení je tak v důrazu na korektní, objektivní a precizní monitoring Šumavy ze všech jejích tří stran, kdy současně vyzýváme další jedince k aktivitě – k realné, v terénu. Jde o takovou aktivitu, kdy se kromě poznání jedná i o pohyb na čerstvém vzduchu, tedy k tomu, co bylo odjakživa meteorologům tak blízko. I proto určitý posun a zakotvení v názvu našeho spolku nastalo přidáním motto: „uzdravuje“.

Logo s tímto mottem se objevuje na webu i všech snímcích z HD webkamer, na kterých podobně jako na webkamerách ČHMÚ, se prezentují měřené veličiny našimi meteorologickými stanicemi. Více než 20 těchto kamer snímá po 5 až 10 minutách různé kouty Šumavy za každého počasí, v průběhu celého roku, stejně tak jako meteorologické stanice zaznamenávají měřené údaje 365 dní v roce. Pracujeme, snímáme, měříme, monitorujeme neustále, bez ohledu na senzacce, bez ohledu na inzerenty a média, bez ohledu na ekonomiku. Neformální spolek nadšenců SUMAVA.EU je opravdu neformální, nemá žádné právní ukotvení. Potkáváme se za každého počasí v přírodě na Šumavě a na webu se stejnojmenným názvem. Naše činnost není podporována žádnými granty, projekty a státními či evropskými dotacemi, nežadáme o ně. Aktivity provozujeme vlastními silami a z vlastních prostředků, ve volném čase, prakticky po práci. Spolupracujeme samozřejmě s několika organizacemi, pomáhají nám další nadšenci, bez kterých bychom nebyli tam, kde jsme. Vzhledem k místu a zaměření je potřeba, aniž bychom zapomínali na ostatní, zmínit Správu Národního parku Šumava a Český hydrometeorologický ústav.

SUMAVA.EU je i pokora a vděčnost. Velmi si vážíme toho, co se nám povedlo doposud dokázat a nebereme to automaticky. Děkujeme vzhůru, že nám to bylo umožněno. Čeho si vážíme je konstruktivní kritika a kritické myšlení, protože nám pomáhá a posouvá smysl našeho veškerého snažení dál. SUMAVA.EU nás baví a uzdravuje, děláli jsme ji, děláme a dělat budeme i nadále.

Vítejte na Šumavě!



Obr. 2 Snímek z HD webkamery SUMAVA.EU z rozhledny NP Šumava na Poledníku s daty z meteorologické stanice ČHMÚ Rokytská slat' (zdroj: webcam.sumava.eu, březen 2016).

Šumava čarovná

VLADISLAV HOŠEK

www.fotohosek.cz, Čkyně, foto.hosek@seznam.cz

Procházka po celé Šumavě od Ostrého k Vítkovu Hrádku během všech čtyř ročních období. Navštívíme obě strany Šumavy, jak českou, tak bavorskou a zavítáme i na sever Rakouska do oblasti Mühlviertelu.

V pásmu budou snímky na Šumavu z různých rozhledů, především během inverzí při svítání, pohledy ze Šumavy až na Alpy, dále ledovcová jezera, šumavská rašeliniště, interiéry pralesů a většinou náladové snímky například řek Vydry, Křemelné, Vltavy a horských šumavských potoků.

Podíváme se trochu i na šumavskou architekturu a seznámíme se se vzácnou flórou na horských loukách a rašeliništích.



Jiří Jiroušek – Nebeske.cz nad Šumavou

JIŘÍ JIROUŠEK

www.nebeske.cz, jirka@nebeske.cz

Jsem nebeský fotograf. Specializuji se na leteckou fotografii, více jak deset let systematicky vytvářím archiv vlastních leteckých snímků především z České republiky. Jsem paraglidista. Padákové kluzáky jsou moje křídla dvacet pět let. Jsem pilot i fotograf v jedné osobě. Fotím z motorového padáku, svými manévrovacími schopnostmi mi dává možnost zkoumat se zahledět na zemi pode mnou, neopominout nenápadná zákoutí, najít zajímavý úhel, chytit magické světlo. Za každou mojí fotkou je nějaký příběh. Nejsou to strojově sbírané záznamy. Když mačkám spoušť fotoaparátu, visím ve vzduchu, cítím vítr, vzduch. Jeho teplotu, vůni, náladu. Letím od někdešněkam.

Zaměřuji se na krásy české krajiny, v současnosti mám v archivu více jak 120 000 digitálních leteckých pohledů z celé České republiky. Často a rád fotím pohoří. Šumavské hřebeny, louky i údolí mě vábí už od počátků mého vznášení se s fotoaparátem. Byly a stále jsou mnou nejčastěji obletované a do krabice na krku zachycované hory. Rozsáhlé, rozmanité, rozmarné, romantické, nekonečné v nabídce svých tváří. A náročné na hadrové létání. Jsou to Hory.

Šumavu si shora prohlížím od roku 2002. Ze začátku jsem opatrně našlapoval v předhůří. Postupně jsem se ponořoval hlouběji a hlouběji, pronikal jsem hlavně kolem mé milované Vltavy. Poslední roky jsem se nejvíce zaměřil na Modravsko, oblast tajemnou a minimálně osídlenou. Nejdivočejší létání jsem zažil u Ostrého. Odvahu i pokoru mi dodávala a dodává meteorologie a meteorologové Šumavy. Celkem jsem zatím sebral přibližně 13 000 leteckých fotografií těchto Hor.

Kamarádka meteorologie mi pomáhá plnit si sny o procházkách vysoko nad zemí, bez ní by to snad ani nešlo. Možná ano, ale šlo by mnohem více o život. Trávíme spolu hodně času. Paragliding je ze všech leteckých sportů nejnáchylnější na různé jevy v atmosféře. Webové kamery, měření aktuální situace, historická data i předpovědi zásadně promlouvají do místa a času mého fotoletu. Bez moderní meteorologie bych byl mnohem chudší. O zážitky i zajímavé fotografie, které obohacují nejen mě, které snad i dalším lidem pomáhají získat například nadhled a přehled.



Obr. 1 Letecký pohled na Kvildu, únor 2019, foto: Jiří Jiroušek.

II.

Meteorologická měření na Šumavě
(včera, dnes a zítra)

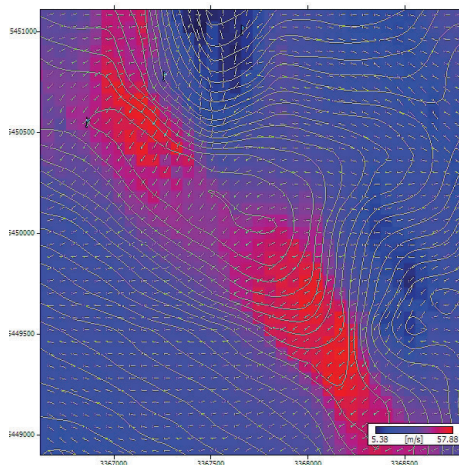
Monitoring a hodnocení vichřic na Šumavě

JIŘÍ HOSTÝNEK

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Plzeň, jiri.hostynek@chmi.cz

Vichřice a orkány jsou velmi specifické a nebezpečné meteorologické jevy. Jejich následky jsou na lesních porostech nepřehlédnutelné, tak se podívejme na výskyt těchto jevů na Šumavě i možnosti modelování proudění v členitém horském povrchu. Další otázkou je zvýšení či pokles četnosti výskytu vichřic v posledních letech, což je v článku rovněž komentováno.

Na Šumavě, podobně jako na jiných českých horách, přesáhne často maximální rychlost větru hodnotu vichřice $20,8 \text{ m.s}^{-1}$, což je 75 km.hod.^{-1} . Rychlost orkánu je pak stanovena na rychlost vyšší než $32,7 \text{ m.s}^{-1}$, což je 118 km.hod.^{-1} . Na zvýšení rychlosti v horských oblastech má kromě nadmořské výšky vliv též orientace pohoří vůči proudění. Hřeben Šumavy je v podstatě kolmý na nejčtetnější, jihozápadní směr větru a tak může dojít jak lokálně, tak i plošně k významnému zvýšení rychlosti v horských polohách při přechodu front a lokálních bouří. V daném prostoru máme 2 profesionální meteorologické stanice měřící kontinuálně směr a rychlost větru a to Churáňov, kde probíhá měření od r. 1961 a Velký Javor (Grosser Arber), kde se měří od roku 1982, a který se nachází jihozápadně od Železné Rudy v Německu. Výskyt vichřic byl zpracován právě podle měření těchto 2 stanic. Naměřené maximální roční rychlosti větru (nárazy) na obou stanicích od roku 1982 jsou uvedeny níže v tabulce. Je zřejmé, že rychlost větru na Velkém Javoru je výrazně vyšší v důsledku vyšší nadmořské výšky stanice ($1\,446 \text{ m n. m.}$) a tvaru hory – výrazný osamocený vrchol, než je situována stanice na Churáňově ($1\,117 \text{ m n. m.}$).



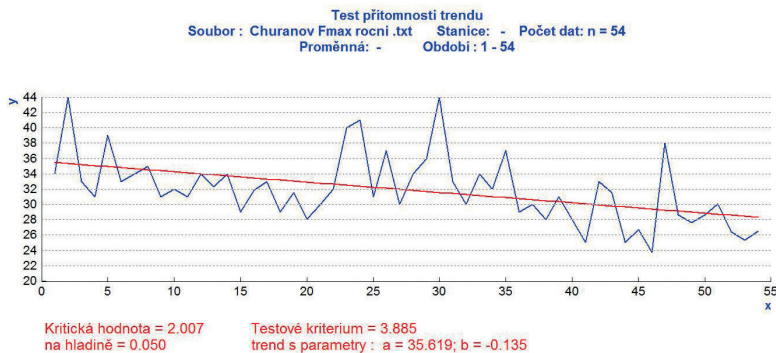
Obr. 1 Lokalita Jezerní: fields vectors.

Vliv orografie (tvaru terénu) na rychlost a směr větru je významná. Na ukázkou bylo znázorněno vektorové pole proudění pomocí modelu WAsP Engineering v prostoru hřebene Královského hvozdu – Jezerní hory a Svarohu na Železnorudsku při naměřené nejvyšší rychlosti 47 m.s^{-1} na Velkém Javoru při bouři Kyrill 18.–19. ledna 2007. Na hřebenech došlo k významnému stlačení proudnic a dynamickému orografickému zesílení větru, klasický případ speed up effectu. Modelový výpočet vektorového pole dokládá změny proudnic – směru a změny rychlosti úzce provázané na orografii Jezerní hory a okolí.

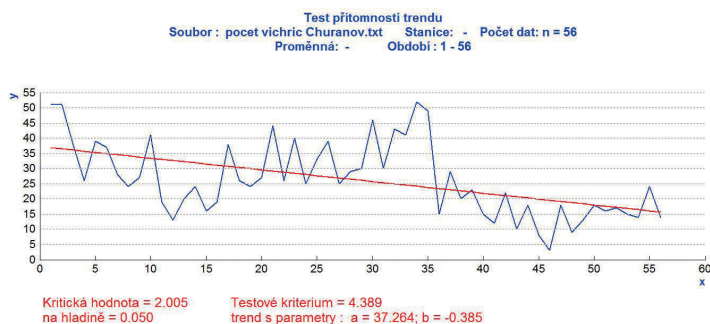
V tomto prostoru došlo k rozsáhlým plošným vývratům a namodelované oblasti s nejvyšší rychlosti (červená barva) dobře odpovídaly právě zmíněné destrukci smrkových porostů. Následky Kyrilla a to plošné polomy jsou zřetelné

Tab. 1 Maximální roční rychlost větru (náraz) na stanicích Churáňov a Velký Javor.

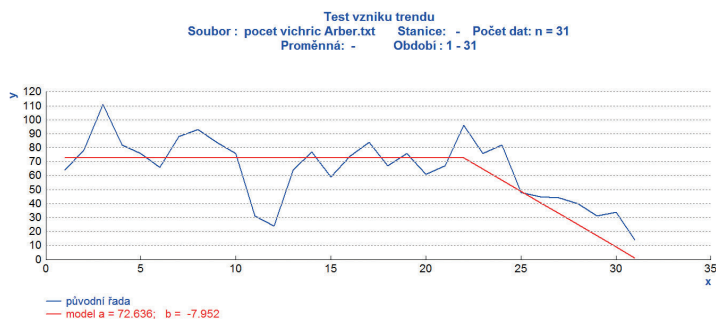
Rok	Churáňov	Velký Javor	Rok	Churáňov	Velký Javor	Rok	Churáňov	Velký Javor
1982	32,0	23,6	1994	32,0	36,6	2006	23,7	32,3
1983	40,0	33,0	1995	37,0	38,7	2007	38,0	47,0
1984	41,0	42,0	1996	29,0	31,1	2008	28,6	42,6
1985	31,0	34,0	1997	30,0	31,6	2009	27,6	34,2
1986	37,0	40,6	1998	28,0	37,8	2010	28,6	32,4
1987	30,0	39,6	1999	31,0	44,7	2011	30,1	32,3
1988	34,0	35,0	2000	28,0	43,2	2012	26,4	30,9
1989	36,0	34,5	2001	25,0	35,9	2013	25,3	32,6
1990	44,0	45,8	2002	33,0	41,5	2014	26,5	35,1
1991	33,0	40,6	2003	31,5	39,7	2015	31,1	36,3
1992	30,0	37,5	2004	25,0	43,8	2016	27,6	28,5
1993	34,0	41,6	2005	26,7	37,6	2017	25,8	29,3
						2018	31,0	39,0
MAX							44,0	47,0



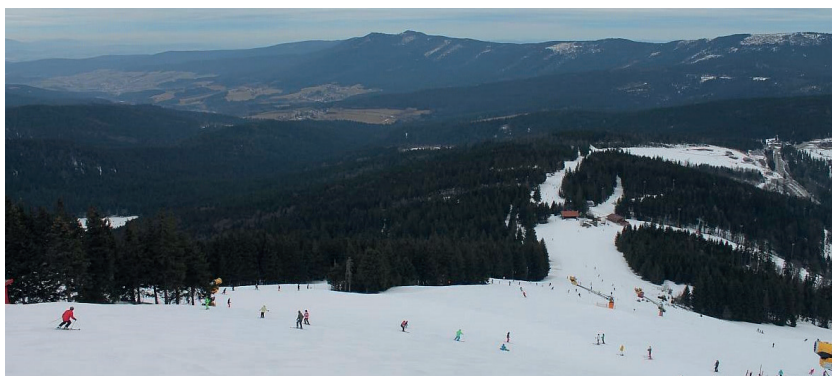
Obr. 2 Test přítomnosti trendu maximálních ročních rychlostí větru – Churáňov.



Obr. 3 Test přítomnosti trendu u počtu vichřic ($F > 21 \text{ m.s}^{-1}$) za rok – Churáňov.



Obr. 4 Test vzniku trendu u počtu vichřic ($F > 21 \text{ m.s}^{-1}$) za rok – Velký Javor.



Obr. 5 Pohled z Grosser Arber na hřeben Ostrý – Jezerní hora s vyznačením plochy plošných polomů (hřeben vpravo).

i po 10 letech na snímku z web kamery na Velkém Javoru naměřované právě na hřeben Ostrý – Jezerní hora (obr. 5.).

Z hlediska dlouhodobého srovnání maximálních rychlostí, pravděpodobně v důsledku klimatických změn v delší časové řadě měření, dochází k poklesu jak samotné maximální rychlosti, tak i počtu vichřic v prostoru Šumavy, ale v dalších horských oblastech ČR. To bylo doloženo výpočtem v programu CTPA pro oblast Šumavy dle dlouhodobého měření stanice Churáňov a jedná se o statisticky významné klesající trendy. Přes tato statistickými výpočty doložená fakta se může i v budoucnosti, i když méně často, vyskytnout silná vichřice nebo orkán s podobnými následky ve formě plošných polomů, jako byl např. známý Kyrill. Na obr. 2 a 3 je graficky znázorněn průběh trendu u maximálních ročních rychlostí (nárazů) dále i počtu vichřic za rok. Testové kritérium je vždy vyšší než kritická hodnota, což dokazuje statistickou významnost klesajícího trendu. Byla rovněž doložena statisticky významná změna trendu u počtu vichřic jak na Churáňově tak na Velkém Javoru kde je kratší pozorovací řada (měření od r. 1982) než na Churáňově, ale pokles v posledních 10 letech je velmi výrazný (obr. 4). Tímto zpracováním byly vyhodnoceny všechny naměřené vichřice na Šumavě.

Klimatologie a automatické měření sněhu

MILOSLAVA STAROSTOVÁ

Český hydrometeorologický ústav, pobočka České Budějovice, miloslava.starostova@chmi.cz

Úvod

Velké procento Šumavy zaujímá NP Šumava s rozlehlými plochami s nadmořskými výškami nad 1 000 m n. m., kde leží nejmocnější vrstvy sněhu. Tato horská území byla a jsou pro klasické měření dobrovolným pozorovatelem zcela nedostupná. Obzvláště nedostupný pro měření srážek a sněhu je hraniční hřeben Šumavy, který je na srážky a sníh nejbohatší. Aktuální informace o výšce sněhové pokrývky ještě v roce 2013 byla v oblasti pobočky České Budějovice jen z profesionální stanice Churáňov, případně ze zprávy SYNOP stanice DWD Velký Javor. V klimatologii na sníh nejbohatší stanice na Filipově Huti měla a má dostupná data o výšce sněhu jen v pondělí, kdy pozorovatel výšku sněhu a vodní hodnotu telefonicky hlásí hydrologické předpovědní službě. V mínění veřejnosti a médií se Šumava tak jevila jako pohoří s poměrně nízkou sněhovou pokrývkou, což bylo v rozporu s pravidelně prováděným terénním měřením.

Měření automatickými sněhoměrnými čidly

Od roku 2013 začalo postupně ČHMÚ, oddělení hydrologie zřizovat v horských polohách jižních Čech sněhoměrné polštáře, jejichž součástí jsou ultrazvuková čidla měření výšky sněhu. Zřízení sněhoměrného polštáře v I. zóně NP Šumava představovalo pro OMK pobočky České Budějovice vítanou příležitost získat doposud zcela nedostupná data o sněhové pokrývce, i když se na sněhové polštáře pohlíželo se značnou nedůvěrou. Se souhlasem NP Šumava byly vybrány tři vhodné polohy situované v blízkosti hraničního hřebene Šumavy, v oblasti Březníka, Jezerní slatě a Javoří Pily.

Jako nejvhodnější a zároveň jako nepřijatelnější kompromis pro všechny strany byla zvolena Javoří Pila. Tento návrh pobočky ČHMÚ České Budějovice sice porušil základní strategii záměru oddělení hydrologie umístit sněhoměrné polštáře v poloze 700 až 800 m n. m., tj. v oblasti nejcitlivější na rychlé tání sněhu, ale po vzájemné diskuzi byla nalezena shoda, neboť data o zásobách sněhu na rozlehlých plochách příhraničního území Šumavy byla v té době skutečně velmi vzácná. Další lokality byly již navrženy v souladu se záměrem projektu. V podhůří Šumavy byl umístěn sněhoměrný polštář ve Spálenci u Zbytín a v Novohradských horách byla vybrána poloha situovaná těsně pod Starými Hutěmi. Ve vybraných lokalitách pracovníci pobočky ČHMÚ prováděli třikrát za zimu měření, zejména bylo kontrolováno, zda je sněhová pokrývka rovnoměrně rozložena bez závějí a zda dobře reprezentuje výšku sněhu širšího okolí. Důležité bylo ověřit rozložení sněhové pokrývky za různého typu počasí. Dle těchto terénních měření bylo stanoveno přesné umístění polštářů. Jako první byl v listopadu 2013 realizován a uveden do provozu sněhoměrný polštář na Javoří Pile, v říjnu 2014 byly osazeny zbývající lokality Zbytín a Staré Hutě. Během několika následujících let se postupně objevily a i nadále se rodí ve spolupráci hydrologů a meteorologických skupin nadšenců, ale i v rámci dobrovolnické meteorologické staniční sítě ČHMÚ další lokality vybavené ultrasonickými čidly. Jednou z prvních obzvláště exponovaných lokalit byla stanice na Plechém Ivo Rolčíka, kde je měřena výška sněhu automaticky od listopadu 2015. Měření sněhu v těchto podmínkách bývá pro terénní pracovníky ČHMÚ velkým zážitkem, občas až extrémním. V současné době měří výšku sněhové pokrývky na území pobočky ČHMÚ České Budějovice další automatické stanice ČHMÚ: Větrín, Zlatý Stoleček, Kepelské Zhůří a stanice vlastníků



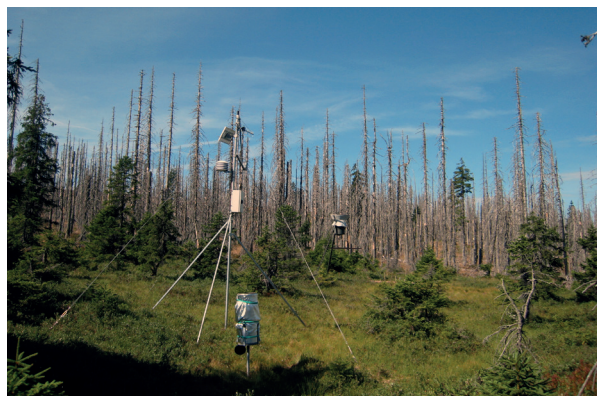
Obr. 1 Sněhoměrný polštář Javoří Pila C4JAPI01, nadmořská výška 1 062 m n. m.



Obr. 2 Sněhoměrný polštář Staré Hutě C4STHU01, nadmořská výška 780 m n. m.



Obr. 3 Sněhoměrný polštář Zbytiny Spálenec C4ZBYT01, nadmořská výška 785 m n. m.



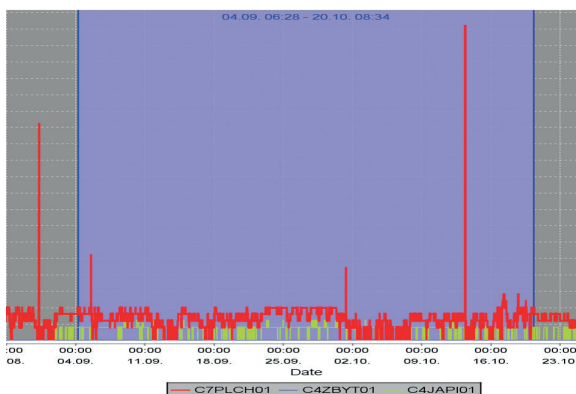
Obr. 4 Sněhoměrný polštář Plechý C7PLCH01, nadmořská výška 1 344 m n. m.

meteorologických nadšenců vznikly na Bučině a Březníku Blatném vrchu. Jsem přesvědčena, že tento počet stanic nadále poroste. Obrázky č. 1 až 4 zobrazují sněhoměrné polštáře Javoří Pila, Zbytiny Spálenec, Staré Hutě a automatickou meteorologickou stanicí s ultrazvukovým čidlem na Plechém.

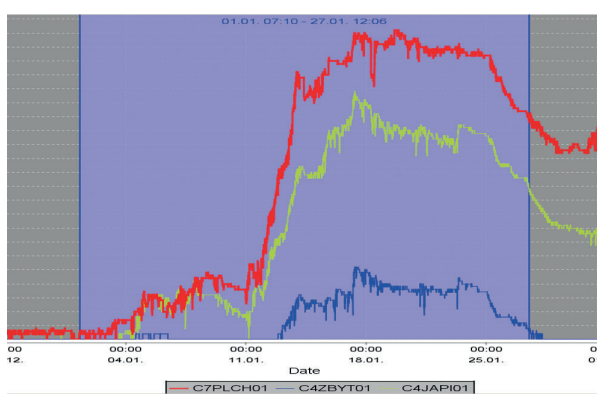
Měření sněhu je na horách mnohdy velmi svízelné, zejména při větrném počasí a v členitém terénu. Poměrně složitě se měří a určuje celková výška sněhové pokrývky i na profesionálních, zejména horských stanicích. Například na Churáňově je výsledná hodnota celkové výšky sněhové pokrývky průměr měření na pevně stanovených místech pozemku stanice. Sněhoměrný polštář původně umístěný na Churáňově se tudíž zákonitě potýkal s nevhodným umístěním a na konec byl zrušen. Místo měření dobrovolnických stanic je mnohdy velmi ovlivněné bydlištěm a možnostmi dobrovolného pozorovatele, od kterého již z jeho statutu nemůžeme očekávat tak sofistikovaný přístup jako od pozorovatele profesionálního. I když i zde existují výjimky, které předčí mnohého profesionálního pozorovatele. Dobrovolní pozorovatelé jsou stále vzácnější, kupodivu obzvláště v potřebných lokalitách, které by odpovídaly požadavku na rovnoměrné pokrytí měřicí sítě ČHMÚ. Dobrovolný pozorovatel měří výšku sněhu na vhodném místě svého pozemku a obvykle zohledňuje také širší okolí. Automatické čidlo měření výšky sněhu je měření bodové, a proto je velmi důležité jeho reprezentativní umístění. Čidla na Javoří Pile, Spálenec, Starých Hutích a také na Plechém byla vybrána velmi pečlivě, dobře reprezentují své okolí a polohu.

Zpracování dat

V klimatologii se výška sněhové pokrývky (SCE) měří v 7 h SEČ, každý den je k dispozici jen jedna jediná hodnota. Ultrasonické čidlo měří výšku sněhové pokrývky (SCEa) po 10 minutách, přičemž hodnoty poměrně kolísají pravděpodobně s ohledem na počasí, teplotu. Pro stanovení výšky sněhu automatickým čidlem by tudíž bylo užití měření jen z času 7:00 hod velmi nevhodné. Jako výsledná výška celkové denní sněhové pokrývky SCEa v 07:00 SEČ odpovídající měření v klimatologii byl zvolen průměr 10minutových dat od 06:30 SEČ do 07:30 SEČ. Průměr do jisté míry zhladí kolísání automatického čidla a více odpovídá klasickému měření v klimatologii. Data byla zkontrolována a byly interpolací doplněny případné výpadky. Nutno podotknout, že výpadky byly u všech stanic velmi vzácné. Důsledně byly odstraněny hrubé chyby, velmi odlehle hodnoty a případné nepřiměřené kolísání hodnot, které je znázorněno v obrázcích 5 až 7.



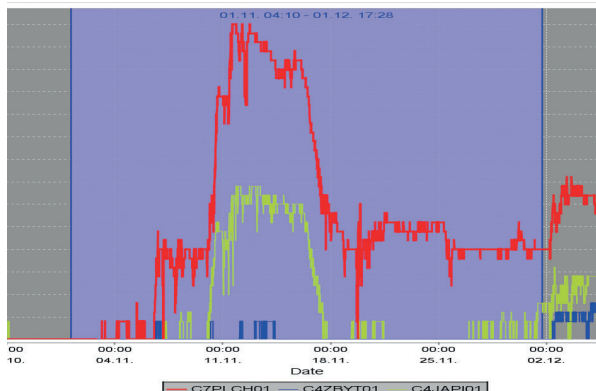
Obr. 5 Příklad hrubé chyby, velmi odlehle hodnoty měření výšky sněhu SCEa na Plechém.



Obr. 6 Ukázka automatického měření sněhové pokrývky – stanice Plechý C7PLCH01, Zbytiny C4ZBYT01 a Javoří Pila C4JAPI01.

Je zřejmé, že odlehle hodnoty, velké odchylky a nulové hodnoty mohou velmi ovlivnit výslednou hodnotu denní výšky sněhové pokrývky i v průměru počítaném z více 10minutových dat od 06:30 SEČ do 07:30 SEČ. Bylo proto nutné tyto odlehle hodnoty opravit, nahradit je průměrem okolních reálných hodnot. Vzhledem nevelkému rozsahu datového souboru bylo využito pro odstranění odlehle hodnot vizuální zobrazení chodu výšek sněhové pokrývky v editaci databáze Clidata. Opravy podobného druhu se v současné době již provádějí v rámci pravidelných kontrol v databázi CLIDATA. Podstatně hůře odstranitelný je déletrvajících pokles, nebo nárůst výšky sněhové pokrývky, což je pravděpodobně způsobeno vlivem aktuálního počasí, změnou teploty, vlhkosti. Tento problém se zprůměrováním desetiminutových dat ani v hodinovém intervalu bohužel neodstraní.

Vedle nevyrovnaného kolísání hodnot SCEa je na obrázku 6 a 7 patrný krátkodobý vzestup modré křivky grafu SCEa ve Zbytinách. Jednalo se o kolísání, šum, nebo je to reálná opodstatněná hodnota? Tato krátká období byla náhodným výběrem ověřena dle souběžného pozorování srážkoměrné dobrovolnické stanice Zbytiny C1ZBYT01. Toto srovnání zcela odlišných metod měření vyznělo překvapivě velmi povzbudivě. Z více než 90 % zkoumaných případů pozorovatelka zaznamenala sněžení v jevech a sněhovou pokrývkou zapsala do výkazu jako „padal a roztál“ (SCE=0 R), nebo byl zaznamenán poprašek (SCE=0 P).

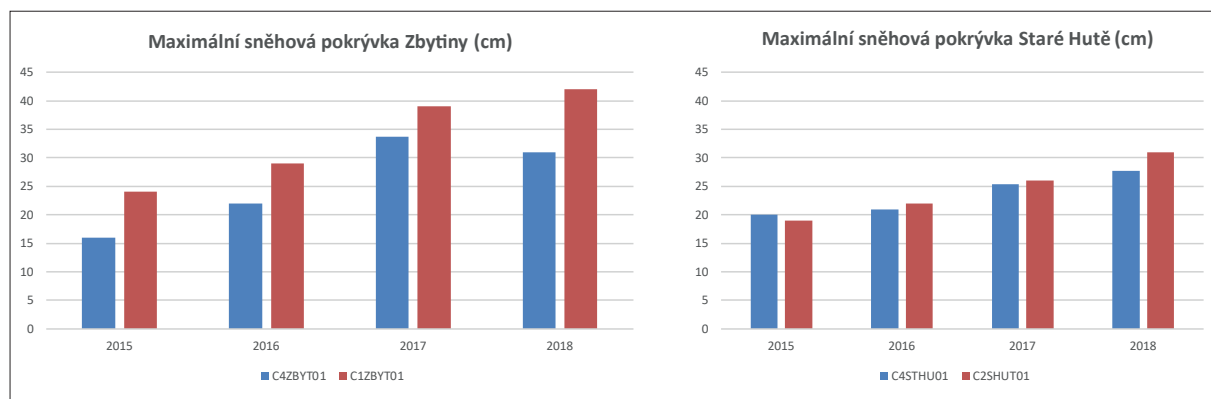


Obr. 7 Krátkodobé kolísání výšky sněhové pokrývky SCEa na Javoří Pile C4JAPI01 a ve Zbytinách C4ZBYT01, versus výška souvislé sněhové pokrývky na Plechém C7PLCH01.

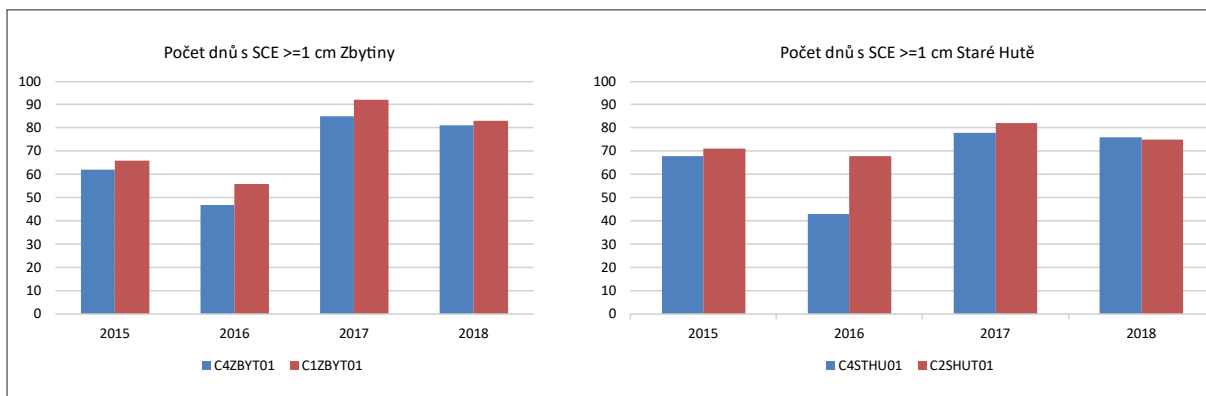
Výsledky

Po odstranění odlehle hodnot z dat byly pro uvedené stanice vypočteny základní nejběžnější klimatické charakteristiky, maximální sněhová pokrývka a počet dnů se sněhovou pokrývkou vyšší než 1, 5, 10, 30, 50 a 100 cm. Pro Zbytiny, Spálenec C4ZBYT01 (nadmořská výška 792 m n. m.) a Staré Hutě C4STHU01 (nadmořská výška 780 m n. m.) uvádíme v následujících grafech č. 4 a 5 porovnání vybraných charakteristik s hodnotami z dobrovolnických srážkoměrných stanic Zbytiny, Spálenec C1ZBYT01 (nadmořská výška 790 m n. m.) a Staré Hutě C2SHUT01 (nadmořská výška 792 m n. m.). V grafech č. 4 uvádí srovnání roční maximální výšky celkové sněhové pokrývky pro obě lokality v letech období 2015 až 2018 měřené automatickým čidlem na sněhoměrném polštáři a měření dobrovolným pozorovatelem. Obrázek 9 zobrazuje odpovídající srovnání výsledků ročního počtu dnů se sněhovou pokrývkou 1 cm a více.

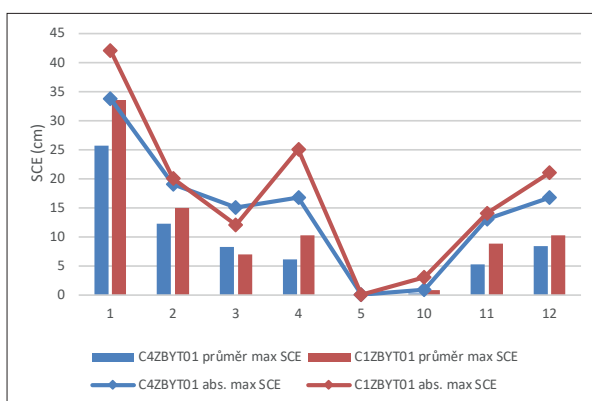
Výsledky měření na Starých Hutích jsou velmi podobné, odpovídají malému rozdílu v nadmořské výšce. Hodnoty ve Zbytinách jsou více odlišné, ačkoliv se jedná o stejnou nadmořskou výšku. Poloha sněhoměrného polštáře je volná, slunci zcela otevřená, zatímco pozorovatel měří výšku sněhové pokrývky na zahrádce od jihu a západu zastíněné domem a kůlnou. Velmi patrný je rozdílný počet dnů se sněhovou pokrývkou 1 cm a více v roce 2016. Sněhu bylo na začátku roku 2016 a také na jeho konci velmi poskrovnu, zima byla velmi proměnlivá a větrná.



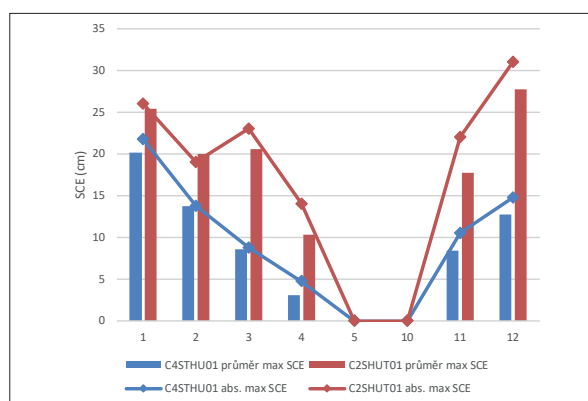
Obr. 8 Roční maximální výška sněhové pokrývky (cm) v období 2015 až 2018 na srážkoměrné stanici Zbytiny C1ZBYT01 (nadmořská výška 792 m n. m.) a sněhoměrném polštáři, ultrazvukové čidlo Zbytiny C4ZBYT01 (nadmořská výška 792 m), a na srážkoměrné stanici Staré Hutě C2SHUT01 (nadmořská výška 792 m n. m.) a sněhoměrném polštáři, ultrazvukové čidlo Staré Hutě C4STHU01 (nadmořská výška 780 m n. m.).



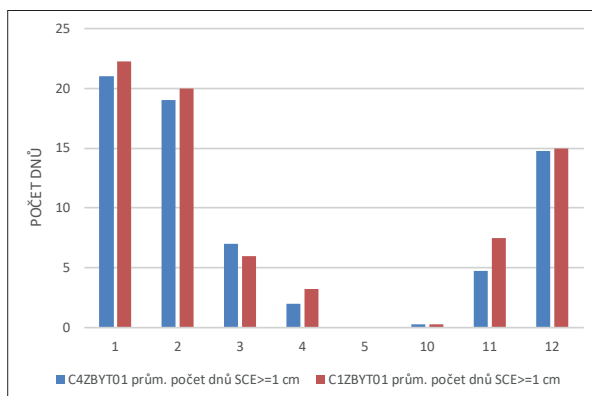
Obr. 9 Roční počet dnů s výškou sněhové pokrývky 1 cm a více v období 2015 až 2018 na srážkoměrné stanici Zbytiny C1ZBYT01 (nadmořská výška 792m n. m.) a sněhoměrném polštáři, ultrazvukové čidlo Zbytiny C4ZBYT01 (nadmořská výška 792m n. m.), a na srážkoměrné stanici Staré Hutě C2SHUT01 (nadmořská výška 792m n. m.) a sněhoměrném polštáři, ultrazvukové čidlo Staré Hutě C4STHU01 (nadmořská výška 780m n. m.).



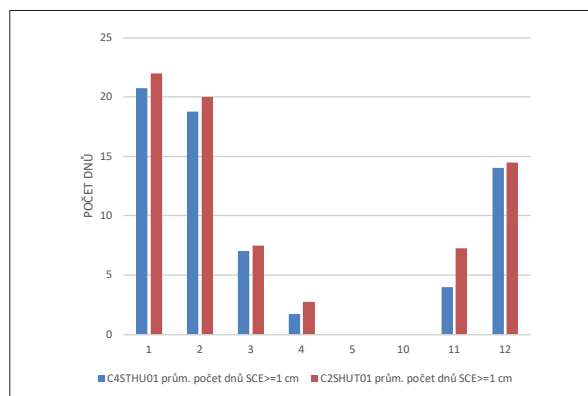
Obr. 10 Roční chod průměrné maximální výšky sněhové pokrývky a absolutního maxima maximální výšky sněhové pokrývky období 2015 až 2018 – srážkoměrná stanice Zbytiny C1ZBYT01 (nadmořská výška 792m n. m.) a sněhoměrný polštář, ultrazvukové čidlo Zbytiny C4ZBYT01 (nadmořská výška 792m n. m.).



Obr. 11 Roční chod průměrné maximální výšky sněhové pokrývky a absolutního maxima maximální výšky sněhové pokrývky období 2015 až 2018 – srážkoměrná stanice Staré Hutě C2SHUT01 (nadmořská výška 792m n. m.) a sněhoměrný polštář, ultrazvukové čidlo Staré Hutě C4STHU01 (nadmořská výška 780m n. m.).



Obr. 12 Roční chod průměrné délky trvání sněhové pokrývky 1 cm a více za období 2015 až 2018 – srážkoměrná stanice Zbytiny C1ZBYT01 (nadmořská výška 792m n. m.) a sněhoměrný polštář, ultrazvukové čidlo Zbytiny C4ZBYT01 (nadmořská výška 792m n. m.).



Obr. 13 Roční chod průměrné délky trvání sněhové pokrývky 1 cm a více za období 2015 až 2018 – srážkoměrná stanice Staré Hutě C2SHUT01 (nadmořská výška 792m n. m.) a sněhoměrný polštář, ultrazvukové čidlo Staré Hutě C4STHU01 (nadmořská výška 780m n. m.).

Tab. 1 Roční suma počtu dnů se sněhovou pokrývkou 1 cm, 5 cm, 10 cm, 30 cm, 50 cm a 100 cm a víc na lokalitách Staré Hutě, Zbytiny, Javoří Pila a Plechý.

Prvek / Rok	2014	2015	2016	2017	2018	Průměr 2015/2018
Stanice	Javoří Pila C4JAPI01					
SCE>=1 cm	114	117	145	155	140	139
SCE>=5 cm	94	111	128	148	137	131
SCE>=10 cm	83	102	110	139	132	121
SCE>=30 cm	53	61	76	114	115	92
SCE>=50 cm	0	0	26	85	98	52
SCE>=100 cm	0	0	0	1	37	10
	Plechý C7PLCH01					
SCE>=1 cm		168	212	188	161	182
SCE>=5 cm		152	182	183	158	169
SCE>=10 cm		143	175	180	147	161
SCE>=30 cm		115	126	156	136	133
SCE>=50 cm		97	105	135	133	118
SCE>=100 cm		6	64	45	105	55
	Zbytiny C4ZBYT01					
SCE>=1 cm		62	47	85	81	69
SCE>=5 cm		45	21	69	45	45
SCE>=10 cm		21	14	54	29	30
SCE>=30 cm		0	0	2	2	1
SCE>=50 cm		0	0	0	0	0
SCE>=100 cm		0	0	0	0	0
	Staré Hutě C4STHU01					
SCE>=1 cm		68	43	78	76	66
SCE>=5 cm		52	23	73	55	51
SCE>=10 cm		33	10	51	40	34
SCE>=30 cm		0	0	0	0	0
SCE>=50 cm		0	0	0	0	0
SCE>=100 cm		0	0	0	0	0
	Zbytiny C1ZBYT01					
SCE>=1 cm		66	56	92	83	74
SCE>=5 cm		49	23	81	56	52
SCE>=10 cm		31	13	63	35	36
SCE>=30 cm		0	0	7	6	3
SCE>=50 cm		0	0	0	0	0
SCE>=100 cm		0	0	0	0	0
	Staré Hutě C2STHU01					
SCE>=1 cm		71	68	82	75	74
SCE>=5 cm		51	30	70	61	53
SCE>=10 cm		28	10	48	44	33
SCE>=30 cm		0	0	0	2	1
SCE>=50 cm		0	0	0	0	0
SCE>=100 cm		0	0	0	0	0

Další grafy uvádějí charakteristiky vypočtené za čtyři roky 2015 až 2018. Čtyři roky jsou v klimatologii velmi krátká doba na zpracování dat, nicméně ačkoliv sněhové poměry let 2015 a 2018 byly velmi rozdílné, výsledky měření automatickým sněhoměrným čidlem a dobrovolným pozorovatelem se jeví pro obě lokality poměrně reálně a klasickému měření poměrně dobře odpovídají.

Ve Zbytínách, Spálenci je umístěn sněhoměrný polštář v blízkém okolí ve stejné nadmořské výšce, odchylky měřené výšky sněhové pokrývky jsou dány zcela rozdílnou metodou měření, tj. bodové měření ultrazvukového čidla a měření pravítkem na pozorovatelem zvoleném místě. Měřicí místa ve Starých Hutích se liší jak metodou mě-

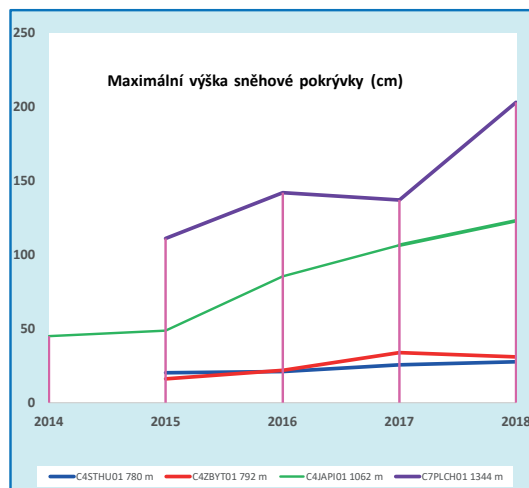
ření, tak i nadmořskou výškou. Výsledky odpovídají vyšší nadmořské výšce automatické srážkoměrné stanice, kde dobrovolný pozorovatel měří výšku sněhové pokrývky pravítkem. Sněhoměrný polštář je umístěn v nižší nadmořské výšce a tudíž průměrná maximální sněhová pokrývka i její absolutní maximum je nižší. Poměrně dobrá shoda je také ve zpracování délky trvání sněhové pokrývky. V následujících grafech uvádíme porovnání průměrné měsíční sumy počtu dnů trvání sněhové pokrývky větší, nebo rovné 1 cm v ročním chodu na sněhoměrném polštáři a srážkoměrné stanici opět pro Zbytiny a Staré Hutě. Shoda trvání sněhové pokrývky je také poměrně velmi dobrá.

Poslední obrázek 14 uvádí rozložení maximální výšky sněhové pokrývky v letech 2014 až 2018 měřené ultrazvukovým čidlem v lokalitách od nadmořské výšky 780 m n. m. až po 1 344 m n. m. na Plechém. Výsledné hodnoty opět dobře odpovídají reálným podmínkám.

Tabulka číslo 1 ukazuje celkový přehled zpracování počtu dnů v roce se sněhovou pokrývkou od výšky 1 cm a více až po 100 cm a více. Výsledky jsou ve shodě s polohou a umístěním stanic.

Závěr

Měření ultrazvukovým čidlem v období 2014 až 2018 poměrně dobře odpovídá hodnotám naměřeným pozorovatelem a zpracování maximální výšky sněhové pokrývky a počet dnů se sněhovou pokrývkou otevírá možné využití v klimatologii. Automatické měření výšky sněhové pokrývky není zatíženo výpadky a to ani v extrémních podmínkách jako je lokalita Plechý. Jedním z nejdůležitějších podmínek dobrého výsledku je pečlivý výběr místa měření.



Obr. 14 Roční maximální výška sněhové pokrývky (cm) v letech 2014 až 2018, ultrazvukové čidlo – Staré Hutě C4STHU01, Zbytiny C4ZBYT01, Javoří Pila C4JAPI01 a Plechý C7PLCH01.

Automatické meteorologické stanice v nejvyšších polohách Šumavy, problematika jejich provozu a hodnocení měřených dat

JAN PROCHÁZKA¹, IVO ROLČÍK², ANTONÍN VOJVODÍK³, MIROSLAV TESAŘ⁴, PAVEL LIPINA⁵

¹ SUMAVA.EU, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, České Budějovice, prochaz@zf.jcu.cz, ² SUMAVA.EU, ivo.rolcik@seznam.cz, ³ SUMAVA.EU, antonin.vojvodik@seznam.cz, ⁴ Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v.v.i., Praha, miroslav.tesar@iol.cz, ⁵ Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, pavel.lipina@chmi.cz

Úvod

Příspěvek se zaměřuje na problematiku a výsledky meteorologických měření pomocí automatických stanic v nejvyšších polohách Šumavy. Instalace, provozování a standardizace meteorologických měření na hřebenech české části rozlehlého pohoří probíhá v návaznosti na dlouhodobé aktivity neformálního spolku meteo-nadšenců SUMAVA.EU (Procházka a kol. 2017, Rolčík a kol. 2017), v posledních letech pak i na základě intenzivnější spolupráce s Ústavem pro hydrodynamiku Akademie věd ČR (ÚH AV ČR), Zemědělskou fakultou Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (ZF JČU) a Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ). Cílem těchto aktivit zaměřených na nejvyšší polohy Šumavy je přispět k získávání poznatků o jejich klimatu, když zde obdobné informace dlouhá desetiletí chyběly. Snahou je v tomto případě poskytovat seriózní měřené údaje pro další zpracování, jako jsou hodnocení klimatu horských oblastí, klimatických změn, změn v krajině, hydrologických bilancí a prognóz i dalších studií v oblasti Šumavy či v širším regionálním měřítku.

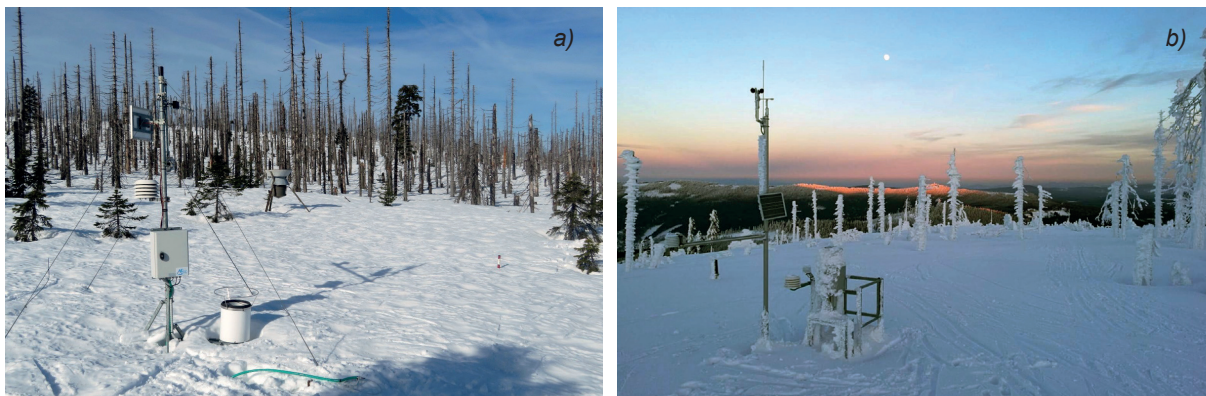
Postavení vyšších poloh Šumavy v rámci Česka

Z obecné charakteristiky povrchu (reliéfu) naší republiky vyplývá, že převažujícím rázem Česka jsou pahorkatiny a vrchoviny s tím, že střední nadmořská výška je 430 m, 67 % území (52 817 km²) leží v nadmořské výšce do 500 m, 32 % (25 222 km²) v rozmezí 500–1 000 m a asi 1 % (827 km²) nad 1 000 m. Z toho Šumava zaujímá v polohách nad 1 000 m n. m. asi 56 % (464 km²), což představuje v tomto pohledu poměrně významnou část území. Dle světově nejrozsáhlejší klimatické klasifikace – Köppenovy, lze také vyšší horské oblasti Česka vymezit kategorií Dfc (podtyp boreální klima, kde mj. pouze 1–3 měsíce mají průměrnou teplotu vzduchu nad 10 °C, nejchladnější měsíc pak nižší než –3 °C). Tato kategorie odpovídá v Česku oblastem s nadmořskou výškou přibližně 900 m a vyšší, samozřejmě s určitými regionálními odlišnostmi, Šumavě v Dfc kategorii přísluší plošně přibližně 760 km², což je téměř 40 % z této kategorie na našem území.

Nejvyšší oblasti Česka jsou z hlediska meteorologických pozorování zastoupeny stanicemi v Krkonoších (na Sněžce, Luční a Labské boudě), v Jeseníkách (na Šeráku, dříve na Pradědu), Beskydech (na Lysé hoře) a v Krušných horách (na Klínovci). Na Šumavě byla situace poněkud odlišná. Zatímco střední polohy Šumavy a šumavské podhůří disponují odpovídajícím počtem meteorologických stanic, navíc dochází k jejich průběžné modernizaci a automatizaci, situace kolem měření a dostupnosti odpovídajících meteorologických údajů v nejvyšších polohách Šumavy je problematičtější. Doposud se hodnocení vyšších poloh Šumavy často spolehalo především na údaje z meteorologické stanice Churáňov (1 118 m n. m.). Zde je k dispozici poměrně dlouhá a kvalitní pozorovací řada, ale vzhledem ke své nadmořské výšce a umístění reprezentuje spíše vnitrozemskou část pohoří. Na bavorské straně Šumavy je na nejvyšším vrcholu pohoří v provozu meteorologická stanice Grosser Arber (1 437 m n. m.), která od roku 1982 do určité míry nahradila starší měření na nedalekém vrcholu Grosser Falkenstein (1 307 m n. m.). Bohužel zde došlo ke zrušení stálé pozorovací služby a manuální obsluhy stanice, což přináší problémy s kvalitou měření zejména v zimním období. V tomto směru je pro Šumavu i nadále nesrovnatelnou výhodou stávající režim meteorologického pozorování na Churáňově.

Vznik a provoz meteorologických stanic na hřebenech Šumavy

V souvislosti s aktivitami amatérských meteorologů (Procházka a kol. 2017, Rolčík a kol. 2017) byly instalovány a od roku 2014 jsou provozovány stanice Plechý (obr. 1a), Březník hřeben, současně probíhá měření v oblasti Boubína a v návaznosti nato také realizace instalace automatické stanice. Díky průběžné a odpovědné kontrole stanic se v úzké spolupráci s ČHMÚ daří využívat měřená data v rámci klimatologických hodnocení a stanice se postupně stávají součástí sítě jeho stanic. Dále byla díky úzké spolupráci na základě předchozích proměňování a průzkumů instalována Ústavem pro hydrodynamiku (ÚH AV ČR) stanice na Jezerní hoře (obr. 1b) v nadmořské výšce 1 307 m (podzim 2017), na podzim 2018 pak standardizováno měření teploty vzduchu a zintenzivněna kontrola provozu stávající meteorologické stanice na Poledníku (1 310 m n. m.), kterou rovněž provozuje ÚH AV ČR. Ve všech případech stanice vznikly díky souhlasu a podpoře ze strany Správy Národního parku Šumava (NPŠ). Zde je nutné



Obr. 1 Automatické meteorologické stanice a) Plechý (SUMAVA.EU, foto: Jan Procházka), b) Jezerní hora (ÚH AV ČR, foto: Petr Pospíšil, HS Šumava).

zmínit a vyzdvihnout příkladnou spolupráci s pracovníky NPS a Horské služby Šumava, kteří v rámci své činnosti s údržbou a provozem stanic příležitostně pomáhají.

V současné době jsou z české části Šumavy k dispozici seriózní data o teplotě vzduchu z 5 stanic měřících standardním způsobem v polohách nad 1 300 m n. m. K tomu jsou buď kontinuálně, nebo občasně měřeny i údaje o výšce sněhové pokrývky a její vodní hodnotě. Správa NPS provozuje v nejvyšších polohách Šumavy (cca 1 300 m n. m.) tři automatické meteorologické stanice na vrcholech Polom, Smrčina a Ždánidla, zde však měření teploty vzduchu ani srážek není celoročně spolehlivé (Starostová 2012) a výšku sněhové pokrývky stanice neměří.

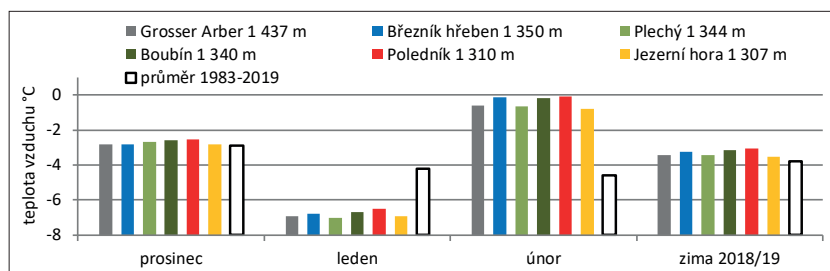
Z toho vyplývá v nejvyšších polohách potřeba zvýšené kontroly a údržby stanic, v zimním období zejména v důsledku námrazy, v letním období většinou kvůli ucpávání srážkoměru. Při interpretaci hodnot (nejen teploty vzduchu) je pak potřeba zohlednit i umístění jednotlivých stanic, kdy stanice Plechý je na vrchovišti níže pod vrcholem, Březník hřeben na horské vrcholové louce uprostřed obnovujícího se lesa, Jezerní hora na holé ploše pod vrcholem po rozsáhlých polomech, Poledník na kalamitní vrcholové holině a Boubín na zalesněné mýtině v horském smrkovém lese. V případě teploty vzduchu je tedy možné ve výsledku očekávat nepatrně nižší průměrné hodnoty vlivem výraznějších nočních poklesů při jasné obloze na stanicích Plechý a Jezerní hora, ve srovnání třeba s Boubínem či Poledníkem. Na všech lokalitách se dá předpokládat jejich určitý vývoj a postupná změna podmínek, opomenout nelze právě v nejvyšších polohách Šumavy rozpad stromového patra vlivem gradace lýkožrouta smrkového (kůrovce *Ips typographus*) a současnou počáteční fázi vývoje obnovy lesa. Nicméně snaha je, jak vlastní instalací tak provozem, tyto změny minimalizovat a zohlednit. Ostatně vývojem svého okolí prochází i meteorologické stanice Churáňov, zejména pokud jde o okolní les, jeho růst a obhospodařování (Bednařík 2017). V tomto pohledu se naopak mezi vrcholovými stanicemi Šumavy jako nejméně problematická jeví bavorská meteorologická stanice Grosser Arber, která jako jediná na Šumavě zůstává stále nad hranicí lesa.

Porovnání dat z nejvyšších poloh Česka

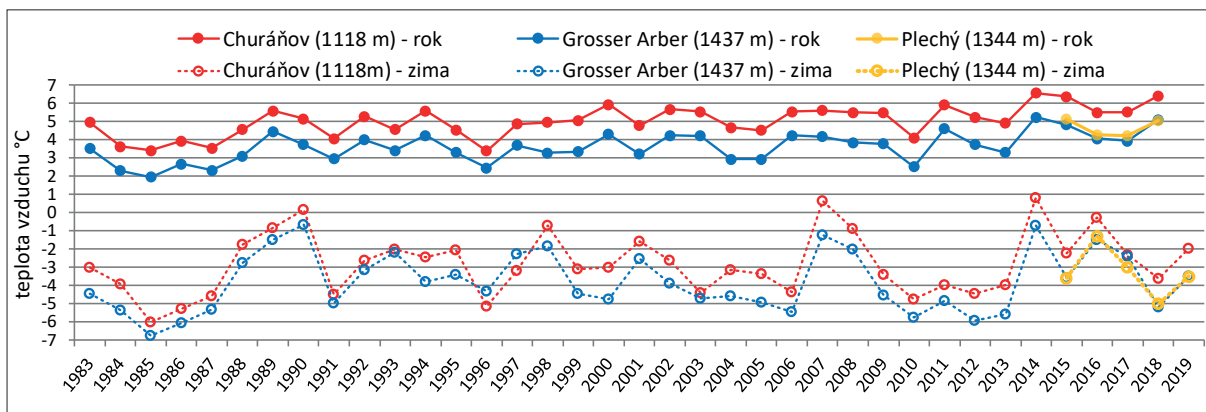
Teplota vzduchu na Šumavě

Vzhledem k výše uvedenému je tedy možné již nyní například porovnat průměrnou teplotu vzduchu během klimatologické zimy (od počátku prosince do konce února) 2018/2019 měřenou na zmíněných vrcholech Šumavy. Z porovnání vyplývá, že průměrná měsíční teplota vzduchu v průběhu hodnocené zimy na sledovaných stanicích nevykazuje výraznější odlišnosti (obr. 2), za celou zimu pak bylo přeci jen mírně chladněji na Plechém a Jezerní hoře ($-3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), naopak o několik desetin stupně tepleji na Poledníku a Boubíně ($-3,0$, resp. $-3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$). Pro hodnocení a porovnání zimy byl využit dlouhodobý průměr teploty vzduchu stanice Grosser Arber z období 1982–2018 (Wetterzentrale 2019).

Pokud jde o delší časové řady, mohl být ze Šumavy porovnán průběh a rozdíl průměrné teploty vzduchu za jednotlivé roky a klimatologické zimy mezi Churáňovem a stanicí Grosser Arber. Hodnoty dokumentují ob-



Obr. 2 Průměrná teplota vzduchu ($^{\circ}\text{C}$) na hřebenu Šumavy v průběhu klimatologické zimy 2018/19 na vrcholových stanicích Grosser Arber, Březník hřeben, Plechý, Boubín, Poledník a Jezerní hora, v porovnání s dlouhodobým průměrem ze stanice Grosser Arber (1982–2018, Wetterzentrale 2019).

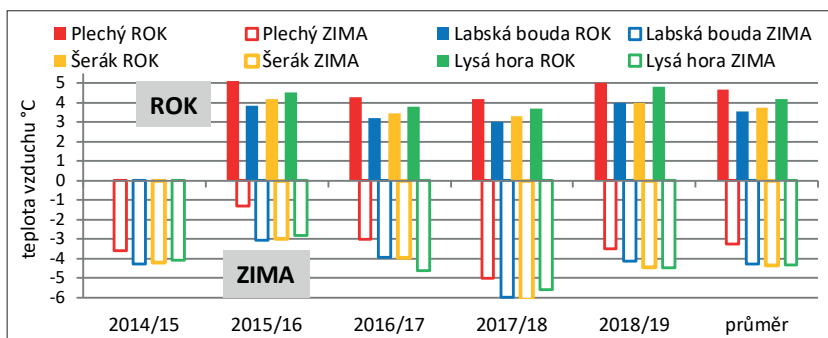


Obr. 3 Průměrná roční teplota vzduchu a průměrná teplota vzduchu (°C) za klimatologickou zimu na stanicích Grosser Arber a Churáňov od roku 1983 do roku 2018 (zdroj dat: Wetterzentrale 2019 a ČHMÚ 2019), na stanici Plechý za poslední čtyři roky a pět zim.

dobí mezi roky 1983 až 2018 a jsou pro ilustraci doplněny o dosavadní měření ze stanice Plechý (obr. 3). Teplota vzduchu na stanicích Plechý a Grosser Arber je z posledních let velmi podobná, zatímco rozdíl v roční teplotě vzduchu na Churáňově činí dlouhodobě v průměru téměř jeden a půl stupně, v případě zimy je to průměrně jeden stupeň Celsia.

Porovnání teploty vzduchu mezi pohořími

Pro porovnání Šumavy s dalšími vyššími pohořími Česka byly vybrány stanice ve srovnatelné nadmořské výšce, a to z Krkonoš stanice Labská bouda, z Jeseníků stanice Šerák a z Beskyd stanice Lysá hora. Jak bylo zmíněno, na Šumavě je z našich hřebenových stanic se standardním měřením teploty vzduchu nejdéle v provozu stanice Plechý (od podzimu 2014), proto bylo možné dočtenou šumavskou stanicí pro účely tohoto příspěvku porovnat s ostatními za posledních pět



Obr. 4 Porovnání teploty vzduchu (°C) vybraných vrcholových stanic v letech 2015 až 2018 a během klimatologické zimy (prosinec–únor) 2015/16 až 2018/19.

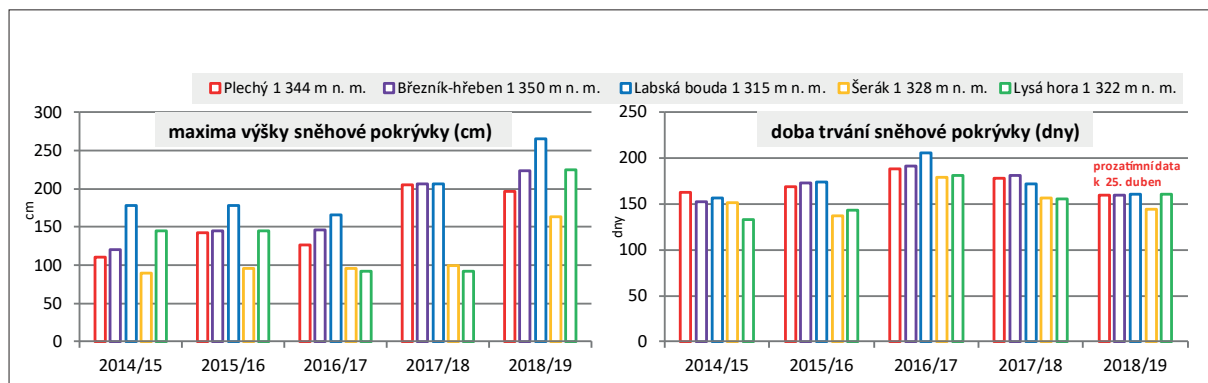
klimatologických zim a čtyři kalendářní roky. Důvodem porovnání je mj. poukázat na rozdílnost teploty vzduchu v podobné nadmořské výšce mezi Šumavou na jihozápadě a pohořími v severní a severovýchodní části Česka. Z hodnot v grafu (obr. 4) je zřejmé, že nejvyšší polohy Šumavy jsou z hlediska teploty vzduchu o poznání teplejší, a to zejména v zimním období, kdy je zde dosavadní naměřená průměrná teplota $-3,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, zatímco u ostatních stanic je to pod $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Průměrnou roční teplotu v posledních čtyřech letech má stanice Plechý $4,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, odchylka roční průměrné teploty vzduchu od stanice Plechý je v případě Lysé hory $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, Šeráku $-0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ a Labské boudy $-1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. V případě klimatologické zimy činí rozdíl od stanice Plechý u všech srovnávaných stanic přibližně $-1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Porovnání maximální výšky sněhové pokrývky a počtu dnů se sněhovou pokrývkou

Podobně se nabízí porovnání maximální výšky sněhové pokrývky a počtu dnů se souvislou sněhovou pokrývkou mezi vybranými stanicemi Šumavy Plechý a Březník hřeben, kde se sníh pravidelně měřil ještě před instalací meteorologické stanice, a stanicemi z ostatních pohoří (obr. 5).

Závěr

Aktivity a spolupráce vedoucí k realizaci a provozu automatických meteorologických stanic na vybraných vrcholech Šumavy umožňují v současné době získávat chybějící relevantní poznatky z nejvyšších poloh české části pohoří.



Obr. 5 Porovnání maximální výšky sněhové pokrývky (max, v cm) a počtu dnů se sněhovou pokrývkou (dny) na vybraných horských stanicích v zimních sezónách 2015/16 až 2018/19 (zdroj dat: vlastní a ČHMÚ 2019).

Pět klimatologických zim sice není v meteorologii dostatečně dlouhá doba na odpovídající závěry, ale předložený příspěvek naznačuje určité možnosti a perspektivy pokračujícího monitoringu do budoucna, ať už jde o prezentované měření a hodnocení teploty vzduchu a sněhové pokrývky, nebo související měření jako jsou úhrn srážek nebo vodní hodnota sněhu. Ač není provoz automatických meteorologických stanic na hřebenech hor bez stálé obsluhy vůbec jednoduchý a zaručený, je snaha jej do budoucna zachovat i včetně dalších souběžných měření na Šumavě tak, aby jeho výsledky byly přínosem nejen z hlediska meteorologie a klimatologie, ale aby poskytovaly relevantní výstupy pro další vědní disciplíny i pro širokou veřejnost.

Literatura:

- BEDNAŘÍK, J., 2017. MS Churáňov – historie a současnost. In: *120 let meteorologických měření a pozorování na Lysé hoře. Sborník příspěvků z konference pořádané Českým hydrometeorologickým ústavem a Českou meteorologickou společností konaným na Lysé hoře ve dnech 14.–15. června 2017.* 1. vydání, Praha: ČHMÚ. s. 105–108, ISBN 978-80-87577-68-4.
- ČHMÚ, 2019. Databáze klimatologických dat Českého hydrometeorologického ústavu.
- PROCHÁZKA, J., ROLČÍK, I., VOJVODÍK, A., MATOUŠEK, M., 2017. Aktivita amatérských nadšenců pro doplnění poznatků o klimatu Šumavy. *Meteorologické zprávy*, roč. **70**, č. 5, s. 143–148, ISSN 0026-1173.
- ROLČÍK, I., PROCHÁZKA, J., VOJVODÍK, A., 2017. Síť amatérských a profesionálních meteorologických stanic na zajímavých místech Šumavy. In: *120 let meteorologických měření a pozorování na Lysé hoře. Sborník příspěvků z konference pořádané Českým hydrometeorologickým ústavem a Českou meteorologickou společností konaným na Lysé hoře ve dnech 14.–15. června 2017.* 1. Vydání, Praha: ČHMÚ. s. 105–108, ISBN 978-80-87577-68-4.
- STAROSTOVÁ, M., 2012. Měření srážek totalizátory na Šumavě. *Meteorologické zprávy*, roč. **65**, č. 6, s. 180–183. ISSN 0026-1173.
- Wetterzentrale, 2019. Klima archiv [online]. [cit. 15. 3. 2019]. Dostupné z [www: wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de).

Shrnutí poznatků z mrazových lokalit Šumavy – Perla a Rokytská

ANTONÍN VOJVODÍK¹, JOSEF JINDRA², JAN PROCHÁZKA³

¹ SUMAVA.EU, antonin.vojvodik@seznam.cz, ² SUMAVA.EU, ³ SUMAVA.EU a Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, České Budějovice, prochaz@zf.jcu.cz

Úvod

Mrazové lokality Šumavy jsou dnes již obecně známy nejen mezi meteorology, ale i mezi širokou veřejností. Je tomu zejména proto, že jsou ve všech typech médií často připomínány při výskytu velmi nízkých teplot, a to v průběhu celého roku. Zpravidla se nejčastěji jedná o informace o nejnižší teplotě vzduchu naměřené na stanicích Kvilda – Perla nebo Rokytská slať. Těmto dvěma stanicím by se měl především věnovat i tento příspěvek avšak nejen výhradně naměřeným extrémům, ale i jejich historii, časové řadě měření a souvislostí se specifickým klimatem Šumavy. Pro účely tohoto příspěvku byly hodnoceny časové řady minim teploty vzduchu od roku 2005 a použity převážně zavedené zkrácené (pracovní) názvy stanic, a to Perla a Rokytská.

Co předcházelo a jak vznikaly stanice mrazových lokalit

Nelze si ovšem nepřipomenout, co předcházelo vzniku zmíněných stanic. Jak bylo mnohokrát popsáno, prvopočátkem zavedení měření na chladných lokalitách Šumavy byla inspirace v ranních jinovatkách uprostřed léta na travních luk a pastvín v oblasti Kvild pozorovaných již v 70. letech. Souvislé měření teploty vzduchu v těchto místech přineslo první doložitelné výsledky z Horské Kvildy (Vojvodík 1984) a bylo podnětem pro stavbu meteorologických budek s měřením teploty vzduchu na více místech v nedalekém okolí. Postupně se prokazovalo, že neobvykle nízké teploty na kvildských pláních nejsou jen ojedinělým, ale spíše často opakujícím se jevem (Vojvodík 1986, 1987). Měření bylo za přispění několika dalších dobrovolných pozorovatelů v 80. letech rozšířeno na mnoho dalších chladných lokalit Šumavy (Kvilda Perla, Kvilda Pila, Borová Lada, Březová Lada, Zátoň, Hliniště, Strážný Kořený, Filipova Huť, Modrava, Březník, Rokytská slať, Rokytka-soutok....) a přineslo komplexnější poznatky o teplotních zvláštěnostech Šumavy (Křivancová 1991). Na některých chladných lokalitách měří tyto meteorologické stanice dodnes s již více než 30letou pozorovací řadou, navíc se staly i součástí sítě stanic Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). Proměňování bylo v průběhu následujících let rozšířeno na další chladné lokality, často dříve nebo i dnes trvale obydlené (Knížecí Pláně, Žďárek, Nové Údolí, Šindlov Paseka, Volary Luční potok, Volary Mlýnská, Arnoštov, Pasečná, Dolní Světlé Hory). Na některých z těchto lokalit vznikly další stanice, jež dokumentují, že výskyt neobvykle nízkých teplot není na Šumavě jen specifikem několika málo míst mimo civilizaci v oblasti Kvildských a Modravských plání.

Výskyt velmi nízkých teplot v průběhu roku je kromě vyjasnění a utišení větru podmíněn souběhem několika dalších zásadních faktorů: 1) se stoupající nadmořskou výškou stoupají i hodnoty efektivního vyzařování vůči jasné obloze umožňující výraznější podchlazování zemského povrchu, 2) mělký pánevní tvar terénu (optimální není ani úplná rovina, ani prudší okolní svahy) umožňující pozvolné stékání podchlazeného vzduchu do nižších partií bezlesé enklávy, 3) ohraničení širší bezlesé enklávy okolním lesem, někdy označováno jako tzv. jev polany (velká enkláva volného prostranství mezi lesy, Krečmer 2001), které zamezuje rychlejšímu proudění vzduchu a výměně tepla s okolím a vytváří tak v dané enklávě vhodné podmínky pro pokles teploty, a to i v nížinách, 4) odizolování povrchu



Obr. 1 Meteorologické stanice s blízkým okolím a) Perla v mělké sníženině podél Kvildského potoka a b) Rokytská na pláni mezi slatěmi u říčky Rokytky (foto: J. Procházka, březen 2018).

lokality od výměny tepla se zemí (s půdou) v létě např. hustou vrstvou nových a starých nerozložených travin (stařina) s oschlým povrchem, v zimě v případě výskytu sněhové pokrývky pak dostatečnou vrstvou prachového sněhu s nízkou vlhkostí (hustotou), 5) uzávěr v nejnižším bodě údolní enklávy ve formě „terénní přehrady“, jímž může být terénní val (poldr, násep cesty apod.) nebo hradba lesa, který brání odtoku a umožňuje hromadění při zemi stékajícího studeného vzduchu do mocnější vrstvy.

Proměřování a budování meteorologických stanic bylo v posledních letech realizováno v rámci aktivit neformálního spolku šumavských meteo-nadšenců SUMAVA.EU a neomezilo se pouze na Šumavu. Podařilo se zprovoznit měření na chladných místech i v jiných pohořích, jako jsou Novohradské, Krušné, Jizerské nebo Orlické hory (Vojvodík a kol. 2017). Samozřejmě pokud jde o plochu a osídlení mrazových lokalit, je v tomto v rámci Česka jasně dominantní Šumava.

Historie Perly a Rokytské

Název příspěvku avizuje pouze dvě konkrétní šumavské stanice, proto se v další části text zaměřuje již jen právě na tyto.

Stanice Kvilda Perla vznikla po několikerém přestavování a výměně stanic na Horské Kvildě, na základě předchozího proměřování a díky snaze „mrazově“ podchytit širší oblast Kvildských plání. Stanice tak měří teplotu vzduchu od října 1985 a nachází se mezi obcemi Kvilda a Horská Kvilda v mělké sníženině Kvildského potoka vytékajícího z Jezerní slatě jihovýchodním směrem. To je i hlavní směr stékání studeného vzduchu po podchlazeném povrchu při nočním vyjasnění. Původně se stanice označovala jako Kvilda-Pláň pod Jezerní slatí. Tento delší název zřejmě také přispěl k nejasnému označování stanice zejména mediálními prostředky, kdy se objevovaly názvy jako Kvilda Pláň, Kvilda Jezerní slat', Jezerní slat', Horská Kvilda Jezerní slat', stanice v Jezerních slatích a podobně. Toto z pohledu ochrany přírody nežádoucí mediální „umístování“ stanice do přísně chráněné nedaleké rezervace Jezerní slatě vedlo k ustálení názvu Kvilda Perla, a to i proto, že tato stanice byla mezi dosavadními opravdu perlou, pokud jde o zaznamenávání výjimečně nízkých hodnot teploty vzduchu. V roce 2010 došlo k automatizaci stanice, díky českobudějovické pobočce ČHMÚ byl zajištěn přenos dat a zařazení do sítě stanic.

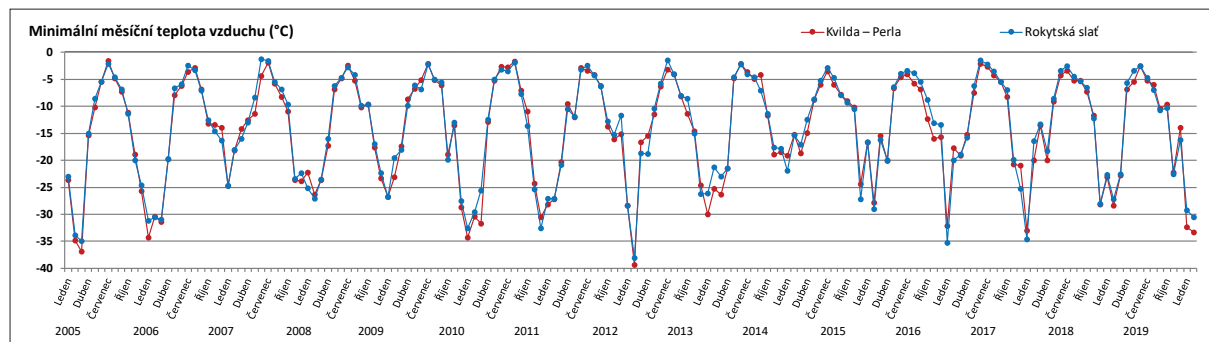
Stanice Rokytská slat' má jen o něco kratší historii. Protože její lokalita se v 80. letech nacházela v nepřístupném hraničním pásmu za „dráty“, byla jako mrazivě nadějná v podstatě vytipována na základě informací ze starých praporepublikových průvodců a z přesnějších terénních map Šumavy dovezených tehdy ze západního Německa. Díky pomoci místního hajného Vladislava Valečky z Filipovy Hutě se podařilo v jeho lesním revíru za „dráty“ na určené lokalitě postavit první meteorologickou budku a od podzimu 1987 tam mohla být zaznamenávána první minima teploty vzduchu. Stanice je umístěna na východním okraji rovinaté bezlesé pláně Rokytecké slatě u říčky Rokytky, od toho nakonec i zavedený jen mírně odlišný název stanice Rokytská slat'. Vzhledem k její odlehlosti a špatné dostupnosti nejsou z prvních let kompletní všechny záznamy teploty vzduchu, navíc zde byly snahy i o její zrušení. Nicméně stanici se podařilo zachovat a díky aktivitě meteorologů z pražské pobočky ČHMÚ naopak došlo v červnu 2009 k její automatizaci, zajištění přenosu dat a zařazení do sítě stanic.

O historii a strastech spojených s úsilím při založení a udržení provozu dotčených stanic by se dalo napsat mnoho. Zde je však podstatné, že stanice již dlouhodobě poskytují z těchto míst v polohách nad 1 000 m n. m. cenné informace o teplotě vzduchu v průběhu celého roku, nejen zveřejňovaná nízká minima.

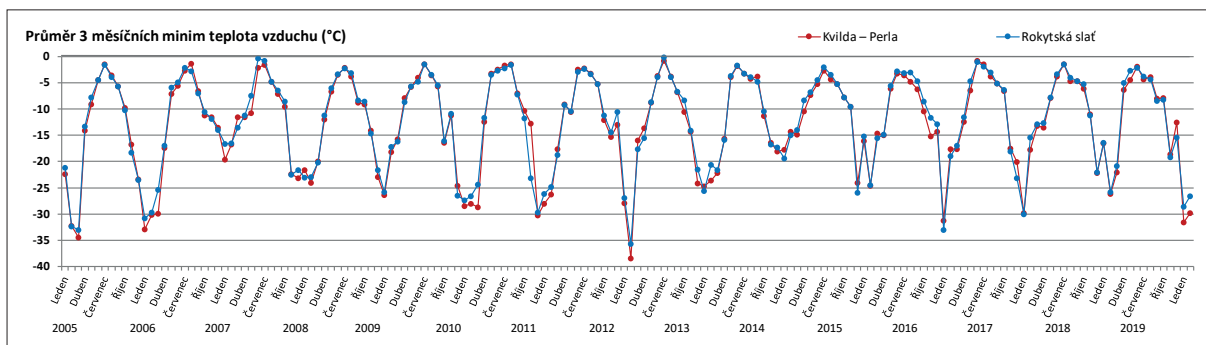
Která stanice je mrazivější, Perla nebo Rokytská?

Vzhledem k dostupnosti kompletních časových řad teploty vzduchu mohly být porovnány naměřené údaje od roku 2005. Z grafického znázornění měsíčních minim teploty vzduchu a jejich průběhu v období 2005 až 2018 nevyplývá větších rozdílů mezi stanicemi Perla a Rokytská (obr. 2). Podobně je tomu, pokud jsou znázorněny průměry ze tří nejnižších hodnot v měsíci (obr. 3).

Za účelem vyjádření rozdílů v mrazivosti hodnocených stanic se přistoupilo k číselnému porovnání ročního průměru minimálních měsíčních teplot, a to jednak průměru z pouze nejnižších a jednak průměru ze tří nejnižších v měsí-



Obr. 2 Průběh měsíčních minim teploty vzduchu na stanicích Perla a Rokytská od roku 2005.



Obr. 3 Průběh průměru ze tří měsíčních minim teploty vzduchu na stanicích Perla a Rokytská od roku 2005.

ci. V porovnání průměru pouze nejnižších minim za roky 2005 až 2018 vyšla jako chladnější stanice Perla 10krát, Rokytská 1krát a 3 roky byly stanice v průměru stejně mrazivé. V porovnání ročního průměru z průměrů tří nejnižších měsíčních hodnot teploty vzduchu vyšla mrazivější Rokytská jen ve třech letech, ve zbývajících 11 byla mrazivější Perla (tabulka 1).

Zajímavé porovnání poskytuje vyjádření absolutních měsíčních minim zaznamenaných na hodnocených stanicích od roku 2005. Zatímco v únoru a březnu jsou doposud zjevně nižší minima ze stanice Perla, v listopadu a prosinci jsou nižší hodnoty ze stanice Rokytská (obr. 4).

V případě průměrů měsíčních minim teploty vzduchu jsou již výsledky vyrovnanější pro všechny měsíce, jen květen vychází zřetelněji a březen mírněji chladnější na Perle (obr. 5).

Pokud se vyjádří průměr ze tří nejnižších hodnot v měsíci, vychází zřetelněji mrazivější pro Perlu kromě května i únor, mírně pak leden, březen a říjen, zatímco pro Rokytskou vychází mírně mrazivější listopad (obr. 6).

Tab. 1 Roční průměry nejnižších měsíčních minim a tří nejnižších měsíčních minim teploty vzduchu (°C) ze stanic Perla a Rokytská v období 2005 až 2018.

Rok	Perla		Rokytská		Mrazivější stanice	
	z 1. minima	z 3 minim	z 1. minima	z 3 minim	z 1. minima	z 3 minim
2005	-16,3	-14,8	-15,9	-14,6	Perla	Perla
2006	-15,3	-14,2	-15,1	-13,5	Perla	Perla
2007	-13,3	-11,8	-12,6	-10,9	Perla	Perla
2008	-14,1	-12,4	-14,1	-12,1	–	Perla
2009	-13,5	-11,7	-13,0	-11,9	Perla	Rokytská
2010	-16,2	-13,9	-16,1	-14,3	Perla	Rokytská
2011	-13,2	-12,1	-12,8	-11,6	Perla	Perla
2012	-15,3	-14,1	-15,3	-13,6	–	Perla
2013	-14,3	-12,4	-13,4	-12,1	Perla	Perla
2014	-12,5	-10,3	-11,9	-10,2	Perla	Perla
2015	-12,7	-11,2	-11,7	-10,2	Perla	Perla
2016	-13,0	-11,7	-13,4	-12,0	Rokytská	Rokytská
2017	-13,4	-11,3	-12,8	-10,9	Perla	Perla
2018	-13,0	-11,1	-13,0	-11,0	–	Perla
průměr	-14,0	-12,4	-13,7	-12,1	Perla	Perla

Závěr

Porovnání stanic Perla a Rokytská pokud jde o jejich mrazivost za období let 2005–2018 vychází zpravidla ve prospěch Perly, a to nejen v případě absolutních minim, ale i v průměru nejnižších měsíčních hodnot v jednotlivých měsících a sledovaných letech. Rozdíly nejsou nijak zásadní a příspěvek ani v tomto neobsahuje širší závěry, spíše jen doplňuje informace o stanicích jako takových a poskytuje ukázkou dat a jejich zpracování. Nutno ale podotknout, že stanice neměří pouze minima, nýbrž měří teplotu vzduchu po celé dny, měsíce i roky. Zaznamenávají a poskytují tedy údaje o teplotě vzduchu kontinuálně jako každá jiná obdobná stanice v síti CHMÚ, odráží teplotní poměry vzhledem k jejich nadmořské výšce a okolí. Dokumentují samozřejmě také specifické poměry dotčených lokalit zejména při nočním vyjasnění a uklidnění větru, kdy i díky vyšší nadmořské výšce v tomto případě dochází k prudkým a výrazným poklesům teploty vzduchu. Velmi nízké teploty pak následně působí na živé i neživé složky okolního prostředí, jejichž následné projevy nelze bez těchto seriálních měření zcela zodpovědně interpretovat. Stojí zato se provozu Perly a Rokytské i nadále svědomitě věnovat.

Poděkování:

Autoři děkují mimo jiné ČHMÚ za spolupráci při provozu stanic, přenosu, správě a poskytování dat, Správě Národního parku Šumava a jejím pracovníkům za pomoc a umožnění provozu stanic na dotčených lokalitách.

Literatura:

KREČMER, V., 2001. Vazby pěstebního a lesnicko-environmentálního výzkumu v Opočně. In: *50 let pěstebního výzkumu v Opočně*. Sborník z celostátní konference konané ve dnech 12. 9.–13. 9. 2001 v Opočně při příležitosti 80. výročí vzniku VÚLHM. [50 years of forestry research in Opočno. Proceedings from the conference ...]. Sest. A. Jurásek et al. Jiloviště-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2001, s. 81–85. ISBN 80-86461-11-4.

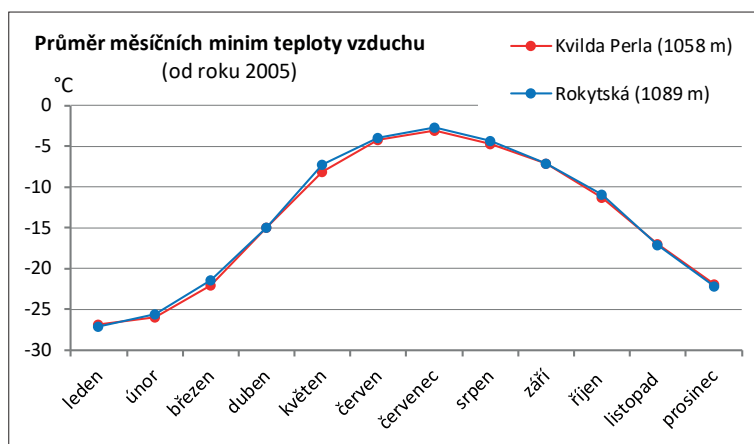
KŘIVANCOVÁ, S., 1991. Teplotní zvláštnosti Šumavy. *Meteorologické zprávy*, roč. 44, č. 5, s. 143–150.

VOJVODÍK, A., 1984. Teplotní kontrasty v létě 1983 na Šumavě. *Meteorologické zprávy*, roč. 37, č. 3, s. 77.

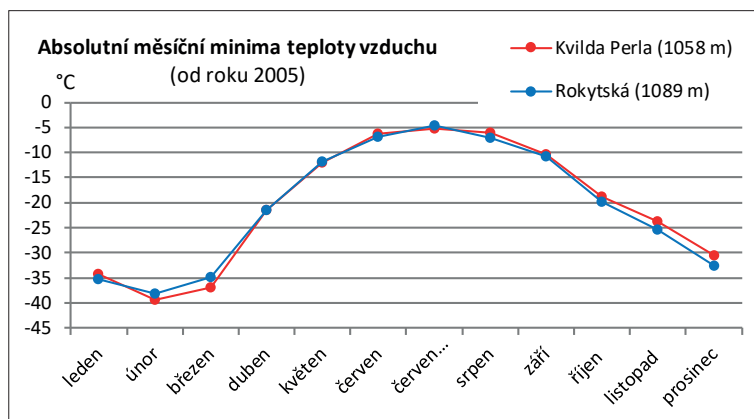
VOJVODÍK, A., 1986. Nejnižší teploty naměřené letos na Šumavě. *Meteorologické zprávy*, roč. 39, č. 4, s. 123–124.

VOJVODÍK, A., 1987. Léto 1986 na Šumavě. *Meteorologické zprávy*, roč. 40, č. 3, s. 93.

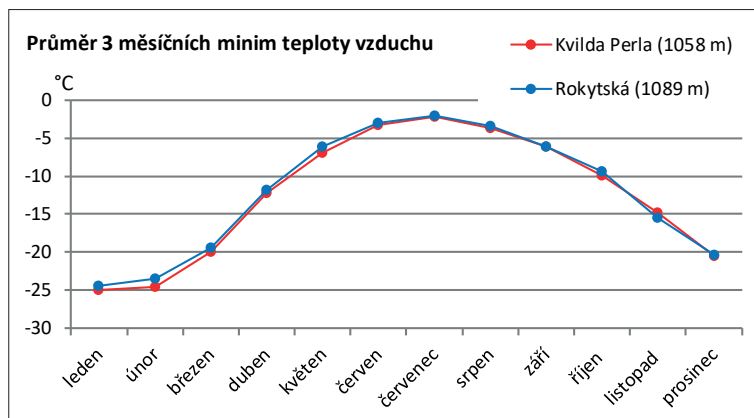
VOJVODÍK, A., JINDRA, J., PROCHÁZKA, J., 2017. „Mimo-šumavské“ aktivity v oblasti budování meteorologických stanic pro měření (nejen) nízkých teplot. Pozorování a data v meteorologii – nové produkty, jejich využití v předpovědi a dalších službách. In: *Výroční seminář České meteorologické společnosti, Deštné v Orlických horách, 12.–14. 9. 2017*. s. 15. ISBN 978-80-87577-74-5.



Obr. 4 Měsíční minima teploty vzduchu (°C) ze stanic Perla a Rokytská od roku 2005.



Obr. 5 Průměr měsíčních minim teploty vzduchu (°C) ze stanic Perla a Rokytská pro jednotlivé měsíce v období 2005 až 2018.



Obr. 6 Průměr ze tří měsíčních minim teploty vzduchu (°C) ze stanic Perla a Rokytská pro jednotlivé měsíce v období 2005 až 2018.

Březník – srdce Šumavy i z pohledu meteorologie

JAN PROCHÁZKA

Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, České Budějovice, prochaz@zf.jcu.cz a SUMAVA.EU

Úvod

Březník (dříve německy Pürstling) se dostal do podvědomí širší veřejnosti asi nejvíce díky románu Ze světa lesních samot spisovatele Šumavy Karla Klostermanna, který se odehrává převážně v těch místech v 60. letech 19. století. Přestože se o meteorologii jako takové v románu nepíše, jsou zde některé jevy a veličiny výstižně popisovány. Jde především o drsné klima, které je v oblasti Březníku prakticky po celý rok. Pro jeho charakteristiku se více než něco jiného nabízí uvedení několika úryvků ze slavného románu, tak jak je během roku Klostermann (1894) umně popisoval.

- V zimě k teplotě: „Mráz ráno i večer žíhal krutý, že sníh pod nohama hvízdal a sípěl zvukem kovovým, že vous horkým dechem ovanutý v tlusté rampouchy mrzlí i řeči bránil, svrchní šat bílým jíním se pokryl a krupěje potu po tváři se řinoucí a na oblek dopadající ve stříbrné perly se měnily; nebylo stání ni ustání, zima nedala, ku práci a pohybu nutíc“.
- V zimě ke sněhu: „Napadne tu sněhu na deset až patnáct stop (pozn. stopa česká = 29,6 cm). Po houštinách a stromcích, jimiž nyní se dereme, památky není, to je všechno hluboko pod sněhem“, nebo přímo u hájenky „Mezi myslivnou a obydlím hajného přerušeno všecko spojení; ohromné závěje položily se mezi obě budovy v nepřekročitelných, desateronásobných hradbách.“
- Dále k jaru, které zde kolikrát ani pořádně nebylo: „Duben je nejhorší měsíc; více ještě než prosinec všechny lidské tvory v domech vězní. Ráno kluzké náledí, odpoledne a večer nesmírná bělavá břecha, voda, kam jen noha stoupá. Na severních polohách tytéž závěje na mnoho metrů hluboké. Kam slunce nevniká, sníh houževnatě se drží, vodu z nebe padající napřed do sebe vsává jako houba, později tvrdne a tuhne tak, že voda po něm stéká jako po kamenných deskách; v květnu pořád ještě ty závěje ve stínu lesním, ba i v červnu ještě na některých místech se s nimi shledáš.“
- Léto je na Březníku poměrně krátké, často deštivé, navíc velmi chladné noci: „Nic, pranic neroste na Pürstlink, ani požehnaní jiných hor, Drakeův dar, zemák; jen trávu vysokou, chutnou rodí lysiny lesní, pak ostružiny, maliny a černé jahůdky“.
- Nastupující podzim: „I léto ke konci se chýlilo; byla tu druhá polovice srpna. Mrazíky padaly, pokrývající bílým jitřním jíním trávu luční i všelikou nať a kapradinu v lesních světlínách. Ve světnicích počalo se topiti.“ (Klostermann 1894).

Někdy se o Březníku píše jako o srdci Šumavy ve smyslu historickém (Staré srdce Šumavy), jindy ve smyslu ochrany přírody v Národním parku Šumava (NP Šumava) nebo i z hlediska turistiky. Zmiňován je také ve spojení s nejmalebnějším šumavským pohledem od hájenky přes mělké táhlé údolí Luzenského potoka na, pro Šumavu dosti výjimečnou, horu Luzný (Lusen 1 373 m n. m.) (obr. 2b). Tento příspěvek si klade za cíl přiblížit oblast Březníku, alespoň částečně, i jako „Meteorologické srdce Šumavy“.

Historie meteorologie na Březníku

Z hlediska meteorologie se Březník objevuje v hodnocení především díky srážkoměrné stanici, která byla u bývalé hájenky (lesovny) zřízena v roce 1879 v rámci tehdejšího poslání a aktivit Dr. Emanuela Purkyně při zakládání sítě lesnických srážkoměrných stanic. V návaznosti nato měly v té době země Koruny české nejhustší srážkoměrnou síť na světě, konkrétně se jednalo o 684 fungujících stanic z celkového počtu 861 meteorologických stanic všeho druhu v zemi (Krečmer 2012). Díky časové řadě měření, trvající souvisle jen s ojedinělými přestávkami až do roku 1948, je Březník u nás znám především z Atlasu podnebí ČSR (1958). V této souvislosti byl prostřednictvím průměrného ročního srážkového úhrnu 1 550 mm často udáván jako nejdeštivější místo Česka. Březníku si všímá již dříve i bavorská studie z počátku 20. století věnovaná oblasti druhé nejvyšší hory Šumavy Velkého Roklanu (Grosser Rachel, 1 452 m n. m.). V té se uvádí poměrně výrazný srážkový gradient od Roklanu s průměrným ročním úhrnem 2 000 mm směrem do českého vnitrozemí přes Březník s 1 454 mm až na Modravu s 1 293 mm (Thiem 1906). Na Březníku byly v souvislosti s provozem srážkoměrné stanice občasně měřeny i teploty vzduchu, výška sněhové pokrývky a zaznamenávány některé jevy počasí. Z těchto záznamů stojí za zmínku např. roční srážkový úhrn 2 132 mm v roce 1922, nebo výška sněhu 288 cm z března 1944. Mezi „předválečné“ pozorovatele srážkoměrné stanice na Březníku patřil např. hajný Walter Paleček, který byl znám díky svým ozbrojeným střetům s bavorskými pytláky, aby musel na podzim 1938 kvůli protektorátním změnám tamní hájenku opustit. V srpnu 1938 zde ještě stačil zaznamenat měsíční úhrn srážek 243 mm (zdroj dat: archiv ČHMÚ). Posledním pozorovatelem na Březníku byl v poválečném období hajný Bohuslav Vrabec, jež byli s rodinou vystěhováni pro změnu po zabrání osady Pohraniční stráž v roce 1951. Při odchodu dostali od tehdejšího lesního rady do opatrování místní zvon, který do té doby

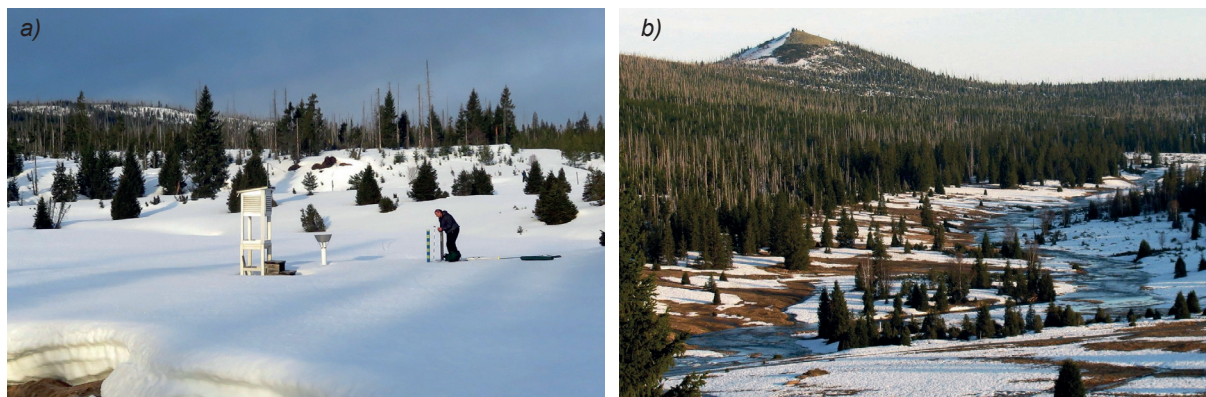


Obr. 1 Březník a) na dobové fotografii z roku 1928 (zdroj: zanikleobce.cz) a b) s rekonstruovanou hájenkou se zvonicí v únoru 2019. Foto: autor příspěvku.

mj. pomáhal zachraňovat lidské životy právě nejvíce při nepřízni počasí, které zde bylo pro trvale i dočasně žijící v tehdejších podmínkách často životu nebezpečné. Zvon mohl být zpět na Březník navrácen až v roce 2008 do zrekonstruované hájenky (obr. 1b). Jeho mnoholetá opatrovnice k tomu ve svých pamětech napsala: „Zvon, který bije jako srdce Šumavy a ke kterému mám nepopsatelný vztah, vrátím, aby mohl i dalším generacím připomínat svým hlasem doby minulé, historii a vše, co k Březníku, k tomu nejkrásnějšímu koutu Šumavy patří.“ (Vrabcová 2008).

Počátky a vývoj novodobého pozorování

Přestože na Březníku fungovala do roku 1978 pohraniční rota, na místě samotném se v tom období počasí dále nezaznamenávalo. Meteorologická pozorování se podařilo postupně obnovit až od podzimu 1986 panu Antonínu Vojvodíkovi z Vimperka, který přesně vytypoval lokalitu a připravil žaluziovou budku s extrémními teploměry pro vlastní instalaci stanice. Tu následně provedl pan Vladislav Valečka z Filipovy Hutě, který díky speciálnímu povolení pro vstup do tehdejšího přísně střeženého hraničního pásma („za dráty“) mohl jako místní hajný a dobrovolný pozorovatel srážkoměrné stanice Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) Filipova Hut' provádět soustavná měření. V roce byla stanice doplněna týdenním termografem, čímž v údolí mezi horami Luzný, Špičnický a Velká Mokrůvka v nadmořské výšce 1 137 m n. m. vzniká novodobá pozorovací řada teploty vzduchu z Březníku. Souběžně byla pozorována i výška sněhové pokrývky, k záznamům se postupně přidalo i měření měsíčních srážek. Po pádu železné opony v roce 1989 se do měření směl již naplno zapojit i Antonín Vojvodík a od roku 2003, kdy se Vladislav Valečka rozhodl odejít do důchodu a z Filipovy Hutě, jsou mu zdatnými pomocníci v pozorování počasí také pracovníci Národního parku Šumava. Po sněhově bohatých zimách byla původní budka v roce 2010 vyměněna za novou a vyvýšena na výšku dna až na 3 m, k tomu patří i 150 cm vysoké schůdky (obr. 2a). V roce 2011 dochází k automatizaci stanice, s níž je spojen i přenos dat a zařazení Březníku do sítě stanic ČHMÚ. Letošním rokem je tímto k dispozici již 32 let dlouhá řada měření, kterou pan Vojvodík s dalšími dobrovolníky na vlastní náklady, později ve spolupráci s ČHMÚ, dokázal v tak odlehlém místě jako je Březník pečlivě zaznamenat. Společně s teplotou vzduchu zde byla pozorována i výška sněhové pokrývky, následně se započalo i s měřením srážek (měsíční úhrny). V roce 1991 byl jižně od Březníku díky ČHMÚ instalován totalizátor za účelem měření letního a zimního úhrnu srážek a na Březnickém potoce pod bývalou hájenkou je Přírodovědeckou fakultou Univerzity Karlovy od roku 2007



Obr. 2 Údolí Březníku a) se současnou meteorologickou stanicí (1 137 m n. m., foto: autor, březen 2018), b) s pohledem od hájenky na rozvodněný Luzenský potok a vrchol Luzný (1 373 m n. m., duben 2018, zdroj: SUMAVA.EU).

provozována automatická meteorologická stanice, ovšem jejíž měření zejména v zimním období i vzhledem k solárnímu napájení není vždy zcela spolehlivé (Starostová 2012). Na hraničním hřebeni nad Březníkem v nadmořské výšce nad 1 350 m n. m. byla, díky aktivitám neformálního spolku SUMAVA.EU, zprovozněna meteorologická stanice Březník-hřeben. Stanice byla v roce 2016 automatizována a zařazena do sítě stanic ČHMÚ, aby tak více přiblížila meteorologická specifika této centrální části Šumavy i v jejích nejvyšších polohách (Procházka a kol. 2017, Rolčík a kol. 2017). K monitoringu Březníku významným způsobem přispívá i snímání celého údolí až k vrcholu Luzný prostřednictvím webové kamery s vysokým rozlišením, které je realizováno v režii SUMAVA.EU ve spolupráci s NP Šumava od října 2011 (obr. 2b). Na snímcích jsou vizualizovány i údaje z uvedených meteorologických stanic Březník a Březník-hřeben.

Teplotní charakteristika současného Březníku

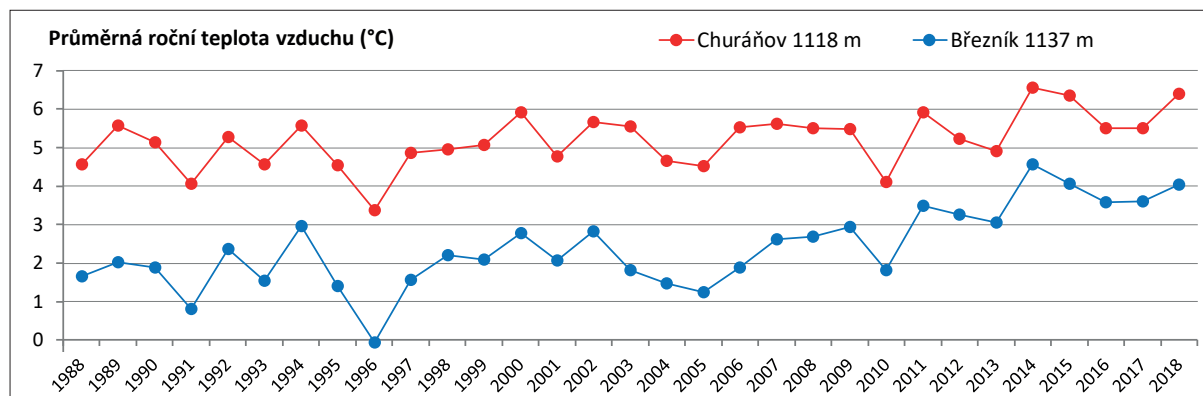
Zatímco původní srážkoměrná stanice byla spojena s bývalou hájenkou na jižním svahu nad širokým údolím, současná meteorologická stanice je provozována na rovinatější pláni s rozvolněnými mrazovými formami smrku přímo u Luzenského potoka (obr. 2). Z hlediska teploty vzduchu, jak bylo zmíněno, jsou z této stanice do současné doby k dispozici údaje za více než 30 let měření, tedy dostatečně dlouhá doba pro odpovídající hodnocení. Průměrná roční teplota je zde za období 1988–2018 naměřena 2,4 °C s maximem 4,6 °C (v roce 2015) a s minimem -0,1 °C (v roce 1996). Z průběhů průměrné roční teploty je zřejmé, že i zde dochází k postupnému oteplování, nejvýraznější nárůst je pak viditelný v posledních přibližně 10 letech (obr. 3). Dlužno poznamenat, že celou oblast Březníku zasáhla kůrovcová kalamita, kdy došlo k uschnutí stromového patra naprosté většiny okolního lesa. V současné době je již les znovu ve fázi neobvykle rychlé obnovy vzhledem k drsným klimatickým podmínkám. Do jaké míry se tyto změny projeví v hodnotách standardně měřené teploty vzduchu, mohou dokumentovat údaje z meteorologické stanice. V současné době je možné poukázat na výjimečnost Březníku porovnáním teploty vzduchu s kvalitní časovou řadou ze stanice ČHMÚ na Churáňově, která se nachází v podobné nadmořské výšce (1 118 m n. m.), ale mimo centrální část na vnějším vrcholu pohoří. Zřejmé jsou zde rozdíly jak v průměrné teplotě vzduchu, tak i v trendu růstu teploty, kdy na Březníku je zjevně o něco výraznější (obr. 3).

Porovnání průměrných teplot z podobné nadmořské výšky Březníku a Churáňova jen dokladuje chladné klima této lokality, která přestože se zde poslední roky výrazněji otepluje, patří celkově vůbec mezi nejchladnější v celém Česku. Za zmínku jistě stojí na Březníku zaznamenané absolutní minimum -40,4 °C z 30. ledna 1987 a maximum 30,3 °C z 9. srpna 1992, tedy rozdíl na jednom místě více než 70 °C.

Měření sněhu a srážek

Oblast Březníku je z pohledu srážek a sněhu pravým srdcem Šumavy, vyznačuje se vysokým úhrnem srážek a v zimě zpravidla sněhovou „jistotou“ po celou dobu jejího trvání s přesahem často do pozdního jara. Je to díky relativně vysoké nadmořské výšce celé oblasti, chladným nocím a především poloze v centrální části pohoří blízko návětrí vůči převládajícímu proudění při zimních srážkách. To dobře dokreslují výsledky měření totalizátorem ČHMÚ v jižní části údolí Březníku (Hraniční slat, 1 154 m n. m.) v práci Starostové (2012), kde se uvádí průměrný roční úhrn srážek 1845 mm (za období 1992–2010), Vavruška (2011) navíc dokumentuje významnější podíl zimních srážek nad tím v letní polovině roku. V lokalitě současné meteorologické stanice Březník jsou roční úhrny srážek poněkud nižší, zřejmě větší vzdáleností (1,5 km) od návětrného hřebene než je totalizátor ČHMÚ. I tak zde však srážky za období 1988 až 2018 dosahují průměrné hodnoty kolem 1 600 mm za rok, zatímco srovnatelně vysoko položený Churáňov má za stejné období úhrn srážek přibližně o 500 mm nižší (obr. 4).

Podobné srovnání se nabízí v případě sněhové pokrývky, kdy průměrné sezónní maximum výšky sněhové pokrývky na Březníku činí za sledované období 154 cm, zatímco na Churáňově je to v podstatě polovina (78 cm).



Obr. 3 Průměrná teplota vzduchu na stanicích Březník (1 137 m n. m.) a Churáňov (1 118 m n. m.) od roku 1988 (zdroj dat: A. Vojvodík a ČHMÚ).

Zřejmý je v posledních letech na obou lokalitách úbytek sněhové velmi bohatých zim (obr. 5).

Závěr

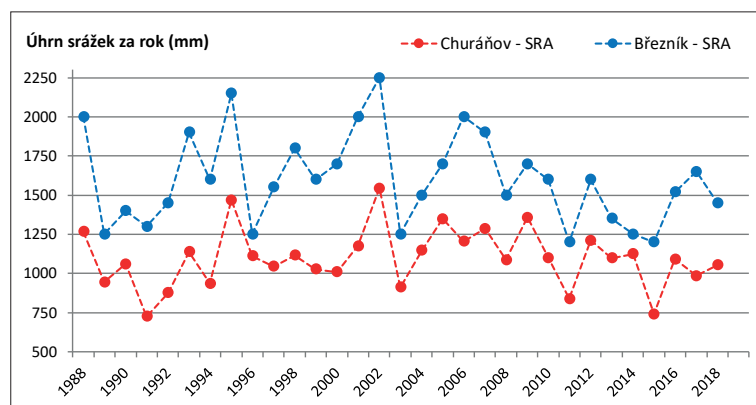
Žádné jiné území v pohořích Česka nemá tak rozlehlou souvislou plochu v polohách nad 1 000 m n. m. jako je území střední Šumavy v oblasti Modravských a Kvildských plání. Březník je právě v centru – srdci této oblasti. Z toho vyplývá díky drsnému klimu i určitá jedinečnost této lokality z meteorologického hlediska, jak zde dokumentují některé údaje o teplotě vzduchu, úhrnu srážek či sněhové pokrývce. Tyto údaje mají poměrně dávnou, ale i velmi současnou historii. Jejich význam v oblasti meteorologie i dalších oborech a oblastech lidského poznávání nejen na Šumavě bude nepochybně více, než je tomu doposud, doceněn v budoucnu. Právě proto, stojí zato se dnes odpovědnému pozorování a záznamům meteorologických prvků zodpovědně věnovat tak, aby byl Březník tím pravým srdcem Šumavy z meteorologického hlediska i do budoucna.

Poděkování:

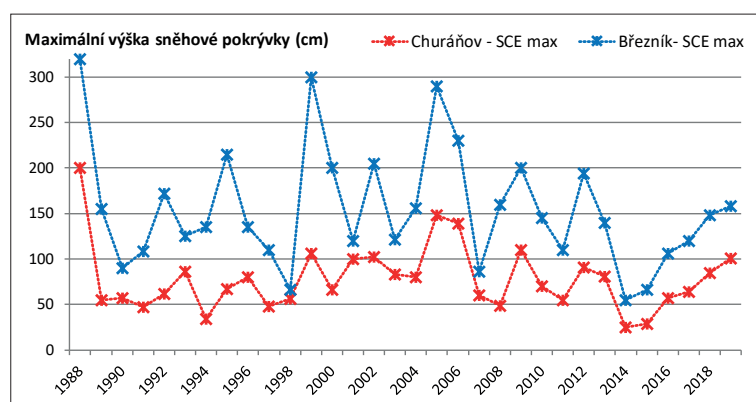
Poděkovat se sluší zejména panu Antonínu Vojvodíkovi za dlouholeté úsilí při provozování meteorologické stanice a shromažďování poznatků, taktéž za laskavé poskytnutí dat s Březníku, panu Vladislavu Valečkovi a pracovníkům Správy NP Šumava (zejména Jiřímu Demeterovi) za významnou pomoc s provozem stanice a sběrem meteorologických dat. Dík patří ČHMÚ za poskytnutí historických pramenů ze srážkoměrné stanice Březník a meteorologických dat z Churáňova, v neposlední řadě i Správě NP Šumava za umožnění provozu meteorologických stanic a souběžných pozorování v tomto jedinečném území.

Literatura:

- KREČMER, V., 2012. Otec mikroklimatologie – 130 let od smrti dr. Emanuela Purkyně (1831–1882). *Vesmír*, roč. **91**, č. 5, s. 263–265.
- PROCHÁZKA, J., ROLČÍK, I., VOJVODÍK, A., MATOUŠEK, M., 2017. Aktivity amatérských nadšenců pro doplnění poznatků o klimatu Šumavy. *Meteorologické zprávy*, roč. **70**, č. 5, s. 143–148, ISSN 0026-1173.
- ROLČÍK, I., PROCHÁZKA, J., VOJVODÍK, A., 2017. Síť amatérských a profesionálních meteorologických stanic na zajímavých místech Šumavy. In: *120 let meteorologických měření a pozorování na Lysé hoře. Sborník příspěvků z konference pořádané ČHMÚ a ČMeS konaným na Lysé hoře ve dnech 14.–15. června 2017*. 1. vydání, Praha: ČHMÚ. s. 105–108, ISBN 978-80-87577-68-4.
- STAROSTOVÁ, M., 2012. Měření srážek totalizátory na Šumavě. *Meteorologické zprávy*, roč. **65**, č. 6, s. 180–183. ISSN 0026-1173.
- SYROVÝ S. a kol., 1958. Atlas podnebí ČSR. Ústřední správa geodézie a kartografie, Praha.
- THEIM, F., M., 1906. *Biogeographische Betrachtung des Rachel*. Abhandlungen der Naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg 16. 1–137.
- VAVRUŠKA, F. 2011. Měření srážek totalizátory na Šumavě. Výsledky měření srážek za 20 let v málo prozkoumaných částech Šumavy, časopis Šumava č. 3, 2011, s. 16–17.
- VRABCOVÁ, E., 2008: Z mého života na Březníku 1. vyd. Veselí nad Lužnicí [i.e. Vysoké Mýto]: AAA Atlantik. 56 s.



Obr. 4 Roční srážkové úhrny (SRA) na stanicích Březník (1137 m n. m.) a Churáňov (1118 m n. m.) od roku 1988 (zdroj dat. A. Vojvodík a ČHMÚ).



Obr. 5 Sezónní maxima výšky sněhové pokrývky (SCEmax) na stanicích Březník (1 137 m n. m.) a Churáňov (1 118 m n. m.) od roku 1988 (zdroj dat. A. Vojvodík a ČHMÚ).

Extrémní denní amplitudy teploty vzduchu na Šumavě v zimním období

DANIEL MAŇHAL

Český hydrometeorologický ústav, pobočka České Budějovice, daniel.manhal@chmi.cz

Úvod

Tento článek se zaměřuje na extrémní teplotní amplitudy v oblasti Šumavy a jejího blízkého okolí v zimním období (DJF) a březnu od roku 1986 do roku 2018. Článek doplňuje původní diplomovou práci na téma „Extrémní denní amplitudy teploty vzduchu v ČR v letech 1961 až 2007“, která popisuje a porovnává extrémní teplotní amplitudy na celém území České republiky v závislosti na reliéfu, nadmořské výšce, synoptické situaci, výšce sněhové pokrývky a slunečním svitu.

Denní amplituda teploty vzduchu, uváděna jako denní teplotní rozsah (dále DTR¹), je definována podle ČHMÚ jako rozdíl mezi maximální a minimální denní teplotou vzduchu změřenou za jeden den v intervalu od 21:00 SMSČ² jednoho dne do 21:00 SMSČ dne následujícího. Denní minimum teploty je spjato se zápornou radiační bilancí povrchu, zatímco denní maximum je převážně určeno množstvím dopadajícího krátkovlnného záření. Z publikace Atlasu podnebí Česka, Tolasz a kol. (2007), vyplývá, že průměrné měsíční amplitudy teploty vzduchu se během roku nijak výrazně nemění (pohybují se v řádech jednotek °C). To však neplatí v situacích u denních amplitud vzduchu, které dosahují vyšších hodnot a větší proměnlivosti i v závislosti na synoptické situaci, vlastnostech reliéfu, nadmořské výšce apod.

Charakteristika zájmového území

Zájmovým územím je oblast NP Šumava a dodatečně okolí přehrady Lipno. Pro podrobnější výzkum v oblasti Šumavy bylo zvoleno 6 stanic, které měly řadu pozorování alespoň 30 let (Kvilda-Perla 1 058 m n. m., Horská Kvilda 1 052 m n. m., Hlaniště 800 m n. m., Churáňov 1 118 m n. m., Lenora 804 m n. m. a Vyšší Brod 559 m n. m.). Z důvodu krátké řady měření byly některé další stanice v mrazových kotlinách s extrémními hodnotami DTR vyloučeny. Všechny stanice se nacházejí v těsné vzájemné blízkosti do 20 km, kromě stanice Vyšší Brod, která se nachází na jihu republiky v Trojmezenské hornatině. Od nejbližší stanice na šumavských pláních je vzdálena 74 km. Vybrána byla z důvodu porovnání jejího údolního reliéfu se šumavskými stanicemi.

Jednotlivé stanice na Šumavě se nacházejí na různých tvarech reliéfu, který více či méně ovlivňuje jednotlivé meteorologické prvky. Kopáček a Bednář (2005) diskutují především vliv tvaru reliéfu na výslednou hodnotu DTR ve smyslu výskytu, popřípadě intenzity nočních či ranních přízemních mrazů. Přes den se vzduch v uzavřených údolích a kotlinách poměrně rychle ohřívá, tomu přispívá i slabé promíchávání vzduchu s volnou atmosférou v důsledku zeslabení větru.

Ve večerních, nočních a ranních hodinách se situace obrací v tom smyslu, že se vzduch rychle ochlazuje dlouhým vyzařováním povrchu (hlavně v přítomnosti sněhové pokrývky a kombinací s bezoblačnou oblohou, slabým větrem či bezvětřím). K tomuto faktu ještě přispívá stékání chladného vzduchu z vyšších poloh na dno údolí, kde se podle Petříka (1986) v uzavřených sníženinách vytvářejí tzv. jezera studeného vzduchu, k čemuž dochází již při nízkém sklonu svahu 2–4°. Odlišné hodnoty DTR v rámci reliéfu potvrzuje Vysoudil (2004) za pomoci tzv. „Vojekova zákona“, který vyjadřuje závislost mezi georeliéfem a teplotní amplitudou tím, že vypouklé (konvexní) tvary reliéfu mají DTR menší než rovinatý reliéf s malou členitostí a ty dále menší než vhloubené (konkávní) tvary reliéfu.

Lokálně extrémně vysoké případy DTR se v rámci Česka nejčastěji vyskytují právě v zimním období, a to zpravidla nejen na šumavských mrazových kotlinách (náhorní rovině) v oblasti Plání (např. Kvilda Perla, Horská Kvilda, Rokytská slat', Tříjezerní slat'), ale také v hlubších údolích od Horní Vltavice až k Lipnu (např. Hlaniště, Lenora, Borová Lada, Volary nebo Vyšší Brod). Celkově nižší extrémy DTR pro srovnání se nacházejí na konvexních tvarech reliéfu (např. Churáňov nebo Plechý), kde se tolik neuplatňuje stékání studeného vzduchu a přízemní inverze. Extrémní případy jsou také zaznamenávány v Novohradských horách (Pohoří na Šumavě).

Dopad a rizika extrémně vysokých DTR hlavně v zimním období mohou mít negativní vliv jak na společnost, tak na přírodu. Dle ČHMÚ prudké poklesy teplot působí negativně na osoby s méně přizpůsobivým termoregulačním systémem organismu. Vysoké DTR ke konci zimního období jsou pak rizikem pro vegetaci (zemědělské plodiny, ovocné stromy) zejména na jaře (rašení rostlin), kdy panují vyšší teploty vzduchu a následným prudkým poklesem teplot mohou dané rostliny zmrznout.

¹ DTR = diurnal temperature range [°C]

² střední místní sluneční čas

Metody

Pro výběr extrémně vysokých hodnot DTR (extr. DTR) je zvoleno kritérium nad 95. percentil, které odděluje nejvyšší hodnoty ze všech dní za celé sledované období. Na každé stanici se jedná přibližně o 190 extrémních případů. Ohledně meziroční variability výskytu extrémních DTR je použit parametr „počet dní“³, který udává počet dní s extrémní DTR nezávisle na počtu stanic. Do meziroční variability vstupuje ještě „počet případů“⁴, kde se započítává každý výskyt na stanicích do celkového počtu. Při zhodnocení synoptických situací jsou vybrány nejčastější synoptické situace, které při extrémních DTR nastávají a jsou také porovnávány s celkovým výskytem synoptických situací za rok. Extremita jednotlivých stanic je posuzována vzájemným porovnáním v krabicovém grafu.

Zkoumáno je také rozložení četnosti měsíců. Na závěr jsou podrobněji popsány nejvýznamnější společné případy, jak v rámci anticyklonálního, tak cyklonálního charakteru počasí.

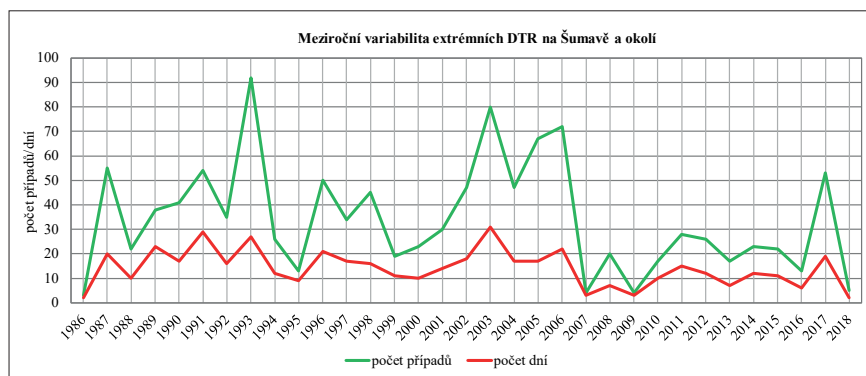
Extrémních případy DTR na Šumavě a okolí

V první řadě se výzkum zaměřuje na meziroční variabilitu extrémních DTR. Zde hraje zásadní roli synoptická situace a s tím související charakter vzduchové hmoty, která má mimo jiné pro vznik extrému rozhodující vliv. To znamená, že pokud se v zimě či brzy na jaře bude nad územím ČR déle udržovat tlaková výše, je zde velká pravděpodobnost dosažení daného extrému, zejména pak v šumavských mrazových kotlinách. Naopak pokud má počasí spíše cyklonální charakter, je zde šance na dosažení extremity mnohem menší z důvodu nedostatečně vysoké změny teploty. Jsou ale známy případy, kdy výrazná změna teploty např. po přechodu studené fronty na přelomu let 1978/1979 se může z hlediska extremity anticyklonálním typům vyrovnat.

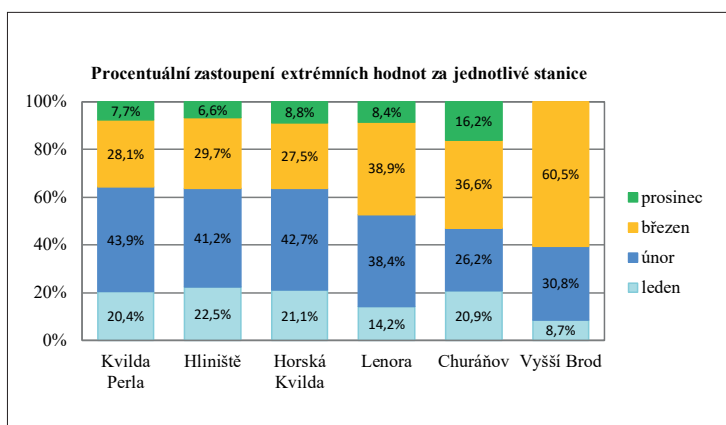
Z uvedeného obr. 1. je zřejmé, že se extrémní DTR vyskytují alespoň na jedné stanici každý rok. Vyskytují (resp. střídají) se však krátká období, kde je jasně patrný větší výskyt extr. DTR. Platí, že čím větší je rozsah u obou parametrů v daném roce, tím je více společných případů na stanicích, které nastaly právě v jeden den. A naopak, kde jsou křivky blízko u sebe, tam se extrémní DTR vyskytly v daný rok pouze ojedinele (např. pouze na jedné stanici). V grafu jsou vidět významné roky 1993, 2003, 2005 a 2006, které byly v porovnání s ostatními roky velice příznivé pro dosažení extrémní DTR. Naopak v letech 1986, 2007, 2009 a 2018 se extrémní DTR vyskytovaly spíše vzácně i z důvodu častějšího vlivu cyklonálních situací.

Co se týče výskytu extr. DTR v rámci měsíců na obr. 2, v mrazových kotlinách většinou převažuje měsíc únor, což je odlišné od předchozího výzkumu ohledně celé ČR, kde byl zastoupen hlavně březen (viz např. stanice Vyšší Brod). Vyšší Brod se v měsíčním zastoupení spíše blíží k ostatním stanicím s nadmořskou výškou do 800 m n. m. Rozdíl je také znatelný při porovnání mrazových kotlin se stanicí Churáňov, která reprezentuje konvexní tvar reliéfu.

Na stanici Churáňov už také převládají březnové měsíce i díky radičnímu charakteru počasí, které se zde větší mírou projevuje až na začátku jara. Hodnota DTR je za radičního počasí sice malá,



Obr. 1 Zastoupení extr. DTR za jednotlivé roky pro šumavské stanice.



Obr. 2 Měsíční zastoupení extr. DTR pro jednotlivé stanice.

³ Počet dní – při výskytu extrémních DTR (nejen) na všech stanicích ve stejný den, se uvažuje právě jeden den, (tzv. společné případy pro každý den).

⁴ Počet případů – při výskytu extrémních DTR na všech stanicích (6 stanic) v jeden den se uvažuje právě 6 případů.

Tab. 1 Porovnání celkové četnosti synoptických situací s četností extr. případů DTR.

Synoptická situace	Celková četnost (1986–2018)	Kvilda-Perla		Celkem všechny stanice	
		extr. četnost	ext. výskyt (n-tý den)	extr. četnost	extr. výskyt (n- tý den)
Wc	746	3	249	4,1	277
B, Bp	481	13	37	9,1	60
A, Ap	473	76	6	81,5	6
Ea	177	16	11	11,3	17
SEa	124	17	7	15,0	9
NEa	91	13	7	9,8	11

s velkým rozdílem v minimálních teplotách. V podstatě identické zastoupení mají stanice Kvilda Perla, Hliniště a Horská Kvilda, kde vysvětlením může být téměř identický tvar reliéfu a také blízkost stanic. Zde naopak vůbec nehraje roli nadmořská výška, protože stanice Hliniště je oproti dvěma předešlým stanicím o 250 výškových metrů níže.

Lehce odlišná je stanice Lenora, což je ve výsledku dáno menšími minimálními teplotami a také vyrovnaným podílem únorových a březnových měsíců. Stanice Lenora totiž byla umístěna v mírně svažitém údolí, ne na samém dně, nýbrž na lehce ukloněném svahu.

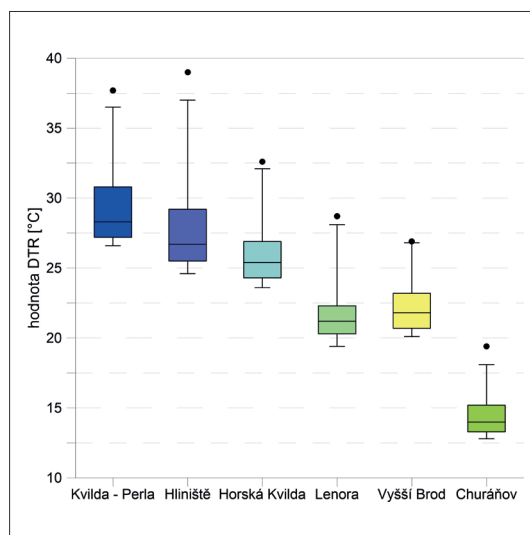
Při podrobnějším pohledu na extrémní případy DTR vzhledem k synoptické situaci převažují anticyklonální situace, a to většinou jak v absolutních maximech DTR, tak i v kvantitativním zastoupení. Nejčastější synoptické typy za zimní období zobrazuje ve druhém sloupci tabulka č. 1, kde je zřejmé, že v celkovém pojetí zimních sezón převažuje západní cyklonální situace, při které se ovšem objevuje velice málo extrémních případů. Jako třetí nejčastější je zastoupena sloučená skupina „anticyklóny ve střední Evropě“ a „putující anticyklóny“ (A, Ap), které mají v pohledu extrémních případů naopak velmi častý výskyt. Zjednodušeně by se dalo konstatovat, že pokud se v zimním období objeví situace A nebo Ap, je velká pravděpodobnost, že v daný den bude zaznamenána extrémní hodnota DTR (cca každý 6. den za situace A, Ap). Naopak při cyklonální situaci „brázda nízkého tlaku vzduchu“ (B, Bp) bude dle výpočtů zaznamenána extrémní hodnota cca každý 60. den).

V tabulce jsou pro představu uvedeny další významné situace. Další anticyklonální typy jako Ea, SEa, NEa, jsou na tom v porovnání s předešlou situací trochu hůře, ale i tak je zde pravděpodobnost značně vyšší, než je tomu u cyklonálních situací. Pro příklad je uvedena stanice Kvilda-Perla. Při celkovém rozdělení cyklonální a anticyklonální situace, z více než 75 % převažují právě anticyklonální situace, což je velice podobné u všech zahrnutých stanic.

Na krabicovém grafu ohledně extr. hodnot DTR se potvrzuje, že nadmořská výška opět v rámci Šumavy nemá takový vliv jako zejména charakter reliéfu a umístění stanice. Největší rozdíl je patrný mezi stanicemi Kvilda-Perla a Churáňov, kde rozdíl nadmořských výšek činí 60 m a přímá vzdálenost pak pouhých 5 km, přičemž odlišnost mezi střední hodnotou je u těchto stanic více než poloviční. Zde hraje zásadní roli rozdílný charakter reliéfu v souvislosti s možností udržení studeného vzduchu. Oproti tomu stanice Hliniště a Horská Kvilda, kde rozdíl nadmořských výšek činí přes 250 m a přímá vzdálenost kolem 21 km, jsou poměrně srovnatelné. Nepatrnou výhodou u stanice Hliniště může být blízká poloha Hliništěského potoka, který má vliv na ještě větší ochlazování v průběhu noci. V tomto případě mají obě stanice téměř totožný charakter reliéfu. Vzdálenější stanice Vyšší Brod, se svými hodnotami spíše přibližuje k charakteru šumavských stanic, než k většině stanic v celé České republice nacházejících se do 800 m n. m., a to především kvůli své poloze a lokálním podmínkám.

Ve společném případě anticyklonálního charakteru počasí byl vybrán den 26. 2. 2003 (tab. 2) s jižní anticyklonální situací, kdy panovalo teplé jižní proudění. V noci se vyskytovala typická přízemní inverze, bylo jasno nebo skoro

ale v závislosti na nadmořské výšce a na tvaru reliéfu jsou tyto hodnoty pro daný extrém významné. V mrazových kotlinách převahu února ovlivňují hlavně mělké noční inverze s již zmíněnými jezery studeného vzduchu, která se vytvářejí za každé jasné a klidné noci. V denních hodinách tyto mělké inverze vlivem slunečního záření mizí a denní teploty jsou jak na Churáňově, tak v mrazových kotlinách srovnatelné, avšak



Obr. 3 Porovnání všech extr. hodnot DTR pro jednotlivé stanice.

Tab. 2 Vybrané společné případy za odlišného charakteru počasí (s pořadím).

Stanice	Datum výskytu a situace	DTR	Pořadí dle extremity DTR	Datum výskytu a situace	DTR	Pořadí dle extremity DTR
Kvilda-Perla	2/26/2003 Sa	37,7	1.	2/25/1996 SWc1	33,7	11.
Hliniště		36,0	4.		39,0	1.
Horská Kvilda		32,6	1.		27,3	37.
Churáňov		16,0	25.		16,8	12.
Vyšší Brod		25,2	14.		25,5	10.
Lenora		24,6	17.		25,2	10.

jasno, přítomna byla i sněhová pokrývka a vítr byl pouze slabý do 4 m.s⁻¹, zkrátka velice dobré podmínky pro dosažení extrémních hodnot. Minimální teploty se pohybovaly od -13 do -25 °C. Teplota v hladině 850 hPa byla od +4 do +6 °C, takže přes den mohly být dosaženy za radiačního počasí i poměrně vysoké teploty díky částečnému vlivu fónového efektu (kolem 12 až 14 °C). Tato situace byla vyhodnocena jako nejméně významnější⁵.

Ve druhém společném případě 25. 2. 1996 (tab. 3) se jedná o jihozápadní cyklonální situaci, která byla charakteristická svým přechodem výrazné teplé fronty během dne. Nejprve nad územím ČR byla výrazně studená tlaková níže, jejíž střed ležel nad Běloruskem a kterou následně vystřídal vliv tlakové níže nad Britskými ostrovy s teplou frontou (respektive frontálním systémem). V hladině 850 hPa bylo nejprve v noci pod -10 °C a následně odpoledne po přechodu teplé fronty kolem +4 °C. Zároveň blízké stanice zaznamenaly přibližně poloviční sluneční svit, než je v únoru možné (kolem 5 hodin), který také umožnil denním teplotám více stoupat (nejvíce však na stanici Hliniště až 12 °C). Minimální teploty byly na všech stanicích výrazně pod nulou. Tato situace je z pohledu společných případů vyhodnocena jako druhá nejméně významnější.

Obecně u absolutních extrémů DTR neplatí, že se dané extrémy vyskytují pouze při anticyklonálních typech počasí, protože i při cyklonálních situacích se může

vyskytnout výrazná změna počasí v podobě atmosférických front či výraznou teplou či studenou advekcí vzduchových hmot. Hodnoty absolutních extrémů DTR jsou poměrně rozdílné, zde je vidět, že i za stejné situace ve stejný den na stanicích Kvilda-Perla a Horská Kvilda může docházet k větším rozdílům. Zde je to dáno především kvůli rozdílům minimálních teplot právě ve velice studeném plochem údolí Kvildského potoka. Opět je zde potvrzeno, že mrazové kotliny mají přibližně o polovinu větší DTR, než je tomu u horských stanic v kopcovitém reliéfu.

Závěr

Z článku je patrný fakt, že výskyt extr. DTR na Šumavě víceméně nezáleží na nadmořské výšce, ale především na charakteru reliéfu a samotném umístění stanice. Dále je zřejmé, že i velmi málo vzdálené stanice mohou mít odlišné výsledky (Lenora a Hliniště, Kvilda-Perla a Horská Kvilda). Naopak poměrně vzdálená stanice může dosahovat podobných výsledků jako šumavské stanice (Vyšší Brod). V obecném pojetí se vyskytují období s častějším a méně častým výskytem DTR, které záleží především na rozložení tlakových útvarů. Pro vyšší počet extr. DTR je vhodnější stabilnější, déle trvající (anticyklonální) ráz počasí, který ne každé zimní období nastává. Z pohledu rozložení jednotlivých měsíců má největší zastoupení měsíc únor (kolem 40 % v mrazových kotlinách). Naopak nejnižší podíl nastává v prosinci i vzhledem k častějšímu výskytu cyklonálních situací. Tento poznatek je odlišný z pohledu vybraných stanic v diplomové práci, kde na většině stanic je dominantní měsíc březen. Jak již bylo uvedeno výše, převažují hlavně anticyklonální situace, které sice v zimě nastávají méně často, ale zato s mnohem větší pravděpodobností překročení prahové extr. hodnoty DTR. U cyklonálních situací extrém nastává pouze při rychlé a výraznější změně počasí. Tyto výrazné změny však nenastávají tak často, aby se vyrovnaly anticyklonálním situacím. Při zhodnocení všech extr. hodnot DTR mají nejvyšší 3 podobné výsledky stanice v mrazových kotlinách

⁵ Vzhledem k pořadí extr. DTR na jednotlivých stanicích

(kdy průměrný medián stanic činí 27 °C), které lze zařadit mezi nejvyšší hodnoty v celé České republice. Zajímavá shoda a zanedbatelný vliv rozdílu nadmořských výšek (250 m) je u stanic Lenora a Vyšší Brod, které mají podobné lokální podmínky, jako je mírný svah a východní orientace svahu. Pro srovnání průměrné střední hodnoty extr. DTR se v rámci ČR pohybovaly od 14 do 17 °C, ve vyšších polohách (od 800 m) pak mezi 11 a 12 °C.

Poděkování:

Děkuji panu Antonínu Vojvodíkovi za data z dobrovolnických šumavských stanic, která jsou také v článku používána a zpracovávána.

Literatura:

ČHMÚ, 2019. Typizace povětrnostních situací. [online]. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z [www: http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetrnostnich-situaci](http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetrnostnich-situaci).

KOPÁČEK, J., BEDNÁŘ, J., 2005. Jak vzniká počasí. Praha: Karolinum. ISBN 80-246-1002-7.

MAŇHAL, D., 2018. Extrémní denní amplitudy teploty vzduchu v ČR v letech 1961–2007. Praha, 81 s. Diplomová práce. Univerzita Karlova Praha.

STANĚK, J. et al., 2002. 50 let meteorologické stanice Churáňov. Praha: Český hydrometeorologický ústav. ISBN 80-858-1398-X.

TOLASZ, R et al., 2007. Atlas podnebí Česka. 1.vyd. Praha; Olomouc: Český hydrometeorologický ústav. 255 s. ISBN 978-80-244-1626-7.

VYSOUDIL, M., 2004. Meteorologie a klimatologie. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 281 s. ISBN 80-244-0875-9.

III.

Problematika měření
na horách – horské stanice
u nás i ve střední Evropě

MS Churáňov – stručná charakteristika

JAN BEDNAŘÍK

Český hydrometeorologický ústav, OPSS, MS Churáňov, jan.bednarik@chmi.cz

Úvod

Na Šumavě se nalézají celá řada meteorologických stanic sloužících klimatologickým účelům. Pouze MS Churáňov se však řadí i mezi stanice synoptické, tzn., že výsledky jejího měření a pozorování slouží pro tvorbu předpovědi počasí a obsluhu zde zajišťuje profesionální meteorolog- pozorovatel. Byla zřízena na temeni Churáňovského vrchu v nadmořské výšce 1 118 m n. m. v roce 1952. Od té doby slouží svému účelu, tj. pozorování počasí a předávání informací o jeho stavu. Od svého vzniku prošla řadou změn, mezi ty nejzásadnější patří automatizace měření v roce 1998 a přechod na provoz kombinovaného typu v roce 2006, kdy po část dne (od 21:15 do 06:45 a od 16:10 do 18:10 SEČ) funguje stanice bez lidské obsluhy. I přes technologický pokrok však záznam meteorologických jevů zůstává závislý na činnosti pozorovatele. V provozu setrvávají také některé klasické přístroje (kapalinové teploměry, srážkoměry, heliograf) sloužící pro účely srovnávacího měření a také jako záloha při výpadku některého z čidel automatického měřicího systému (AMS).

Sběr a distribuce synoptických a klimatologických dat

Fungování MS v situaci, kdy je AMS plně funkční a v režimu s lidskou obsluhou lze s využitím tabulky 1 popsat následovně. AMS kontinuálně snímá uvedené meteorologické prvky pomocí jednotlivých čidel. Aby byla zajištěna jednotnost měření, jsou některé snímače umístěny ve standardní vzdálenosti od povrchu (např. teplota vzduchu ve výšce 2 m nad zemí a přízemní teplota 5 cm nad zemí). V okamžiku kdy je potřeba získané informace odeslat např. formou zprávy SYNOP, zpracuje staniční software MonitWin aktuální údaje, které mu dodává AMS ze snímačů měřících jednotlivé meteorologické prvky a pozorovatel tato data doplní o informace o stavu a průběhu počasí, dohlednosti a oblačnosti. Program MonitWin následně zprávu převede do tvaru synoptického kódu a pozorovatel ji odešle. Zpráva SYNOP, která se vytváří v každou celou hodinu, poté putuje k dalšímu zpracování do sídla ČHMÚ v Praze-Komořanech. V automatickém režimu činnost pozorovatele zcela nahrazuje AMS. Při měření je AMS ovšem limitován konstrukčním řešením jednotlivých přístrojů (např. max. dohlednost, kterou je PWD schopno naměřit, dosahuje 35 km). Automaticky ze stanice v pravidelných desetiminutových intervalech odchází do databáze CLIDATA exportní soubory Dxx, které jsou navíc v klimatologických termínech doplněny pozorovatelem o další souhrnné údaje. Jedinou zprávou zcela závislou na činnosti pozorovatele představuje zpráva BOUŘE, kterou obsluha stanice vysílá, jakmile zaznamená bouři, mrznoucí srážky nebo hůlavu.

Další měření probíhající na MS Churáňov

Mezi další zařízení, která ČHMÚ na MS provozuje, patří kontejner automatického imisního monitoringu (AIM), kontinuálně měřící koncentraci oxidu siřičitého, oxidů dusíku a přízemního ozonu. V blízkosti kontejneru AIM jsou umístěny dva sekvenční vzorkovače Leckel, sloužící k měření koncentrace polévatvého prachu PM_{10} a $PM_{2.5}$. Sběr srážek (metodou wet-only) pro následnou chemickou analýzu obstarává automatický pluviokolektor.

Kvalitu ovzduší z hlediska organických polutantů zkoumá pomocí pasivních vzorkovačů Centrum pro výzkum toxických látek Masarykovy univerzity.

Na stanici je také umístěno aktivní mlhoměrné zařízení Ústavu pro hydrodynamiku AV ČR pro odběr vzorků mlžné vody.

Dále na MS Churáňov probíhá automatické měření fotonového dávkového ekvi-



Obr. 1 MS Churáňov z ptačí perspektivy. Foto: Roman Szpuk.

Tab. 1 Přehled sběru a distribuce dat na MS Churáňov.

Meteorologický prvek	Měření zajišťuje (primární/záložní zdroj AMS)	Umístění čidla od povrchu	Četnost/termín měření	Vstupuje do		
				SYNOP	Soubory Dxx	BOUŘE
teplota vzduchu	HMP 155 / Pt 100 + Pt100(přízemní)	2 m + 5 cm (přízemní)	nepřetržitě, termínově	x	x	x
vlhkost vzduchu	HMP 155 / HMP 45	2 m	nepřetržitě, termínově	x	x	
tlak vzduchu	PTB 330		nepřetržitě, termínově	x	x	
směr a rychlost větru	WMT 700 / WAV15+WAA25	10 m	nepřetržitě, termínově	x	x	x
dohlednost	Pozorovatel / PWD 52		nepřetržitě, termínově	x		x
stav a průběh počasí	Pozorovatel / PWD 52		nepřetržitě, termínově	x	x	x
trvání slunečního svitu	SD 5		nepřetržitě, termínově	x	x	
globální záření	CM11		nepřetržitě, termínově		x	
oblačnost	pozorovatel + CL 51		nepřetržitě, termínově	x	x	x
množství srážek	MRW500/MR3H	1 m	nepřetržitě, termínově	x	x	
nový sníh	pozorovatel		nepřetržitě, termínově	x	x	
celková sněhová pokrývka	pozorovatel		06, 18 UTC; 07 MSSČ	x	x	
vodní hodnota sněhové pokrývky	pozorovatel		pondělí 07 MSSČ		x	
stav půdy	pozorovatel		06, 18 UTC; 07, 14, 21 MSSČ	x	x	
teplota půdy	Pt 100	-5, -10, -20, -50 cm	nepřetržitě, termínově	x	x	
vlhkost půdy	TRIFO3G	-7, -25, -75 cm	nepřetržitě, termínově		x	

valentu (radioaktivity ovzduší), stanice je součástí tzv. Sítě včasného zjištění SÚJB (Státní úřad pro jadernou bezpečnost).

Churáňovská stanice je také jedním ze stanišť, na kterých jsou umístěny celooblohové fotografické kamery bolidové sítě Astronomického ústavu AV ČR, zaznamenávající přelet jasných meteorů. V současnosti je zde v provozu automatická digitální kamera doplněná spektrometrem.

Závěr

Na MS Churáňov v současné době probíhá poměrně široké spektrum měření a pozorování nejenom pro potřeby ČHMÚ. Svůj díl na tom má i měřicí program synoptické stanice, vyžadující i přes značnou automatizaci lidskou přítomnost. V případě banální poruchy automatického zařízení může obsluha stanice pomoci s jejím odstraněním, ušetřit tak servisní výjezd a rychleji obnovit sběr dat. A o kompletní a kvalitně sebraná data nám na MS Churáňov jde především.

Literatura:

- BEDNAŘÍK, J., 2017. MS Churáňov – historie a současnost. In: *120 let meteorologických měření a pozorování na Lysé hoře*. Praha: ČHMÚ. 1. vydání, 188 s. ISBN 978-80-87577-68-4.
- KAIN, I., 2017. Profesionální staniční síť ČHMÚ. In: *120 let meteorologických měření a pozorování na Lysé hoře*. Praha: ČHMÚ. 1. vydání, 188 s. ISBN 978-80-87577-68-4.
- LIPINA, P., ŽIDEK, D., KAIN, I., 2014. Návod pro pozorovatele automatizovaných meteorologických stanic. Metodický předpis ČHMÚ č. 13a, 2. vyd. 96 s. Praha: ČHMÚ. ISBN 978-80-87577-34-9.

Problematika měření a pozorování na Lysé hoře

MILAN ČERMÁK, OTAKAR ŠLOFAR, STANISLAV ONDRUCH, RADEK KŘENEK

Český hydrometeorologický ústav, OPSS, MS Lysá hora, meteo.lhora@chmi.cz

Meteorologická stanice je umístěna přímo na samém vrcholu Lysé hory v nadmořské výšce 1 323 m n. m. Díky umístění meteorologické stanice si užíváme projevy počasí srovnatelné s vysokohorskými podmínkami zejména v souvislosti se silným větrem, v létě při bouřkách až strašidelnými situacemi a v zimě bohatou sněhovou nadílkou.

Zejména zimní období nám připravuje situace, které jsou při jasném počasí a bohaté sněhové nadílce odměněny nádhernými výhledy po okolí, kde jsou stavby a porosty obaleny silnou námrazou, vše je zasypáno bílou peřinou běžně i přes 2 m vysokou a pokud je dobrá dohlednost, tak se můžeme kochat výhledy i na okolní hory, kde jsou dominantní zejména slovenská Fatra, Vysoké Tatry, Javorníky a na SZ Jeseníky.

Takové situace jsou pro nás takovým bonusem a třešničkou na dortu při naší práci. Bohužel takových dnů nebývá mnoho. Převládá počasí s výskytem silné mlhy a samozřejmě větrem a to je v kombinaci s teplotou pod bodem mrazu rodná půda pro tvorbu silné námrazy. Námraza roste při vhodných podmínkách neuvěřitelně rychle a běžně se na Lysé hoře setkáváme s tloušťkou námrazy přes 0,5 m. V takových podmínkách máme problémy zejména s větroměrnými čidly, která i přes své vyhřívání si nedokážou s námrazou poradit. Potom nám nezbyvá nic jiného, než námrazu odstraňovat ručně z čidel a to i několikrát denně i v noci. Podobně dopadají i kamery, které jsou také vybaveny vytápěním, ale v těchto podmínkách nemá ani vytápění kamer šanci. Odstraňování námrazy k naší práci patří i z bezpečnostních důvodů, protože námraza i něco váží a tak je potřeba chránit stožár na střeše budovy i jiné zařízení stanice před nadměrným zatížením aby nedošlo k podobné situaci jako např. na polské meteorologické stanici na Sněžce, kdy se pod tíhou námrazy zborčila celá konstrukce ochozu včetně podlahy.

Námraza jde naštěstí odstranit celkem lehce, stačí pouhý dotyk rukou, nebo poklepání a námraza odpadá celkem snadno. Pokud se ale vyskytnou kapalná srážky při teplotách pod bodem mrazu, což je také celkem častý jev na Lysé hoře, tak se začne tvořit ledovka a její odstranění už tak jednoduché není. Už jen dostat se k čidlům na stožáru budovy je nadlidský výkon a u nezávislého pozorovatele by mohl vyvolat buď záchvat smíchu, nebo podezření, že pracovník meteorologické stanice je ovlivněn použitím alkoholického nápoje. Kdo nezkusil, neuvěří, ale dostat se na stožár od dveří budovy při ledovce je opravdu boj kdo z koho. Ledovka navíc nejde odstranit stejně jako námraza, protože obalí předměty silnou vrstvou ledu, takže k jejímu odstranění musíme použít horkovzdušnou pistoli a působením tepla ji prostě roztopit. Vypadá to jednoduše, ale je třeba podočkat, že ve větru, mrznoucích srážkách v kombinaci s mlhou a v jedné ruce s horkovzdušnou pistolí připojenou k elektrické síti kabelem nám na stožáru moc do zpěvu není.

Co se týká sněhové pokrývky na Lysé hoře, tak pro nás je krásná zima teprve, až nám zmizí plot okolo stanice vysoký 220 cm pod sněhovou peřinou. Potom každý centimetr sněhu navíc je už takovým bonusem a naším dalším přáním a to i přes to, že sněhová pokrývka vyšší jak 1 metr nám přináší spoustu problémů a komplikací. Už jen dostat se do práce je při vysoké sněhové pokrývce zážitek. V zimě chodíme pěšky většinou z Os-



Obr. 1 MS Lysá hora z vysílače 14. března 2005. Foto: Petr Lukeš.



Obr. 2 Zasněžený vchod do budovy MS Lysá hora ráno 16. února 2012. Foto: Vladimír Ondruch.



Obr. 3 Meteorologická zahrádka MS Lysá hora 19. ledna 2019. Foto: Milan Čermák.

travice. Cesta dlouhá cca 7,5 km a převýšením zhruba 900 m bývá někdy okořeněná vysokými závěje, které kolikrát nelze překonat jinak, než po čtyřech a jsou situace, kdy se přes závěje nedostanete jinak než plížením. Jindy je chodník na Lysou slušně vyšlapaný, takže se jde dobře, ale zase máte počasí s teplotou $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, větrem o rychlosti $20\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, silnou mlhou a sněžením.

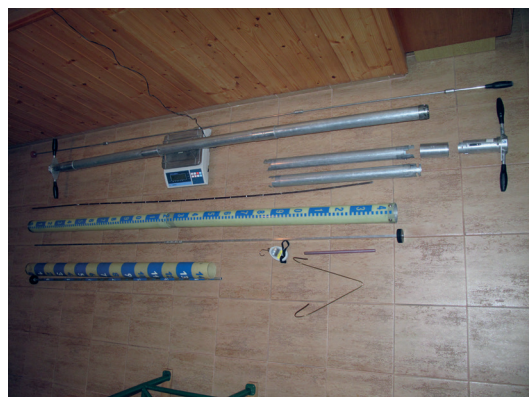
Při vyšší sněhové pokrývce je potřeba např. udržovat vchod do budovy, který za noc může být do půlky dveří zavátý sněhem. Je potřeba odhazovat sníh z ochozu budovy abychom se mohli dostat ke stožáru na střeše budovy. Je třeba myslet i na takové maličkosti, jako je např. výfuk od agregátu aby při jeho automatickém startu měly výfukové plyny kam odcházet, nebo sání vzduchu do místnosti s agregátem a jeho následný výfuk od chladiče ven.

Při vyšší sněhové pokrývce musíme odklízet sníh od stožáru s čidly teploty a vlhkosti vzduchu, protože jakmile dosáhne výška sněhové pokrývky 2 m, tak už hrozí jejich zavátí sněhem a neměřila by vůbec. Stejně tak je potřeba udržovat sněhovou pokrývku v rozumné výši i okolo meteorologické budky, srážkoměru a ceilometru. Posledně zmiňované přístroje máme na vyvýšené rampě celoročně, ale ani to nám nestačí. Od doby, co jsme přešli na kombinovaný provoz a můžeme v noci spát, tak se kolikrát nestačíme ráno divit, co vše nám po nočním sněžení „zmizelo“ pod sněhem a pak máme plné ruce práce čidla a přístroje uvést zase do provozuschopného stavu.

Měření vodní hodnoty sněhové pokrývky je v takových podmínkách také zážitek. Provádíme je na třech různých místech v okolí stanice. Pokud je sněhová pokrývka do dvou metrů, tak nosíme sebou přenosnou váhu a měření provádíme přímo na místě. Pokud je sněhu více jak 2 metry, tak musíme použít jinou měřicí soupravu, kde je váha napájena přímo z elektrické sítě, takže s každým vzorkem musíme zpět na stanici a to se opakuje 3x. Je potřeba dodat, že k chůzi v takových podmínkách musíme používat sněžnice a vše musíme stihnout tak, abychom jsme v celou hodinu nezameškali předat zprávu. Možná to nevypadá tak komplikovaně, ale kdo si zkusil měřit vodní hodnotu ve sněhové pokrývce vysoké 2 m a víc, tak nám určitě dá za pravdu, že to tak jednoduché není.

Může někdo namítnout, že poslední zimy s výjimkou té letošní se sněhem hodně šetřily, což je pravda a možná nás to ukolébalo v dojmu, že už se s přívaly sněhu jako v minulosti nebudeme potýkat, ale letošní zima nám opět ukázala, že je třeba počítat i s vyšší sněhovou pokrývkou a být na ni připravení.

Zimní období je na Lysé hoře kouzelné i přes komplikace, které vysoká sněhová pokrývka, závěje, námraza a ledovka způsobují. Každý den je jiný a každý je něčím krásný. A po



Obr. 4 Váhové sněhoměry používané na MS Lysá hora. Foto: 28. ledna 2019, Milan Čermák.

kud má někdo z nás, pozorovatelů na Lysé hoře, ještě ve službě to štěstí, že se vyjasní, je výborná dohlednost a oblačnost zůstane pod úrovní stanice, tak to vnímá jako odměnu místo třináctého platu.

Mohlo by se zdát, že ke konci zimního období se už těšíme na teplou část roku, kdy odpadají problémy se sněhem, námrazou a ledovkou a navíc můžeme do práce autem. To je sice pravda, ale na jaře s rostoucí teplotou roste i výskyt bouřek. Bouřky na vrcholu dokáží rozehrát pěkně strašidelné divadlo. Každá blízká bouřka znamená několik výbojů přímo do stanice, vysílače českých radiokomunikací, nebo samotného vrcholu a každý takový zásah má za následek problém s elektronikou. I přes maximální ochranu, kterou jsme vybaveni, dochází k poškození samotných čidel, převodníků, ústředny a i počítačů. Pro minimalizaci škod se snažíme před každou bouřkou nechat v provozu jen to nejnужnější pro provoz stanice a získávání dat, vše ostatní odpojíme, ale i tak není možné zabránit škodám způsobeným úderem blesku. Dá se říct, že následky po bouřkách, jsou pro nás na Lysé hoře daleko horší, než komplikace s pozorováním způsobené projevem zimního počasí. Při výpadku měření po úderu blesku se samozřejmě snažíme, pokud na to stačíme, dát vše do původního stavu, k tomu se musí sledovat a zaznamenávat všechny průvodní jevy doprovázející bouřku a že jich kolikrát na vrcholu je a hlavně stíhat v celou hodinu odeslat zprávu do Komořan. Nezdá se to, ale v tom návalu všech problémů najednou, začne čas utíkat neuvěřitelně rychle a člověk opravdu při bouřce na Lysé hoře neví kam dřív skočit. V tu chvíli jsou proti tomu nějaké 2 metry sněhu, námraza a ledovka totální banalitou.

Takže ani teplá část roku pro nás na Lysé hoře není odpočinková. Navíc je samozřejmě třeba příznivé počasí max. využívat i pro údržbu a opravy jak budovy, tak i pozemku stanice a jejího zařízení.

I přes komplikace a problémy spojené s pozorováním počasí na vrcholu Lysé hory, tak všichni čtyři pracovníci meteorologické stanice považujeme za čest na Lysé hoře pracovat a určitě bychom dobrovolně tuto práci neměnili.

Literatura:

ČERMÁK, M., 2017. Drsný svět Lysé hory. In: *120 let meteorologických měření a pozorování na Lysé hoře. Sborník příspěvků z konference pořádané Českým hydrometeorologickým ústavem a Českou meteorologickou společností konané na Lysé hoře ve dnech 14.–15. června 2017.* Praha: ČHMÚ. 1. vydání, 188 s. ISBN 978-80-87577-68-4.



*Obr. 5 Současní pozorovatelé MS Lysá hora.
Foto: 3. června 2017, Pavel Lipina.*

Měření teploty vzduchu v Beskydech

PAVEL LIPINA¹, MIROSLAV ŘEPKA², JAKUB FLÁM³

¹ Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, pavel.lipina@chmi.cz, ²miroslav.repka@chmi.cz,

³ Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, jakub.flam@seznam.cz

Úvod

V Beskydech provozuje Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) několik meteorologických stanic různých typů s měřením teploty vzduchu. Od severovýchodu k jihozápadu se jedná o stanice Nýdek-Filipka, Jablunkov, Horní Lomná, Javorový, Ropice, Lysá hora, Bílá-Konečná, Frenštát pod Radhoštěm, Horní Bečva, Velké Karlovice-Bešeňky, Mořkov, Valašské Meziříčí, Hošťálková, Hošťálková-Maruška, Kateřinice, Vsetín, Valašská Senice, Vizovice. Na Bílém Kříži provozuje měření kvality ovzduší s doplňkovým měřením teploty vzduchu ČHMÚ a speciální měření (včetně teplotního) zde provádí CzechGlobe Akademie věd ČR. Na mnoha svých objektech zajišťuje měření srážek, teploty vzduchu a teploty vody také podnik Povodí Odry. Významnou, v této oblasti spíše neorganizovanou, aktivitou jsou amatérská meteorologická měření nadšenců a příznivců meteorologie. Svá meteorologická měření a stanice různé úrovně a kvality má řada obcí, hotelů a penzionů, lyžařských areálů, škol, firem a organizací.

„Beskydy“ je tradiční označení pro typ pohoří v Karpatech. Rozkládají se na území čtyř států. Vyskytují se na severovýchodní Moravě (na Valašsku a v části českého Slezska), v jižním Polsku, na severním Slovensku (v části Oravy a na severovýchodě) a také v západní části Ukrajiny (Beskydy, 2019). Oblast našeho zájmu je soustředěna na tzv. Západní Beskydy. Podle regionálního členění georeliéfu České republiky jsou Západní Beskydy podstavou náležíci soustavě Vnější Západní Karpaty, v provincii Západní Karpaty, v podoblasti Karpaty, které jsou součástí Alpsko – himalájské oblasti (Bína, Demek, 2012). Západní Beskydy se dále dělí na šest celků (Hostýnsko – vsetínská hornatina, Rožnovská brázda, Moravskoslezské Beskydy, Slezské Beskydy, Jablunkovská brázda a Jablunkovské mezihory). Některé měřené lokality na sever od Západních Beskyd spadají do Pobdeskydské pahorkatiny, která je celkem podstavou Západobeskydské podhůří. Stanice v jižní části patří do Javorníků nebo Vizovické hornatiny. Pro zjednodušení budeme naši zájmovou oblast nazývat Beskydy.

Možnosti ČHMÚ na budování nových stanic a lokalit měření jsou v dnešní době již téměř vyčerpány a nepředpokládáme nějaké masivní rozšiřování sítě. Přibližně na pěti lokalitách v Beskydech by mělo dojít v horizontu jednoho až tří let k vybudování nových stanic v rámci výzev Operačních programů životního prostředí na doplnění srážkoměrné sítě automatizovaných stanic a v budování sítě sněhoměrných čidel, někde s doplňkovým měřením teploty vzduchu.

V Beskydech je mnoho zajímavých míst, turisticky či jinak exponovaných, kde by bylo prospěšné znát teplotní či další meteorologické charakteristiky pro lepší poznání klimatu tohoto pohoří a jednotlivých oblastí.

Protože jsou Beskydy pro mnohé z nás srdeční záležitostí, začali jsme nezávisle na sobě doplňkově měřit různé meteorologické veličiny, zejména úhrn srážek a teplotu vzduchu. Nejdříve měřeními teploty vzduchu v Držkové a Velkých Karlovicích a od roku 2017 budujeme rozsáhlejší a komplexnější doplňkovou síť měření teploty vzduchu. Předpokladem takové sítě je spolehlivé, kvalitní a cenově dostupné teplotní čidlo umístěné podle požadovaných pravidel.

Budování doplňkové sítě měření teploty vzduchu

K zakoupení čidel pro doplňkové měření v Beskydech nás (skupinka účastníků pobočky ČMeS Ostrava) inspirovala podzimní cesta roku 2016 do západních a jižních Čech a zejména na Šumavu. Tam jsme navštívili několik profesionálních meteorologických stanic pobočky ČHMÚ v Plzni a Českých Budějovicích a také lokality „amatérských“ měření na Šumavě pánů Vojvodíka, Rolčíka, Procházky a dalších. Jejich aktivity meteorologických měření, budování stanic, sledování extrémů teploty vzduchu a sledování sněhové pokrývky některé z nás přimělo k nákupu teplotních čidel a začali jsme přemýšlet, kam a jak je umístíme.

Na základě doporučení pana Vojvodíka jsme se rozhodli pro nákup jednoduchých teplotních čidel Termio polské výroby, které jsou velmi kvalitní, jednoduchá a spolehlivá.

První dvě čidla si koupil Vladimír Ondruch. Umístit je na plánované lokality však už nestihl. Po konferenci na Lysé hoře v červnu 2017 nakoupil autor (P. Lipina) první sadu 12 čidel a postupně je začal instalovat v místě svého bydliště (Šenov), v Ostravě a v různých částech Beskyd. V průběhu léta a podzimu roku 2017 postupně zakoupil přes 40 těchto čidel. Pro sledování teplotních poměrů města Ostravy byla instalována teplotní čidla na 15 lokalitách. Na pobočce ČHMÚ v Ostravě-Porubě je navíc pro porovnání dat umístěno jedno čidlo v radiačním krytu automatizované stanice a jedno ve vedlejší meteorologické budce. Od července 2017 do října 2018 bylo postupně instalováno 20 čidel v beskydské oblasti a doplňkově také 3 čidla v Jeseníkách.

Lidé věnující se doplňkovému měření teploty vzduchu v Beskydech

V červenci 2017 umístil teplotní čidlo Termio na zahradě své sestry ve Velkých Karlovicích, Miloňově Antonín Vojvodík a začal měřit. Záhy bylo toto čidlo „převzato“ do doplňkové sítě, byl vyměněn radiační kryt a dnes je nedílnou součástí sítě.

Nejaktivnějším „amatérským“ meteorologem Beskyd je Jakub Flám, spoluautor příspěvku. V Držkové a Kašavě na Zlínsku provozuje pět vlastních manuálních a automatizovaných stanic. Data stahuje a zasílá v týdenním intervalu k importu do klimatologické databáze ČHMÚ CLIDATA a připravuje instalaci čidel a stanic na zajímavých lokalitách (např. Hostýn, Kelčský Javorník). Své stanice provozuje již od roku 2013, kdy na podzim zahájila provoz stanice Vančica, plně vybavená během roku 2014, od podzimu 2015 stanice Držková a Držková, Hutě, Ráztoky v údolí obce, od léta 2017 Držková, Hutě a konec roku 2018 Kašava. Od podzimu 2015 všechny stanice měří také automaticky, čidlem Termio.

Dalším z beskydských nadšenců je Jiří Kristian z Velkých Karlovic, který je zároveň dobrovolným pozorovatelem srážkoměrné stanice ČHMÚ Velké Karlovice a v roce 2018 rozšířil počet svých čidel Termio ve Velkých Karlovicích a okolí na pět lokalit, které jsou všechny součástí doplňkové sítě měření teploty vzduchu v Beskydech.

Jednou z měřených lokalit jsou také Staré Hamry, Gruň, tzv. Armaturka, kde má chalupu náš kolega synoptik Ladislav Hrtoň. Po instalaci čidla a krátké době provozu si čidlo zakoupil a nyní se stará o provoz této stanice samostatně (stažení dat, servis čidla, výměna baterky). Vzhledem ke svému profesnímu zaměření je také výborný analytik a je velmi prospěšný v interpretaci získaných výsledků.

Velkým podporovatelem této sítě je náš kamarád Bořek Navrátil, učitel ze Vsetína, který se během studií intenzivně věnoval vyhodnocení tepelného ostrova města. Dohodnul umístění čidla nad Vsetínem (Dušná, Putýrka), v mateřské školce ve Vsetíně a v lokalitě Kasárna. Až mu trochu odrostou děti a bude mít více času, plánuje také aktivně udržovat a rozvíjet doplňkovou síť.

S měřením a zpracováním dat také pomáhají Radim Tolasz a Miroslav Řepka (spoluautor příspěvku), který často zajišťuje servis čidel, stažení dat a data také zpracovává.

Umístění čidel, technické parametry čidel a technické řešení

V doplňkové síti měření teploty vzduchu v Beskydech máme umístěna teplotní čidla Termio1, Termio2 a Termio25. Jsou to velmi podobná průmyslová čidla pro měření teploty vzduchu na bázi snímače Pt1000. Čidla Termio, dle Antonína Vojvodíka, jsou jedny z nejlepších ve střední Evropě při porovnání cena a výkon. Polská teplotní čidla (Pt1000) firmy Termoprodukt Bielava (od roku 2019 také česká mutace stránek) stojí 900 Kč bez DPH za kus. Standardní čidlo má kabel k registrační jednotce s displejem. Je to průmyslové čidlo v rozsahu měření -70 až $+300$ °C, které umožňuje registrovat výsledky měření v intervalu od jedné sekundy. Firma dodává čidla s certifikátem/kalibračním listem a na základě více než tříletého používání na Šumavě tato čidla vykazují vysokou spolehlivost, požadovanou přesnost a výdrž. Podle dokumentace od výrobce pro čidla Termio je kapacita paměti 32703 záznamů a kapacita baterie 1.000.000 záznamů/cyklů. Teplotní čidlo je standardně dodáváno s 1 m nebo 2,5 m kabelem k registrační krabičce. Prostřednictvím USB konektoru, tzv. czytznik a volně stažitelného ovládacího SW, je možné obsluhovat čidlo (Termoprodukt, 2019).

Pro doplňkovou síť byl nastaven pravidelný 5minutový interval měření a záznamu (v každé 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 40, 45, 50 a 55. minutě). Při tomto intervalu záznamu vydrží paměť čidla 113 dnů a baterie obvykle 6 měsíců. Používají se baterie 1/2AA 3,6 V.

Všechna tato čidla jsou definována v databázi CLIDATA jako doplňkové stanice O7% a B7% (podle toho, zda jsou na území poboček ČHMÚ Ostrava nebo Brno). Data jsou importována z textového souboru v 5minutovém intervalu. Z importovaných dat je v databázi automaticky počítána termínová teplota vzduchu (7, 14, 21 hod. SEČ), průměrná denní teplota vzduchu, maximální a minimální teplota vzduchu (z 288 hodnot za 24 hodin), denní teplotní amplituda a maximální teplota vzduchu ve dne a v noci a minimální teplota vzduchu za den a noc.

Čidlo umísťujeme do meteorologické budky nebo do radiačního krytu na 2 m sloupek. Registrační část čidla s displejem se umístí nejlépe do vodotěsné rozvodné krabičky (obr. 1). Máme k dispozici starší vyřazené radiační kryty, které již nejsou standardně používány na stanicích ČHMÚ (původní 10 a 12 lamelové kryty nebyly UV odolné a jsou postupně vyměňovány za UV stabilní). Tyto radiační kryty rozebereme a vyrobíme menší 5 lamelové kryty, které jsou velikostně dostatečné pro umístění měřicího čidla Termio.

Některé instalace čidel jsou v meteorologické budce na místech, kde je budka k dispozici. Pro umístění v budce se dá u výrobce zakoupit jednoduché plastové pouzdro, které se přišroubuje na stojan přístrojů a čidlo se do něj umístí.

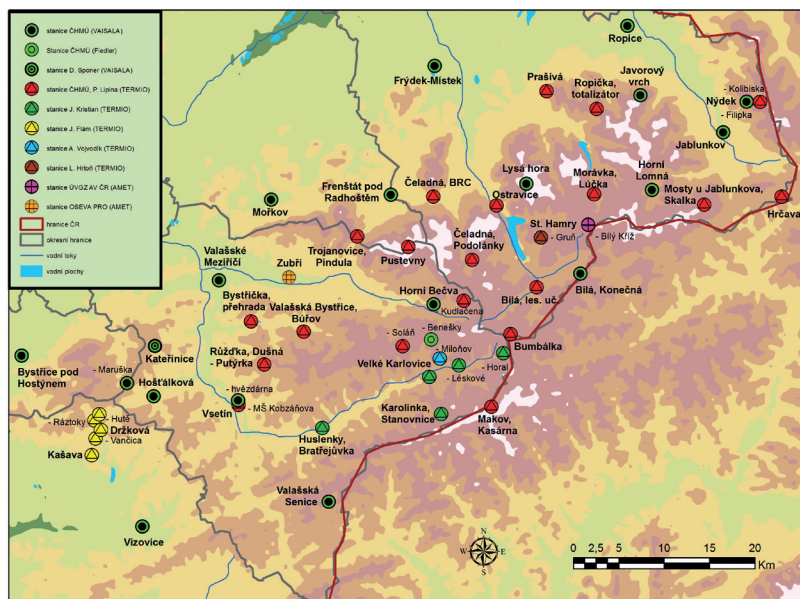


Obr. 1 Příklad instalace teplotního čidla Termio (lokality Staré Hamry, Gruň, 22. září 2017, foto: Pavel Lipina).

Tab. 1 Přehled doplňkových stanic s měřením teploty v oblasti Západních Beskyd (stav k 1. březnu 2019).

P.č.	Indikativ	Začátek měření / dostupnost dat	Název stanice	Okres	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka	Nadmořská výška	Vlastník čidla
1	B7DRHR01	10/21/2017	Držková, Hutě-Ráztky	Zlín	491947	0174639	395	J. Flám
2	B7DRHU01	10/21/2017	Držková, Hutě	Zlín	492008	0174706	423	J. Flám
3	B7DRVA01	10/21/2017	Držková, Vančica	Zlín	491843	0174641	501	J. Flám
4	B7DRZK01	10/21/2017	Držková	Zlín	491912	0174712	375	J. Flám
5	B7KASA01	12/31/2018	Kašava	Zlín	491744	0174617	337	J. Flám
6	O7BILU01	10/27/2018	Bílá, lesnické učiliště	Frydek-Místek	492635	0182721	545	ČHMÚ (P. Lipina)
7	O7BUMB01	10/20/2017	Bumbálka	Frydek-Místek	492353	0182447	856	ČHMÚ (P. Lipina)
8	O7BYSPO1	6/30/2018	Bystřička, přehrada	Vsetín	500440	0174132	360	ČHMÚ (P. Lipina)
9	O7CELA01	7/18/2017	Čeladná, BRC	Frydek-Místek	493214	0181819	470	ČHMÚ (P. Lipina)
10	O7CEPO01	12/21/2017	Čeladná, Podolánky	Frydek-Místek	492824	0172135	700	ČHMÚ (P. Lipina)
11	O7DUSN01	11/24/2017	Ružďka, Dušná, Putýrka	Vsetín	492243	0180216	672	ČHMÚ (P. Lipina)
12	O7GRUN01	8/10/2017	Staré Hamry, Gruň	Frydek-Místek	492932	0182757	810	L. Hrtoň
13	O7HRCA01	9/19/2017	Hřava	Frydek-Místek	493116	0185003	612	ČHMÚ (P. Lipina)
14	O7HUBR01	7/23/2018	Huslenky, Bratřejůvka	Vsetín	491848	180718	425	J. Kristian
15	O7KARS01	1/14/2018	Karolinka, Stanovnice	Vsetín	491919	0181809	650	J. Kristian
16	O7KASA01	10/27/2017	Kasárna	Vsetín	491937	0182245	968	ČHMÚ (P. Lipina)
17	O7KUDL01	8/10/2017	Horní Bečva, Kudlačena	Vsetín	492555	0181932	660	ČHMÚ (P. Lipina)
18	O7MOLU01	10/27/2017	Morávka, Lúčka	Frydek-Místek	493157	0183259	600	ČHMÚ (P. Lipina)
19	O7MOSK01	10/11/2017	Mosty u Jablunkova, chata Skalka	Frydek-Místek	493101	0184257	906	ČHMÚ (P. Lipina)
20	O7NYHL01	8/29/2017	Nýdek, Hlučová-Kolibiska	Frydek-Místek	493657	0184832	590	ČHMÚ (P. Lipina)
21	O7OSCE01	7/18/2018	Ostravice	Frydek-Místek	493133	0182402	435	ČHMÚ (P. Lipina)
22	O7PRAS01	8/15/2018	Prašivá	Frydek-Místek	493812	0182904	700	ČHMÚ (P. Lipina)
23	O7PUST02	11/8/2017	Pustevny, HS Beskydy	Nový Jičín	492919	0181550	1013	ČHMÚ (P. Lipina)
24	O7ROPT01	8/1/2018	Ropička, totalizátor	Frydek-Místek	493701	0183335	880	ČHMÚ (P. Lipina)
25	O7SOLA01	11/8/2017	Soláň, HS Beskydy	Vsetín	492327	0181456	798	ČHMÚ (P. Lipina)
26	O7TRPI01	12/9/2017	Trojanovice, Pindula	Nový Jičín	493004	0181113	547	ČHMÚ (P. Lipina)
27	O7VABB01	8/15/2018	Valašská Bystřice, Bůřov	Vsetín	492434	0180559	650	ČHMÚ (P. Lipina)
28	O7VEKA01	11/27/2017	Velké Karlovice	Vsetín	492134	0181713	518	J. Kristian
29	O7VKHO01	10/15/2018	Velké Karlovice, Horal	Vsetín	492246	0182403	755	J. Kristian
30	O7VKLE01	1/15/2018	Velké Karlovice, Léskové	Vsetín	492210	0181957	554	J. Kristian
31	O7VKMI01	7/23/2017	Velké Karlovice, Miloňov	Vsetín	492237	0181816	565	A. Vojvodík
32	O7VSMS01	10/30/2018	Vsetín	Vsetín	492022	0175947	350	ČHMÚ (P. Lipina)

Čidla nemají žádný automatický přenos dat. Je potřeba fyzicky přijet k čidlu s notebookem (popř. tabletem nebo chytrým telefonem) a USB adaptérem s tzv. čytníkem, který se připojí k registrační části čidla. V NB/tabletu/telefonu se spustí dodávaný software (LogSoft) a stáhnou se data v textovém formátu. Po ukončení registrace je možné (a obvykle nutné) data z paměti čidla vymazat, popř. vyměnit baterku. Před spuštěním čidla je potřeba synchronizovat čas. Čas v čidle se za měsíc neopatrně předchází. Spuštění čidla provádíme v pravidelném 5minutovém intervalu, aby se data mohla importovat do databáze CLIDATA. Software umí identifikovat a popsat datovou řadu, zaznamenávat absolutní maximum a minimum naměřených hodnot (od výměny baterie) a zobrazit graf naměřených dat, který je možné také exportovat.



Obr. 2 Mapa stanic s měřením teploty v oblasti Západních Beskyd (stav k 1. březnu 2019).

Umístění čidel v Beskydech

K 1. březnu 2019 je v Beskydech umístěno 32 doplňkových teplotních čidel Termio a chystá se další rozšíření. Již umístěná čidla jsou uvedena v mapě (obr. 2).

Přehled umístění jednotlivých čidel doplňkové sítě v Beskydech je uveden v tabulce č. 1. Vzhledem k počtu stanic, které je potřeba objíždět a stahovat data, je většina instalací v místě dojezdu autem (minimálně v letním období). V době sněhové pokrývky jsou některé lokality dostupné pouze pěšky (max. do 25 minut chůze). To je velký rozdíl oproti Šumavě. Beskydy jsou mnohem více obydlené a dostupné veřejnými komunikacemi. Na některé komunikace jsou potřeba povolenky Lesů ČR nebo Biskupských lesů.

Čidla jsou umístěna na některých dobrovolnických srážkoměrných stanicích, u chat Klubu českých turistů, u objektů Horské služby, u sympatizantů meteorologie, ale často i na lokalitách, kde je jen jedna chata, restaurace či budova a vlastník byl ochoten strpět umístění čidla. Všem, kteří o data projeví zájem, dostávají denní přehledy dat po jejich stažení a importu do databáze.

Závěr

Z většiny čidel doplňkové sítě stanic měření teploty vzduchu v Beskydech máme k dispozici první ucelený rok (2018). Roční řada měření je pro klimatologii příliš krátké období k nějakým závěrům. Podle předběžných výsledků budou z některých lokalit zajímavé, možná až nečekané, výsledky. V každém případě počítáme, že zahuštěním sítě získáme mnoho nových a zajímavých informací o teplotních poměrech Beskyd.

Domníváme se, že je to dobrá cesta, jak zahustit staniční síť ČHMÚ formou kvalitních soukromých měření. Tyto aktivity jsou aktivně rozvíjeny ČHMÚ (crowdsourcing a internet věci). Běžné amatérské meteorologické stanice jsou vhodné pro operativní využití, ne však pro klimatologii, která potřebuje delší řady měření podle definovaných podmínek (výška, travní povrch a zejména kvalitní radiační kryt). Proto se domníváme, že tyto aktivity (Beskydy a Šumava) jsou velmi prospěšné a i když se data z doplňkových měření standardně v ČHMÚ nevyužívají, mají nezastupitelné místo ve zkoumání klimatu jednotlivých regionů.

Záměrem autorů je získat další zájemce o rozšíření této sítě o další zajímavé horské lokality a zejména takových nadšenců, kteří by se aktivně podíleli na zajišťování chodu stávající či časem rozšířené sítě.

Literatura:

BÍNA, J., DEMEK, J., 2012. Z nížin do hor. Geomorfologické jednotky České republiky. 1. vyd. Praha: Nakladatelství Academia. 343 s. ISBN 978-80-200-2026-0.

BESKYDY, 2016. [online]. [cit. 11. 3. 2019]. Dostupné z www: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Beskydy>.

TERMOPRODUKT, 2019. [online]. [cit. 14. 3. 2019]. Dostupné z www: <https://termoprodukt.cz>.

Vertikální profiler oblačnosti na Milešovce

PETR ZACHAROV¹, VOJTĚCH BLIŽŇÁK², PETR PEŠICE³

¹ Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha, petas@ufa.cas.cz, ² bliznak@ufa.cas.cz, ³ pesice@ufa.cas.cz

Úvod

V rámci projektu CRREAT, jehož cílem je hlubší objasnění vztahu mezi atmosférickými jevy (souvisejících především s atmosférickou elektřinou) a ionizujícím zářením, byl v březnu 2018 na Milešovce firmou Metek nainstalován oblačný profiler Mira 35c pracující v mikrovlnné části elektromagnetického spektra (Ka pásmo). Radar slouží k měření a monitorování stavu a vývoje vertikálního profilu oblačnosti a s ní spojených mikrofyzikálních charakteristik, jako jsou například velikost a složení oblačných elementů.

Cílem prezentovaného příspěvku je základní představení naměřených a zpracovaných dat během prvního a částečně druhého roku měření na horské observatoři na Milešovce. Milešovka se nachází 837 m n. m. a je nejvyšší horou Českého středohoří. Observatoř je spravována Ústavem fyziky atmosféry Akademie věd České republiky (ÚFA AV ČR) a s téměř nepřetržitou řadou pozorování od roku 1905 je Milešovka vůbec nejstarší horskou observatoří na území České republiky.

Radar METEK Mira 35c

Mira 35c je pulzní Dopplerovský radar pracující v Ka pásmu na frekvenci 35 GHz. Anténa o průměru 1 m je orientována vertikálně a není pohyblivá. Vysílací magnetron má maximální výkon 2.5 kW a opakovací frekvence pulsů je 5 kHz. Radar vysílá lineárně polarizovaný signál v jednom kanálu (z analogie s rotujícím radarem označovaný jako horizontální) a přijímá na dvou kolmých lineárních polarizacích.

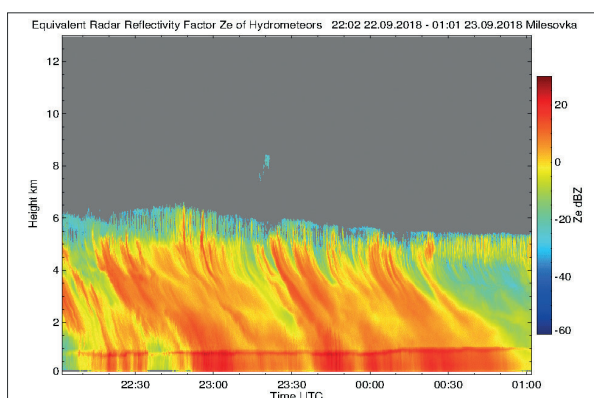
Princip radarového měření spočívá v generování radarových pulsů kolmo nad oblačný profiler, které jsou v případě kontaktu s oblačnými částicemi odraženy zpět k profileru. Po přijetí odraženého signálu radarovým přijímačem je možné na základě zjištěné radarové odrazivosti určit hustotu oblačných částic v oblaku a pomocí tzv. lineárního depolarizačního poměru (LDR) usuzovat na mikrofyzikální složení oblačnosti (oblačné a srážkové kapky, ledové částice, sníh, apod.). LDR odpovídá logaritmu podílu síly signálu přijatého ve vertikálním a horizontálním kanálu při vysílání pouze v horizontálním kanálu. U sféricky symetrických částic je LDR zanedbatelný. Naproti tomu výrazný je v oblastech s přítomností nesymetrických a různě orientovaných částic (např. vrstva, kde dochází k tání oblačných částic, tzv. bright band) nebo v oblasti výskytu krup. Profiler měří i dopplerovskou rychlost oblačných částic a padajících srážek, což lze využít jako další parametr při stanovení typu a velikosti padajících srážek.

Nimbostratus (Ns)

Nimbostratus je charakterizován jako šedá, často tmavá oblačná vrstva nebo plocha, která má matný rozplývavý vzhled (ČMeS 2019). Nimbostratus se vyznačuje velkým plošným rozsahem, velkou horizontální homogeností, malou vertikální rychlostí a trvalými srážkami. Při vzniku srážek v Nimbostratu propadávají při růstu hydrometeory oblakem pomalu dolů, při růstu je nutná ledová fáze a čas růstu hydrometeorů je 60–120 minut. Na vrcholu oblaku vznikají malé ledové krystalky depozicí neboli nárůstem krystalků přímo z ledové páry. Ledové krystalky mají velmi malé pádové rychlosti. Ve střední části oblaku je dominantní agregace, spojování ledových krystalků při jejich vzájemných nárážkách a vznik sněhových vloček, pádová rychlost pomalu narůstá. Kolem nulové izotermy se nachází



Obr. 1 Oblačný radar METEK Mira 35c na Milešovce.



Obr. 2 Odrazivost měřená oblačným profilerem METEK Mira 35c na Milešovce v noci 22.–23. září 2018.

vrstva tání, na radaru detekovatelná jako bright band, pod touto vrstvou již vypadávají dešťové kapičky s výrazně vyšší pádovou rychlostí, než měly krystalky nad bright bandem.

Na obrázcích 2 resp. 3 je zaznamenáno měření odrazivosti resp. vertikální rychlosti hydrometeorů z radaru na Milešovce z noci 22.–23. září 2018, kdy přes Milešovku přecházel Nimbostratus s takřka učebnicovými vlastnostmi. V horní části oblaku vidíme oblast s ledovými krystalky a velmi nízkými pádovými rychlostmi. Ve vrstvě 1–5 km vidíme oblast s vyšší odrazivostí a pádovou rychlostí, zde narůstají ledové částice agregací. Výrazná čára zvýšené odrazivosti nazývaná bright band se nachází kolem 1 km nad radarem. Ve vrstvě pod bright bandem se vyskytují kapičky deště s vyšší pádovou rychlostí.

Cumulonimbus (Cb)

Cumulonimbus je charakterizován jako mohutný a hustý oblak velkého vertikálního rozsahu v podobě hor nebo obrovských věží, s nevelkým horizontálním rozsahem, velkou prostorovou proměnlivostí, značnými vertikálními rychlostmi a přeháňkami (ČMeS 2019). Hydrometeory v Cb část doby růstu oblakem stoupají vzhůru a pak rychle padají k zemi, při jejich růstu je nutná ledová fáze pouze ve středních šířkách a doba jejich růstu je cca 20–30 minut. Při růstu hydrometeorů převažuje koalescence, splývání vodních kapek při vzájemných kolizích, a zachycování přechlazených kapek ledovými krystaly. Rozdíl oproti Ns je dán hlavně výrazně odlišnou vertikální rychlostí v oblaku a tedy i pohybem hydrometeorů v oblaku.

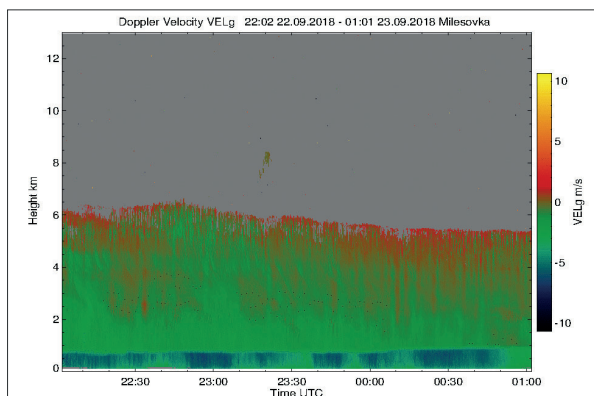
Na obrázku 4 resp. 5 je zaznamenáno měření odrazivosti resp. vertikální rychlosti hydrometeorů z radaru na Milešovce z 23. dubna 2018, kdy přes ČR přecházela squall line s výraznou bleskovou činností. V horní části oblaku vidíme nárůst velkých oblačných částic ve spojení se vzestupnými i sestupnými pohyby. Okolo hranice 1,5 km nad radarem dochází opět k tání ledu (bright band) a významnému nárůstu pádové rychlosti dešťových kapek pod touto hladinou.

Závěr

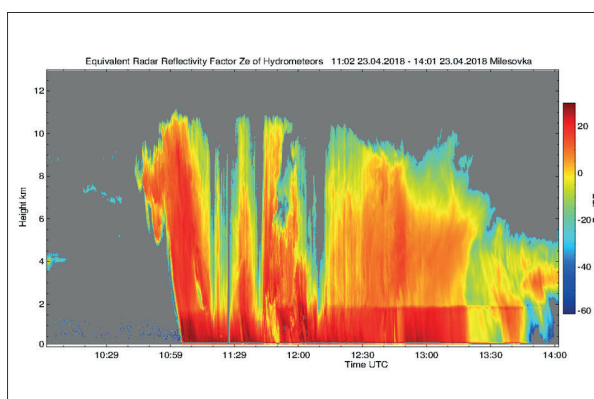
Oblačný profiler je nainstalován na observatoři Milešovka již celý rok a za tu dobu poskytl řadu velmi zajímavých měření, jejichž ukázky jsou součástí článku, a to i přes to, že sezona 2018 nebyla bouřkově zajímavá, obzvláště v Českém středohoří. Měření profilerem bude na Milešovce samozřejmě probíhat i nadále a věříme, že nasbíráme další zajímavá data především z konvektivní oblačnosti, které přispějí nejen k řešení projektu CRREAT.

Literatura:

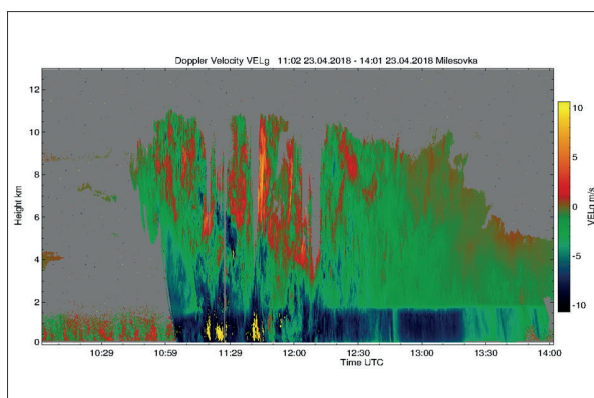
Česká meteorologická společnost Elektronický meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS). 2018 [online]. [cit 13.03.2019]. Dostupné z [www: http://slovník.cmes.cz](http://slovník.cmes.cz).



Obr. 3 Vertikální rychlost hydrometeorů měřená oblačným profilerem METEK Mira 35c na Milešovce v noci 22.–23. září 2018. Kladné rychlosti značí směr od radaru (vzestup) a záporné k radaru (sestup).



Obr. 4 Odrazivost měřená oblačným profilerem METEK Mira 35c na Milešovce 23. dubna 2018.



Obr. 5 Vertikální rychlost hydrometeorů měřená oblačným profilerem METEK Mira 35c na Milešovce 23. dubna. 2018. Kladné rychlosti značí směr od radaru (vzestup) a záporné k radaru (sestup).

IV.

Meteorologické stanice, přístroje
a technika na horách, metodika měření,
automatické či manuální měření,
nebezpečné meteorologické jevy

Profesionálové a amatéři

LIBOR ČERNIKOVSKÝ

Český hydrometeorologický ústav, Praha-Komořany, libor.cernikovsky@chmi.cz

Kdo je profesionál a kdo amatér?

Kdo je profesionál a kdo amatér v meteorologii a klimatologii?

Čím se liší profesionál od amatéra?

Proč je rozlišovat?

Jak spolu spolupracují?

Vnímá rozdíly kromě zasvěcených i veřejnost?



Novinky a rozvoj automatických sněhoměrných stanic v ČHMÚ: porovnání měření a vyhodnocení spolehlivosti měření v horských oblastech

VÁCLAV VAJSKEBR

Český hydrometeorologický ústav, Oddělení aplikované hydrologie, Jablonec nad Nisou, vaclav.vajskebr@chmi.cz

Úvod

Automatické sněhoměrné stanice ve staniční síti ČHMÚ se během uplynulých let staly nedílnou součástí pozorování a měření parametrů sněhové pokrývky. Z období, kdy byly považovány za technologické novinky a byly přijímány s rezervou, se přesunuly do období, kdy jejich data tvoří nedílnou, spolehlivou a kontinuální informaci o výšce, vodní hodnotě a hustotě sněhové pokrývky v daném regionu. Tím vhodně doplňují a leckde nahrazují klasická měření prováděná pozorovateli. Obzvláště cenné jsou tyto informace z míst, kde je nízká četnost pozorování a zároveň zde sněhová pokrývka představuje významnou část hydrologické bilance. Těmito oblastmi jsou především hory: nejrozsáhlejší Šumava, ale i všechna ostatní pohoří tvořící prstenec okolo České republiky, dále Českomoravská vrchovina či středočeské Brdy.

V rámci ČHMÚ se pro automatické sněhoměrné stanice užívá zkratka „ASNS“ kvůli identifikaci typu stanice v klimatologické databázi Clidata. Název „sněhoměrný polštář“ se již nepoužívá, protože vhodně nevystihuje všechny možnosti automatického měření sněhu. Proto je v textu nadále používána zkratka „ASNS“.

Pro označení pozorovatelem změřené výšky sněhové pokrývky se v ČHMÚ užívá zkratka „SCE“ [cm]; pro vodní hodnotu sněhové pokrývky „SVH“ [mm] (ta vyjadřuje výšku vodního sloupce, pokud by se sněhová pokrývka o dané výšce rozpustila na vodu). Pro odlišení dat změřených na ASNS se u prvků užívá koncové písmeno „a“ vyjadřující „automatická“, tj. „SCEa“, resp. „SVHa“.

Typy automatických sněhoměrných stanic

Z hlediska technického provedení lze ASNS rozdělit do více skupin. Nejdůležitějším kritériem je rozsah měřených prvků. Tzv. „velká“ samostatně stojící stanice měří výšku (SCEa) i vodní hodnotu (SVHa) sněhové pokrývky, ze které lze následně vypočítat hustotu ($\rho = \text{SVH}/\text{SCE}/10$). Tzv. „malá“ samostatně stojící stanice postrádá zařízení na měření vodní hodnoty (SVHa) a měří pouze výšku (SCEa) sněhové pokrývky. Tyto stanice jsou standardně osazeny čidly na měření teploty vzduchu a relativní vlhkosti (ve 2 metrech) pro dokreslení meteorologické situace v daném místě. Dále jsou na různých ASNS variantně osazeny teplotní čidla v různých výškách nad zemským povrchem, větroměrným zařízením či srážkoměrem.

Další možností technického provedení je rozšíření stávající standardní meteorologické (AMS) či klimatologické stanice (AKS) o čidlo měřící výšku sněhové pokrývky. Výhodami jsou jednoduchá instalace na místě za využití prostředků stávající stanice, snadné rozšíření rozsahu pozorovaných dat v databázi Clidata o prvek SCEa a zachování kontinuity měření na dané lokalitě. Obdobná je i instalace u limnigrafických stanic (např. Jablonec nad Jizerou).

Z hlediska principu měření prvků je situace následující: vodní hodnota (SVHa) je měřena pomocí hydrostatického tlaku v plochém gumovém vaku (čtvercového či kruhového tvaru) naplněného glykoetylenem. Druhá možnost měření hmotnosti, a to pomocí tenzometrických vah, se již v ČHMÚ nepoužívá.

Pro měření výšky sněhové pokrývky (SCEa) se používají buď ultrazvuková čidla, nebo laserové dálkoměry. Oba typy jsou instalovány na vyvýšené konzoli a měří vzdálenost k povrchu sněhové pokrývky, od které se zpět odráží signál vyslaný čidlem. Laserová čidla jsou obecně přesnější a spolehlivější v případě náročných meteorologických podmínek (sněžení, déšť).

Popis sítě automatických sněhoměrných stanic ČHMÚ

V současné době (březen 2019) je síť ASNS v rámci ČHMÚ tvořena 16 stanicemi měřících SCEa + SVHa a dalšími 13, které měří pouze SCEa anebo jsou součástí automatické klimatologické stanice. Do roku 2020 by měl celkový počet stanic dosáhnout finálního čísla 51. Současné rozmístění jednotlivých typů ASNS zobrazuje přiložený obr. 1.

ASNS jsou rozmístěny systematicky tak, aby co nejlépe poskytovaly reprezentativní data pro daný region. Nejde pouze o plošné rozmístění, ale i o výběr vhodné nadmořské výšky a topografie místa, kde lze ASNS situovat. Umístění bodů stávající sítě a její vybudování bylo úkolem Oddělení aplikované hydrologie ČHMÚ (Jiráček, Bercha). Následující výběr lokalit je v dílce jednotlivých poboček ČHMÚ. V oblasti Šumavy je v tomto aktivní dobrovolný spolek sumava.eu (stanice Blatný vrch, Bučina, Plechý).

Data z automatických sněhoměrných stanic v klimatologické databázi CLIDATA

Po změření prvku SCEa či SVHa daným čidlem jsou data pomocí GSM přenášena na datové servery výrobců stanic (Meteoservis, Fiedler-Mágr). Dále jsou pomocí FTP kopírována na server v ČHMÚ a nainportována do databáze CLIDATA. Již při importu jsou data zpracovávána a kontrolována tak, aby se v databáze vyskytovalo co nejméně výpadků a chyb. Limitní hodnoty prvků jsou nastaveny pro SCEa <0–500 cm>, SVHa <0–2 000 mm>; V případě, že importovaná hodnota SCEa <2 cm, je její hodnota přepsána na SCEa = 0 (s výjimkou laserových čidel). Pokud je SCEa=0, pak je i SVHa =0, tzn., že se na dané stanici nevyskytuje sněhová pokrývka.

Další funkcí pro zvýšení spolehlivosti dat je interpolace chybějících hodnot. Dynamika prvků SCEa, SVHa není v časovém měřítku v porovnání např. s teplotou či srážkami tak velká. Proto jsou výpadky v datech, které trvají méně než 3 hodiny, interpolovány Fergusonovým polynomem 3. stupně a data doplněna s příslušným označením „I“ jako „Interpolated“ (flag). Funkce „Pravidelná kontrola“ v Clidatech též poskytuje dokonalý přehled o četnosti výpadků v datech (např. z ASNS) v jakémkoliv zvoleném období s možností okamžité opravy. Garantem importů a operací nad daty jsou pracovníci pobočky Ostrava (Tolasz, Lipina).

Data SCEa, SVHa jsou měřena a importována v 10 minutovém kroku. V databázi CLIDATA jsou dále automaticky zpracována na hodinové průměry (SCEa1H, SVHa1H >> %3H >> %6H). A dále jsou hodnoty SCEa1H a SVHa1H k 07:00 ranní kopírovány do přehledu nepravidelných (termínových) hodnot. Tím se dostávají do souhrnů všech sněhoměrných měření v rámci sítě ČHMÚ.

Inspekční návštěvy na automatických sněhoměrných stanicích

Na všech ASNS se v průběhu roku vykonávají inspekční návštěvy. Ty zahrnují kontrolní měření za účelem ověření přesnosti měření ASNS a její reprezentativnosti vůči širšímu okolí, kontrolu technického stavu stanice a fotodokumentaci. Optimální průběh inspekčních návštěv v průběhu roku: 1–2x během léta (sekání trávy); před zimou (srovnání čidel SCEa, SVHa na hodnotu „0“; během první 1/3 zimy; v době maxima sněhové pokrývky; na konci zimy. Zjednodušeně: kdykoliv je „cesta okolo“. Zpracované inspekční protokoly s fotodokumentací jsou ukládány ke každé ASNS do databáze CLIDATA do položky „Události“. Zároveň se průběžně během zimy ASNS kontrolují vzdáleným přístupem (internet), tak je možno bezprostředně reagovat na problém vzdálenou správou či vysláním pracovníka, pokud je nutný fyzický zásah (např. výměna akumulátoru, očištění solárního panelu atp.).

Při porovnání hodnot změřených během inspekčních návštěv lze obecně konstatovat, že měření ASNS jsou velmi spolehlivá a přesná, dobře odpovídají měřením v těsném okolí stanice a výborně reprezentují oblast, v níž jsou situovány. Na rozdíl od časové variability má ta prostorová výraznější vliv na hodnoty SCE a SVH. I na malém prostoru (např. v prostoru ochranného oplocení stanice 3x3 m) mohou rozdíly v SCE dosahovat až 20 cm a adekvátně tomu i hodnoty SVH.



Obr. 1 Mapa rozmištění automatických sněhoměrných stanic (ASNS) ČHMÚ na území ČR.

Analýza dat SCEa, SVHa z databáze CLIDATA

Vzhledem k velkému objemu dat byla následující analýza ze všech ASNS provedena pouze za poslední dvě zimy 2017/2018 a 2018/2019 a to pro měsíce listopad až duben. Posuzovány byly hodnoty denních dat k 07:00 SEČ, které jsou automaticky počítány z desetiminutových dat. U SCEa 24 z 29 stanic mělo výpadky do 2% všech měření. Celkem se vyskytlo za uvedené dvě zimy pouze 186 výpadků, tj. 2% denních hodnot SCEa. Hlavní podíl na tomto faktu má stanice Rybník (se 17% výpadků dat), kde byly problémy s řídicí jednotkou, která byla následně vyměněna. Druhý nejvyšší podíl má stanice Luční bouda, která měří SCEa první zimu 2018/2019 s 14% chybějících dat. Zde je důvodem extrémní počasí panující v nejvyšších partiích Krkonoš, které zapříčiňuje velmi rychlý nárůst námrazy (během několika hodin), která brání laserovému čidlu v bezproblémovém měření. Během této zimy se o odstraňování námrazy starali pracovníci Horské služby ČR, ČHMÚ a Slunce. Na další zimy bude instalováno vytápění krytu, které zabrání nárůstu námrazy. I přes tyto výpadky poskytuje stanice Luční bouda výborné a věrohodné informace o stavu sněhové pokrývky v nejvyšších partiích Krkonoš. U hodnot SVHa je situace ještě příznivější, protože měření není vůbec ovlivňováno atmosférickými jevy. Z 16 ASNS, které měří SVHa jich plných 13 má 0% výpadků denních dat. Zbylé tři – Rybník (11%), Teslíny (6%) a Polánka (2%) měly výše uvedené potíže technického rázu s řídicí jednotkou.

Závěr

Současné zkušenosti z provozu ASNS v rámci ČHMÚ potvrzují vhodně zvolenou strategii v oboru měření veličin sněhové pokrývky. Bohaté zkušenosti z budování sítě v posledních deseti letech vedou k neustálé optimalizaci a zlepšování jak vlastní konstrukce automatických sněhoměrných stanic, tak i softwarového zpracování dat.

Hlavní výhody zavádění a užívání ASNS jsou:

- objektivita (stejně měřidlo, stejná lokalita);
- spolehlivost (nezávislost na lidských zdrojích);
- aktuálnost (přenos dat on-line, přístup na internetu);
- kontinuita, podrobnost (souvislá řada 10 minutových dat);
- nízké provozní náklady (výjimečná potřeba zásahu vnějšího subjektu);
- poskytování cenných hydrologických i klimatologických dat především z obtížně přístupných horských oblastí, kde sněhová pokrývky hrají dominantní roli v hydrologické bilanci.

Aktuální data z automatických sněhoměrných stanic jsou veřejně přístupná na portále www.chmi.cz: > Počasí v regionech > Sníh.

Literatura:

BERCHA, Š., 2018. Automatic snow measuring stations network in CHMI. Prezentace PPT. Praha.

Využití automatického měření výšky sněhu a SWE ke zpřesnění úhrnu zimních srážek

MICHAL JENÍČEK¹, ŠTĚPÁN PEŇÁZ¹

¹ Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geokologie, michal.jenicек@natur.cuni.cz

Úvod

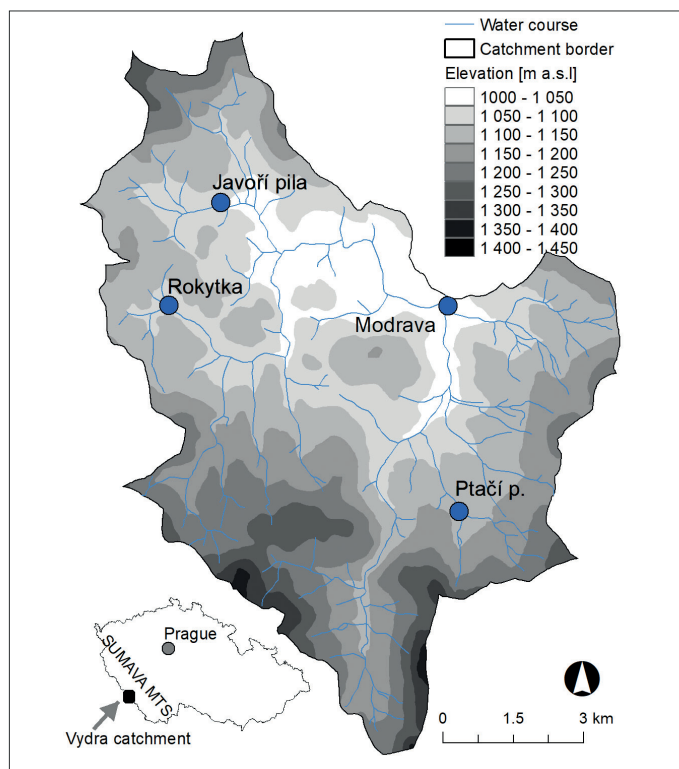
Měření zimních srážek je problematické z hlediska jejich přesnosti. Jedním ze způsobů je měření pomocí klasických vyhřívaných ombrometrů. Díky větru je pro tyto srážky typické jejich podhodnocení oproti skutečným srážkám, a to jak v průběhu akumulace, tak díky následné redistribuci sněhové pokrývky (Rasmussen et al. 2012). Měření se tedy stále častěji kombinují s měřením výšky nového sněhu (SD_{new}) nebo vodní hodnoty sněhu (SWE_{new}), které se převádí na výšku srážek. V případě využití automatického měření výšky sněhu je potřebný také výpočet hustoty nového sněhu (ρ_{SD}) (Helfricht et al. 2018). Nové přesné ultrazvukové nebo laserové senzory a sněhoměrné váhy významně zvýšily možnosti těchto měření. Cílem této studie bylo 1) analyzovat automaticky měřená data z vyhřívaného člunkového srážkoměru, ultrazvukových senzorů pro měření výšky sněhu a senzorů pro měření SWE, s cílem stanovit závislost hustoty nového sněhu na meteorologických podmínkách. Na základě zjištěných závislostí bylo dalším cílem 2) odvození a ověření vztahu, který bude sloužit ke zpřesnění zimních srážek. Ověření zjištěných výpočtů proběhlo pomocí hydrologického modelu HBV (ve verzi light, Seibert a Vis, 2012). V tomto článku uvádíme první výsledky naší studie. Tyto výsledky budou předmětem dalšího zkoumání a ověřování.

Studované území, data a metody

Analýzy proběhly na základě dat ze čtyř klimatologických stanic, které se nachází v povodí Vydry: Modrava, Ptačí potok, Rokytky a Javoří pila (obr. 1). První tři stanice provozuje Katedra fyzické geografie a geokologie PŘF UK, čtvrtou stanici provozuje ČHMÚ.

Z uvedených stanic byly dostupné 10 minutové hodnoty výšky sněhu, SWE, teploty vzduchu a vlhkosti vzduchu. Kromě uvedených dat, je na stanici Modrava umístěn vyhřívaný člunkový srážkoměr. Data pro jednotlivé stanice byla dostupná od roku 2012 (Modrava), případně od roku 2015 (ostatní stanice). Měření SWE na stanici Modrava probíhá pomocí sněhoměrných vah (Sommer Messtechnik), na Ptačím potoce pomocí měření impedance (SnowPack Analyser SPA, Sommer Messtechnik) a na stanicích Rokytky a Javoří pila pomocí sněhoměrných polštářů (Fiedler-Mágr). Měření výšky sněhu probíhá pomocí ultrazvukových senzorů. Některé stanice poskytují i další meteorologické veličiny, jako je směr a rychlost větru, globální a odražená krátkovlnná radiace, dlouhovlnná radiace či teplota sněhu. Tato data byla použita jako doplňková data při ověřování spolehlivosti výsledků.

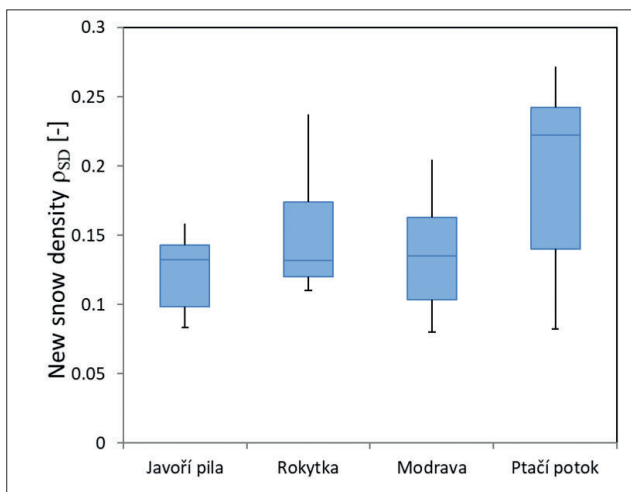
Z dostupných dat bylo vybráno 54 srážkových událostí, které splňovaly následující kritéria: Průměrná denní teplota vzduchu < 0 °C, $SD_{new} > 10$ cm/den, $SWE_{new} > 10$ mm/den. Prozatím byla analyzována data pouze ze dvou zimních sezón – 2015/2016 (dále jen sezóna 2016) a 2016/2017 (dále jen sezóna 2017), vždy pro období od 1. listopadu do 31. března. Z přírůstků SWE a SD byla pro každou událost vypočtena hustota nového sněhu (ρ_{SD}), která byla následně vztahována k teplotě vzduchu a vlhkosti vzduchu. Pokud s daným meteorologickým prvkem existoval statisticky významný vztah, byla za použití jednoduché lineární regrese stanovena rovnice pro výpočet ρ_{SD} . V dalším kroku byla tato rovnice použita



Obr. 1 Mapa lokality použitých pro výpočet zimních srážek.

pro výpočet výšky srážek z dat přírůstků nového sněhu pro obě analyzované sezóny, 2016 a 2017. Při odvození této časové řady byl uvažován i fakt, že některé ze srážek se vyskytovaly v kapalném skupenství (výška sněhu se nezvyšovala). Tyto srážky, měřené ombrometrem, byly bez další úpravy přidány k odvozené řadě. Jako doplňkový proběhl i výpočet výšky srážek pouze na základě přírůstků SWE. Výše uvedenými způsoby jsme tedy vytvořili tři různé srážkové řady A) srážky měřené vyhřívaným ombrometrem, B) srážky odvozené z přírůstků SWE a C) srážky odvozené z přírůstků výšky sněhu doplněné o kapalně srážky.

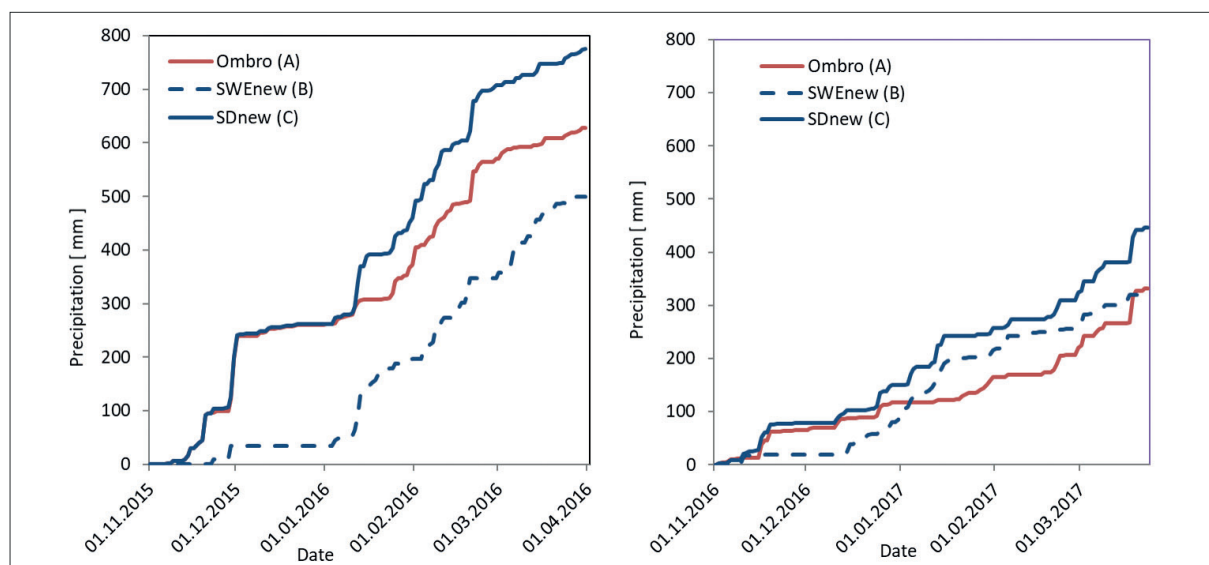
Pro nepřímé ověření, která z odvozených řad nejlépe vystihuje srážkové poměry studovaných lokalit, byl použit hydrologický „bucket-type“ model HBV (ve verzi light, Seibert a Vis, 2012). Model byl sestaven jak pro povodí Vydry (profil Modrava), tak pro dílčí povodí Roklanského potoka (profil Modrava). Model HBV byl kalibrován pro všechnu tři kombinace vstupních srážek (A, B a C). Model byl nastaven na denní krok a kalibrován oproti měřenému průtoku. Ke kalibraci byl využit genetický algoritmus využívající selekci a rekombinaci testovaných parametrů modelu (GAP, Genetic Algorithm Procedure, Seibert 2000). Byla využita vícekriteriální kalibrace se dvěma objektivními funkcemi; 1) logaritmičtý Nash-Sutcliffe NSE_{log} (Nash-Sutcliffe, 1970) a objemová chyba Vol_{err} . Z těchto dvou funkcí byla následně vypočtena „fuzzy“ funkce (s vahou 0,7 pro NSE_{log} a 0,3 pro Vol_{err}), na které byl model HBV ověřován. Výchozí hypotézou bylo, že přesnější řada vstupních srážek by měla také vést k lepší kalibraci modelu. Proto lze poté takovou řadu srážek považovat za reprezentativnější pro dané povodí.



Obr. 2 Hustota nového sněhu v sezónách 2016 a 2017 na studovaných lokalitách.

Výsledky a diskuze

Hustoty nového sněhu pro vybrané události v jednotlivých lokalitách dosahovaly hodnot od 0,08 do 0,25 (obr. 2). U hodnot nad 0,2 se lze domnívat, že jsou ovlivněny redistribucí sněhu větrem či nepřesným měřením automatických sněhoměrů. Na základě korelační a regresní analýzy dat se podařilo prokázat závislost mezi hustotou nového sněhu a teplotou vzduchu, ačkoliv tato závislost je pouze slabá (hodnota Spearmanova koeficientu pořadové korelace $r_s = 0,39$). Přímá závislost mezi hustotou nového sněhu a vlhkostí vzduchu ovšem prokázána nebyla. Pro výpočet hustoty nového sněhu byla tedy v dalších analýzách použita pouze teplota vzduchu.



Obr. 3 Zimní srážky na Modravě v chladném půlroce 2016 (vlevo) a 2017 (vpravo). Ombro (A) značí srážky měřené vyhřívaným ombrometrem, SWE_{new} (B) značí vypočtené srážky spočtené pomocí přírůstku SWE a SD_{new} (C) značí vypočtené srážky pomocí výšky nového sněhu a vypočtené p_{SD} .

Sezónní úhrn srážek měřený vyhřívaným ombrometrem dosáhl v sezóně 2016 629 mm, zatímco vypočtené srážky na základě přírůstků nového sněhu byly 775 mm (obr. 3). V sezóně 2017 bylo ombrometrem naměřeno 332 mm, zatímco vypočtené srážky dosáhly 446 mm. To odpovídá relativnímu podhodnocení srážek z ombrometru oproti výpočtu o 18,8 % v sezóně 2016 a o 25,5 % v sezóně 2017. Výpočet pomocí přírůstků SWE překvapivě ukazuje na ještě větší rozdíly v průběhu křivek, obzvláště v sezóně 2016.

Výsledky kalibrace modelu ukázaly, že model simuluje průtok Roklanského potoka nepatrně lépe s použitím časové řady vypočtených srážek pomocí přírůstků sněhu (řada C) než s použitím srážek z ombrometru (řada A). V případě sezóny 2016 vychází parametr NSE_{\log} 0,71 pro vypočtené srážky oproti 0,69 pro ombrometr. V roce 2017 je rozdíl ještě větší, ačkoliv úspěšnost kalibrace je obecně malá. Trochu překvapivě nejhorší výsledky model poskytuje při použití časové řady srážek získané z přírůstků SWE (řada B). Pro celé povodí Vydry po profilu Modrava jsou výsledky podobné, jako v případě Roklanského potoka. Výsledky tak nepřímou ukázkou, že vypočtená řada srážek kombinující jak přírůstky výšky sněhu, tak vstup z ombrometru, poskytuje lepší výsledky simulace průtoku a jeví se tak jako více reprezentativní. Z použití modelu ale pramení řada nejistot, které ještě budou muset být v dalším výzkumu zohledněny, například nejistoty pramenící z použitých měřítkových úrovní (vstup do modelu tvořily bodové srážky, model ale předpokládal jejich rovnoměrné rozdělení v povodí).

Závěry

Výsledky ukázaly na významné rozdíly ve způsobu měření a výpočtu zimních srážek. Hlavní závěry lze shrnout v následujících bodech:

Klasická měření vyhřívaným ombrometrem mohou být často podhodnocena díky vlivu větru. Nicméně i výpočty založené na kumulaci přírůstků výšky sněhu nebo SWE získané z automatických senzorů mohou poskytovat rozdílné výsledky. Přesto se ale použitá metoda spočívající v kombinaci výpočtu hustoty nového sněhu a přírůstku výšky nového sněhu jeví jako použitelná.

Výsledky vícekritériální kalibrace modelu ukázaly na obecně lepší schopnost modelu simulovat odtok z povodí za použití vypočtené řady srážek oproti srážek z ombrometru. Zároveň se tak ukázalo, že použití automatických senzorů pro měření výšky sněhu může přinést zpřesnění odhadu zimních srážek na povodí.

V tomto článku uvádíme první výsledky naší studie. Dosavadní postupy ukázaly na celou řadu nejistot, které musí být předmětem dalšího zkoumání a ověřování. Proto zde uvedené výsledky zatím nelze přijmout jako zobecnitelné a prakticky aplikovatelné na jiné lokality.

Literatura:

- HELFRICHT, K., HARTL, L., KOCH, R., MARTY, C., OLEFS, M., 2018. Obtaining sub-daily new snow density from automated measurements in high mountain regions, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 22(5), 2655–2668, doi:10.5194/hess-22-2655-2018.
- NASH, J. E., SUTCLIFFE, J. V., 1970. River flow forecasting through conceptual models part I – A discussion of principles, *J. Hydrol.*, 10(3), 282–290, doi:10.1016/0022-1694(70)90255-6.
- RASMUSSEN, R. et al., 2012. How Well Are We Measuring Snow: The NOAA/FAA/NCAR Winter Precipitation Test Bed, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 93(6), 811–829, doi:10.1175/BAMS-D-11-00052.1.
- SEIBERT, J., VIS, M. J. P., 2012. Teaching hydrological modeling with a user-friendly catchment-runoff-model software package, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 16, 3315–3325, doi:10.5194/hessd-9-5905-2012.
- SEIBERT, J., 2000. Multi-criteria calibration of a conceptual runoff model using a genetic algorithm, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 4(2), 215–224, doi:10.5194/hess-4-215-2000.

Historické horské zrážkomerné stanice na území Slovenska s významnou polohou a historickou hodnotou

LADISLAV MARKOVIČ¹, JOZEF PECHO², PAVEL FAŠKO³

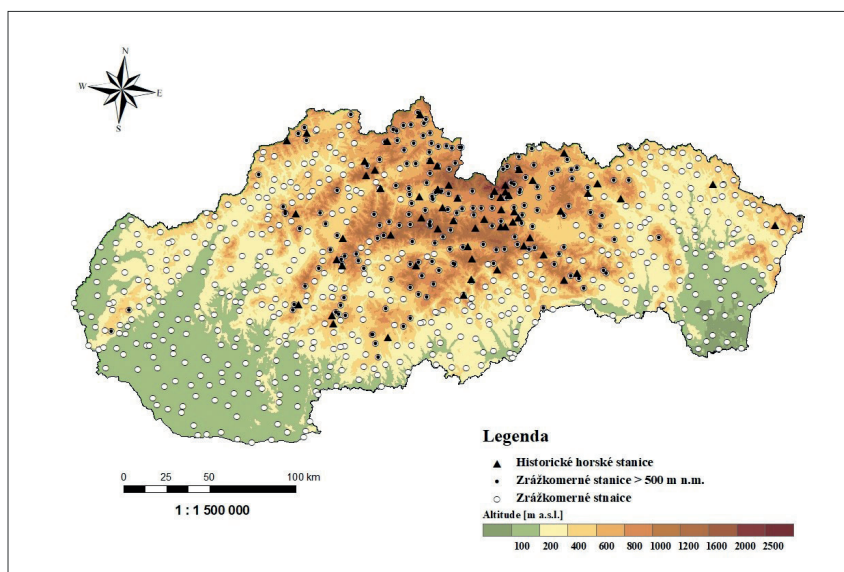
¹ Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, ladislav.markovic@shmu.sk, ² jozef.pecho@shmu.sk,

³ pavol.fasko@shmu.sk

Úvod

Väčšina zrážkomerných staníc z ktorých sú dostupné digitalizované údaje je situovaná v polohách, ktoré boli v minulosti trvale osídlené. Ľudia však tieto oblasti postupne opúšťali, a tým bolo ukončené aj meranie a pozorovanie na týchto staniách. V dôsledku toho, existuje pomerne veľa časových radov meraní a pozorovaní zrážok v polohách, kde sa v súčasnosti tieto merania a pozorovania nevykonávajú. Vo výbere staníc sme sa sústreďovali na tie, ktoré boli situované v nadmorských výškach viac ako 500 metrov. Digitalizované časové rady (denných úhrnov zrážok, novej snehovej pokrývky, celkovej snehovej pokrývky a jej vodnej hodnoty) boli rôzne dlhé, pričom väčšinou nespĺňali stanovené kritériá potrebné pre zaradenie do spracovania pre výpočet dlhodobých priemerných hodnôt a následne do procesu digitalizácie. Preto mnohé z nich ostali v archíve nedotknuté.

Meteorologické stanice umiestnené v exponovanom horskom teréne predstavujú častokrát neoceniteľný zdroj údajov poskytujúci informácie potrebné nielen na komplexnejšie pochopenie dynamiky systému ale aj lokálnych deformácií v priestorovej distribúcii polí meteorologických veličín spôsobených orograficky členitým terénom. Údaje získané z historických horských zrážkomerných staníc, ktoré už v súčasnosti nevykonávajú aktívne pozorovania, je možné po spracovaní a kontrole použiť nielen na doplnenie katalógov extrémov pozorovaných meteorologických veličín ale môžu byť použité aj pri tvorbe mapových podkladov a v prípade kvalitných časových radov pozorovaní aj ako vstup pre proces klimatického modelovania. V rámci DaRe aktivít bolo vybraných 64 zrážkomerných staníc umiestnených v polohách nad 500 m n. m., (500 m n. m. až 1 958 m n. m.) ktoré aktívne vykonávali zrážkomerné pozorovania v období rokov 1896–1980 a v minulosti neboli zahrnuté do procesu digitalizácie. Z archívnych mesačných zrážkomerných výkazov boli na vybraných staniách do spracovania zahrnuté predovšetkým hodnoty mesačných úhrnov atmosférických zrážok, maximálne denné úhrny zrážok za mesiac, maximálne sumy 2 a 5denných úhrnov atmosférických zrážok, denná výška celkovej snehovej pokrývky, výška novej snehovej pokrývky a vodná hodnota snehovej pokrývky.

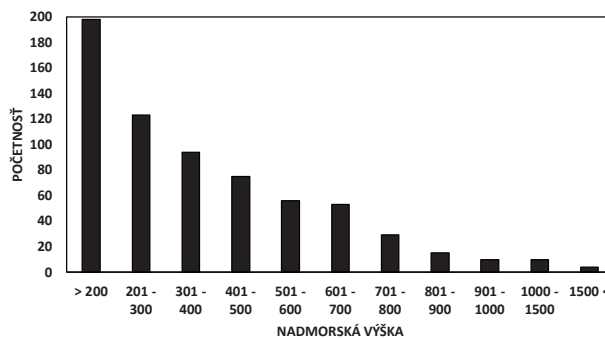


Obr. 1 Aktuálna sieť zrážkomerných staníc SHMÚ doplnená vybranými historickými horskými stanicami.

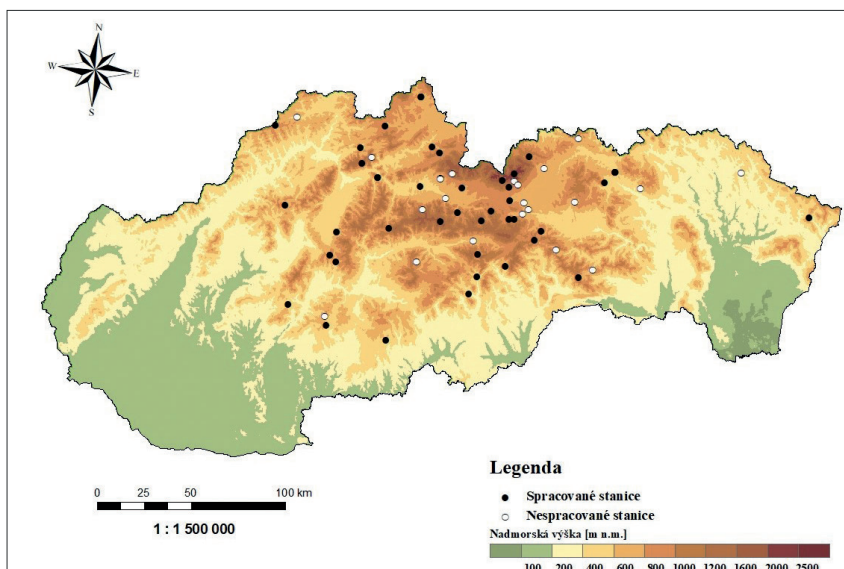
Sieť zrážkomerných staníc SHMÚ

Špecializované merania charakteristík atmosférických zrážok a s nimi spojenými meteorologickými javmi sú na území Slovenska uskutočňované dobrovoľnými pozorovateľmi v rámci siete zrážkomerných staníc, ktoré svojimi zrážkomernými údajmi dopĺňajú merania základnej siete klimatologických staníc. Hustota a distribúcia staníc zrážkomernej siete sa predovšetkým v posledných rokoch relatívne výrazne mení, čo je spôsobené najmä prechodom na automatické merania a znižovaním počtu dobrovoľných pozorovateľov, čo je spôsobené postupným odchodom staršej generácie pozorovateľov a relatívnym nezaujímom mladšej generácie a samospráv o vykonávanie

dobrovoľných pozorovaní atmosférických zrážok. Ku koncu roka 2018 bolo v aktívnej prevádzke 667 staníc (obr. 1), čo pri rozlohe Slovenska (49 035 km²) predstavovalo hustotu približne 1 stanica na 73,5 km². Relatívne veľká geomorfologická diverzita územia spolu so špecifickým umiestneným vyšších položených horských oblastiach – nad 500 m n. m. v stredných a severných častiach územia výrazne prispieva ku nerovnomernej priestorovej a výškovej distribúcii zrážkomerných staníc. Väčšina staníc je umiestnená v nížinných a kotlinových oblastiach v blízkosti ľudských sídel, čo je samozrejme podmienené dostupnosťou pozorovateľov a zvýšenou potrebou údajov pokrývajúcou obývané oblasti (obr. 2). V nížinných oblastiach, do 300 m n. m. (41 % územia) je momentálne situovaných 321 staníc (48,1%) čo predstavuje hustotu 1 stanica na 62,5 km². V oblasti nízkych vysočín, od 301 do 800 m n. m. (45 % územia) sa nachádza 307 staníc (46%) s hustotou približne 1 stanica na 72 km². Zvyšné územie pokrýva oblasť stredných vysočín, od 801 do 1 500 m n. m. (13 % územia) kde je umiestnených 35 staníc (5,2%) s hustotou približne 1 stanica na 93 km² a na zvyšnom jednom percente územia, v oblasti vysokých vysočín nad 1 500 m n. m. sú umiestnené len 4 stanice (0,6 %) s hustotou staničnej siete, 1 stanica na 138 km². Takáto nerovnomerná distribúcia staničnej siete sa môže častokrát ukazovať ako prekážka nielen pri výpočte priestorovej distribúcie úhrnov atmosférických zrážok, celkovej snehovej pokrývky alebo vodnej hodnoty snehovej pokrývky ale aj pri zachytávaní extrémnych prejavov atmosférických zrážok prípadne a s nimi spojených meteorologických javov. V operatívnej praxi sa preto napríklad pri tvorbe mapových podkladov musí pre zlepšenie



Obr. 2 Členenie siete zrážkomerných staníc SHMÚ na základe nadmorskej výšky (m n. m.).

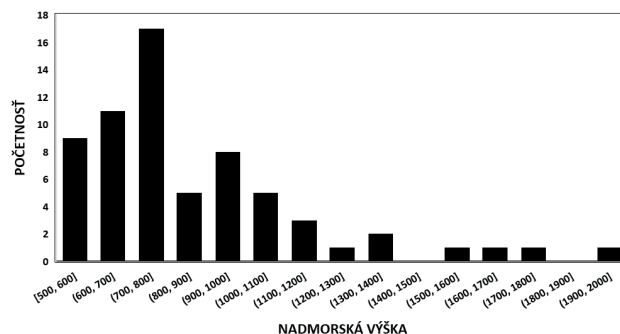


Obr. 3 Vybrané historické horské zrážkomerné stanice.

priestorovej distribúcie pristupovať ku využívaniu virtuálnych, doplnkových bodov, lokalizovaných predovšetkým v hrebeňových polohách pohorí. Zlepšenie hustoty siete v horských oblastiach je však potenciálne možné dosiahnuť aj zahrnutím doposiaľ nespracovaných časových radov pozorovaní zo staníc umiestnených v horských oblastiach.

Historické horské zrážkomerné stanice

V rámci DaRe aktivít bolo vybraných 64 zrážkomerných staníc umiestnených v polohách nad 500 m n. m., (500 m n. m. až 1 958 m n. m.) ktoré aktívne vykonávali zrážkomerné pozorovania v období rokov 1896–1980 a v minulosti neboli zahrnuté do procesu digitalizácie (obr. 3). Z archívnych mesačných zrážkomerných výkazov boli na vybraných staniach do spracovania zahrnuté predovšetkým hodnoty mesačných úhrnov atmosférických zrážok,



Obr. 4 Výškové členenie (m n. m.) historických horských zrážkomerných staníc.

maximálne denné úhrny zrážok za mesiac, maximálne sumy 2 a 5denných úhrnov atmosférických zrážok, denná výška celkovej snehovej pokrývky, výška novej snehovej pokrývky a vodná hodnota snehovej pokrývky.

Priemerná nadmorská výška staníc vo výberovom súbore je 861 m n. m. pričom najnižšie položenou stanicou je Červený Voda situovaná na východe územia na južnom úpätí pohoria Čergov v nadmorskej výške 500 m n. m. Najvyššie položenou zrážkomernou stanicou bola Zbojnícka chata – umiestnená v závere Veľkej studenenej doliny vo Vysokých Tatrách v nadmorskej výške 1 958 m n. m. (obr. 4). Priemerná dĺžka dostupných časových radov spracovávaných charakteristík bola 27 rokov, pričom najdlhším dostupným časovým radom disponovala stanica Oravská Polhora-Roveň (704 m n. m.) vykonávajúca zrážkomerné pozorovania v období 75 rokov 1897–1971 (obr. 5).

Proces editácie, výpočtu (maximálne sumy 2 a 5denných úhrnov atmosférických zrážok), následnej kontroly a digitalizácie údajov momentálne ešte stále prebieha. Kompletne spracované boli doposiaľ údaje zo 40 zrážkomerných staníc vybraných na základe ich kvality, dĺžky merania a atraktívnosti polohy danej stanice (obr. 3).

Ukážka štatistického spracovania

Tab. 1a Maximálne sumy mesačných (MONTH_MAX), denných (D_MAX) 2denných (2D_MAX) a 5denných (5D_MAX) úhrnov atmosférických zrážok [mm] s definovanou lokalitou a obdobím výskytu.

CHARAKTERISTIKA	ÚHRN [mm]	ROK	MESIAC	STANICA	NADMORSKÁ VÝŠKA [m n. m.]
MONTH_MAX	517,0	1934	JÚL	POPRADSKÉ PLESO	1 513
D_MAX	182,1	1970	JÚL	ORAVSKÁ POLHORA, ROVEŇ	704
2D_MAX	240,4	1934	JÚL	POPRADSKÉ PLESO	1 513
5D_MAX	300,1	1970	JÚL	ŽDIAR, BIELA VODA	1 008

Tab. 1b Maximálna výška celkovej (CSP_MAX) a novej (NSP_MAX) snehovej pokrývky [cm], maximálne mesačné sumy celkovej (CSP_SUM_MONTH) a novej (NSP_SUM_MONTH) snehovej pokrývky [cm] a maximálne sezónne (júl–jún) sumy celkovej (CSP_SUM_SEASON) a novej (NSP_SUM_SEASON) snehovej pokrývky [cm] s definovanou lokalitou a obdobím výskytu.

CHARAKTERISTIKA	HODNOTA [cm]	ROK / SEZÓNA	MESIAC	STANICA	NADMORSKÁ VÝŠKA [m n. m.]
CSP_MAX	429	1940	MAREC	CHATA POD ĎUMBIEROM	1 740
NSP_MAX	81	1961	NOVEMBER	VEĽKÝ JAVORNÍK	950
CSP_SUM_MONTH	11 341	1937	MAREC	CHATA POD ĎUMBIEROM	1 740
NSP_SUM_MONTH	264	1932	FEBRUÁR	POPRADSKÉ PLESO	1 513
CSP_SUM_SEASON	40 749	1936/37	–	CHATA POD ĎUMBIEROM	1 740
NSP_SUM_SEASON	811	1931/32	–	POPRADSKÉ PLESO	1 513

Záver

Spracované údaje z historických horských zrážkomerných staníc predstavujú cennú údajovú základňu, ktorá bude po ukončení procesu agregácie údajov použitá nielen ako doplňujúci údaj pre tvorbu mapových podkladov a priestorovo – časovej analýzy polí vybraných meteorologických prvkov. Predstavujú aj potenciálne významný zdroj extrémnych hodnôt spracovávaných charakteristík atmosférických zrážok, ktorý môže byť využitý v procese prípravy a spracovania frekvenčných analýz a ako podkladový materiál v procese klimatického modelovania.

Literatúra:

ČESKÁ METEOROLOGICKÁ SPOLEČNOST Elektronický meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS). [online]. [cit 11.03.2019]. Dostupné z [www: http://slovník.cmes.cz](http://slovník.cmes.cz).

FAŠKO, P., KAJABA, P., MARKOVIČ, L., PECHO, J., ŠTASTNÝ, P., 2017. Charakteristika snehovej pokrývky na horských stanicích Slovenska s významnou polohou a historickou hodnotou. In: *120 let meteorologických měření a pozorování na Lysé hoře. Sborník příspěvků z konference pořádané Českým hydrometeorologickým ústavem a Českou meteorologickou společností konané na Lysá hoře ve dnech 14.–15. června 2017*. Praha: ČHMÚ. 1. vydání, s. 152–153. ISBN 978-80-87577-68-4.

LUKNIŠ, M., 1972. Reliéf Slovensko 2, Príroda. Bratislava, Obzor, s. 124–202.

Terénne meranie výšky snehovej pokrývky v pohorí Vtáčnik

JAKUB MÉSZÁROS¹, NORBERT POLČÁK²

¹ Ústav hydrológie SAV, Bratislava, jakubmeszaros@uh.savba.sk, ² Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra fyzickej geografie a geoekológie, norbert.polcak@uniba.sk a Slovenský hydrometeorologický ústav, Odbor meteorologických predpovedí a výstrah, Bratislava, norbert.polcak@shmu.sk

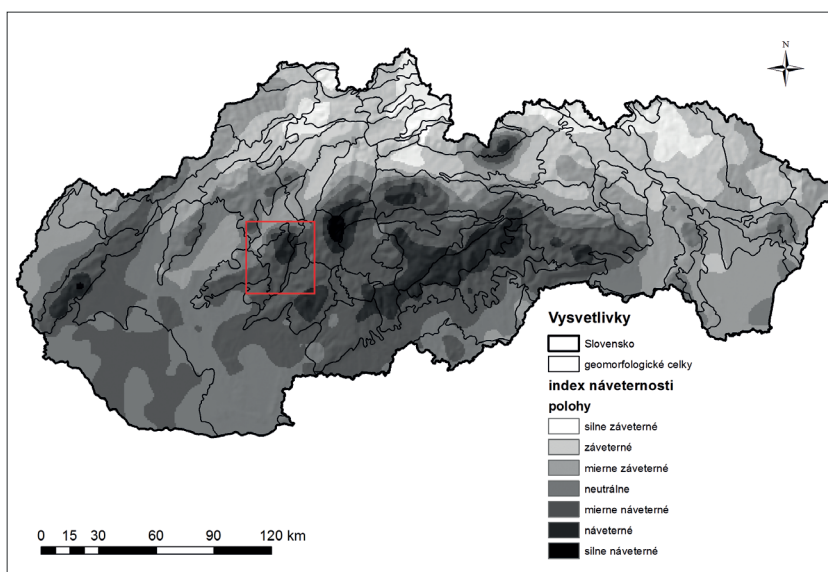
Úvod a ciele

Slovensko je malá krajina s pestrým a členitým reliéfom. Poloha v strede Európy má za následok striedanie vzduchových hmôt. Vlhký vzduch sa k nám dostáva najčastejšie počas cyklonálnych situácií v zonálnom smere zo západu a severozápadu od Atlantického oceánu (SHMÚ, 2009). Prekážku v prúde predstavujú pohoria, ktoré sa nachádzajú v severozápadnej časti krajiny, alebo najvyššie pohoria, ktoré sú orientované kolmo voči prevládajúcemu vlhkonosnému prúdeniu. Okrem západného a severného smeru sa do našej oblasti často dostávajú zrážky aj z juhu od Stredozemného mora a z juhovýchodu od Čierneho mora. V našej predchádzajúcej práci (Polčák, Mészáros, 2018) sme zisťovali, ktoré miesta dostávajú najviac zrážok počas južných cyklonálnych situácií (obr. 1). V tomto príspevku sme sa rozhodli, že v jednej z týchto oblastí overíme efekt náveternosti. Vykonali sme terénne meranie v pohorí Vtáčnik, ktoré sa v našom výskume ukázalo ako náveterné pri prúde vlhkého vzduchu od juhovýchodu. Pohorie sa nachádza hranici západného a stredného Slovenska a dosahuje maximálnu nadmorskú výšku 1 345,8 m n. m. Chceli sme potvrdiť narastanie zrážok so stúpajúcou nadmorskou výškou a zvyšovanie úhrnov na náveternej strane, respektíve znižovanie úhrnov s klesajúcou nadmorskou výškou a ubúdanie zrážok na záveternej strane.

Metodika

Ak sme chceli splniť naše ciele a overiť narastanie úhrnov so stúpajúcou a znižovanie úhrnov s klesajúcou nadmorskou výškou na náveternej aj záveternej strane pri prúde od juhovýchodu, museli sme merať úhrny v rôznych nadmorských výškach na juhovýchodnom aj severozápadnom svahu. Na Slovensku sa merajú zrážky v zrážkomerných stanicích, ktoré ale nie sú v horských oblastiach Slovenska dostatočne husto a vhodne umiestnené. Preto sme sa po danej synoptickej situácii rozhodli zmerať zrážky, ktoré sa vyskytnú vo forme snehu a dajú sa jednoducho merať za predpokladu, že nová snehová pokrývka je zároveň aj celková snehová pokrývka. Vplyv na výšku snehovej pokrývky môže mať kladná teplota vzduchu, vietor, vegetácia alebo podklad. My sme merali deň po skončení poveternostnej situácie v čase, keď v území teplota vzduchu ešte nestihla vystúpiť nad 0 °C. Vietor nedosahoval rýchlosti, ktoré by vytvárali snehové jazyky a záveje. Merania sme robili na lokalitách, kde nedochádzalo k intercepcii korunami stromov. Na základe predchádzajúceho rekognoskačného výskumu v letnom období sme vedeli, aký je na lokalitách podklad a zvolili sme lokality, kde sa nachádzala pod snehom zmrznutá pôda a nie asphalt, kamene, skaly alebo listy. V každej lokalite sme zapichli meradlo v troch rôznych bodoch, z ktorých sme ako výsledok zapísali priemernú hodnotu. Lokality sme vyberali podľa toho, aby spĺňali predchádzajúce podmienky, aby sa nachádzali v rôznych nadmorských výškach a aby boli rozmiestnené približne v podobe transektu, ktorý prechádza bariéru pohoria z juhozápadného úpätia na severovýchodné. Pri pohybe v teréne sme sa pridržovali turistických značených trás, nakoľko z dôvodu poveternostných podmienok bola sťažnená orientácia a pohyb v teréne.

Namerané hodnoty sme spracovali najprv v softvéri Excel a následne v softvéri ArcCatalog, kde sme vytvorili bodovú vrstvu



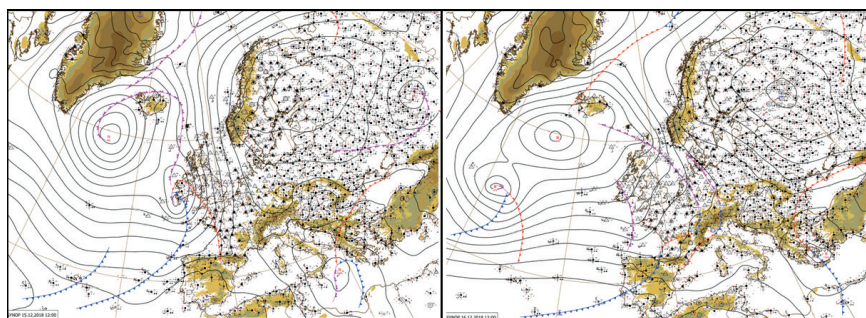
Obr. 1 Náveterné miesta počas juhovýchodných cyklonálnych situácií (študované územie je označené červenou).

nameraných výšok snehovej pokrývky. Vrstvu sme otvorili v softvéri ArcCatalog, kde sme interpolačnou metódou zohľadňujúcou digitálny model reliéfu pohoria Vtáčnik a jeho okolia priestorovo zobrazili rozloženie snehovej pokrývky v danom území. pri interpolácii sme postupovali podľa užívateľskej príručky AGHydroInterpolace (Šercl, 2011). Digitálny model reliéfu bol vytvorený z vrstevníc, výškových bodov a riečnej siete.

Výsledky

Poveternostná situácia

Dňa 14. 12. 2018 v chladnom vzduchu zasahoval do našej oblasti od severu okraj tlakovej výše. Prevládalo málo oblačné počasie, bez zrážok, v nižších polohách sa miestami vyskytovali hmly alebo nízka oblačnosť. V noci klesala teplota na -2 až -8 °C, v dolinách a kotlinách miestami na -8 až -14 °C. Cez deň bolo väčšinou -2 až $+3$ °C.



Obr. 2 Synoptická situácia v dňoch 15. a 17. 12. 2018. Zdroj: SHMÚ.

Dňa 15. 12. 2018 počasie

u nás ovplyvňoval teplý front spojený s tlakovou nížou, ktorej stred sa premiestňoval z centrálneho nad východné Stredomorie. Prevládalo oblačné až zamračené počasie, na viacerých miestach snežilo, v noci bolo menej zrážok. V noci sa ochladilo väčšinou na -1 až -6 °C, v dolinách a kotlinách bolo ojedinele -7 až -12 °C. Cez deň bolo väčšinou -4 až $+1$ °C.

Dňa 16. 12. 2018 teplý front postúpil ďalej na východ a nad strednou Európou sa udržiavalo nevýrazné tlakové pole. Prevládalo oblačné počasie so snežením, najmä vo východnej časti územia, na západe bolo menej oblačnosti aj zrážok. V noci bolo väčšinou -1 až -6 °C, v dolinách ojedinele -6 až -10 °C. Cez deň sa otepilo -4 až $+1$ °C.

Pri tejto poveternostnej situácii k nám okolo tlakovej níže so stredom nad Tyrrenským morom, ktorá je vyjadrená aj vo vyšších hladinách, prúdi vo vyšších vrstvách atmosféry od východu až juhovýchodu teplý vzduch, naproti tomu tlaková výš na severe spôsobuje v nižších hladinách prílev studeného vzduchu od severovýchodu do strednej Európy (Hydrometeorologický ústav, 1972). Tlaková níž sa presúvala smerom na východ a 15. 12. 2018 k nám postupoval front z juhovýchodného smeru, 16. 12. 2018 z východného smeru (obr. 2). Pohorie Vtáčnik má hlavný hrebeň orientovaný juhozápadno-severovýchodným smerom, čiže kolmo na prúdenie počas tejto situácie. Hneď po skončení poveternostnej situácie 17. 12. 2018 sme vykonali terénny prieskum.

Tab. 1 Zoznam lokalít meraní so staničením na transekte, nadmorskou výškou a nameranou výškou snehovej pokrývky.

ID	Názov	Staničenie [km]	Nadmorská výška [m n. m.]	Nameraná výška snehu [cm]
1	Žarnovica VS	0	225	4
2	Ostrý Grúň KO	14	515	14
3	Klenová dolina	17	797	19
4	križ. žltej trasy a zväžnice	18	963	23
5	Rúbaný vrch	20	1 102	29
6	pod Kláštorskou skalou	23	1 240	32
7	Vtáčnik	25	1 344	34
8	pod Vtáčnikom	26	1 255	28
9	koniec PR Vtáčnik	28	1 185	25
10	Vrvrava	29	959	12
11	križ. zelenej trasy a zväžnice	30	840	11
12	koniec lesa na zelenej trase	32	583	6
13	Lehota pod Vtáčnikom ZO	34	415	2
14	Lehota pod Vtáčnikom KO	37	321	0

Náveternosť

Zoznam lokalít meraní s nadmorskou výškou a hodnoty výšky snehovej pokrývky v rôznych nadmorských výškach sú v tabuľke 1. Z tabuľky vyplýva, že výška snehovej pokrývky narastá s pribúdajúcou nadmorskou výškou, no nie rovnako. Napríklad na juhovýchodnom svahu na lokalite 2 v nadmorskej výške 515 m n. m. je výška snehovej pokrývky 14 cm a na lokalite 4 v nadmorskej výške 963 m n. m. je výška snehovej pokrývky 23 cm. Na severozápadnom svahu na lokalite 12 v nadmorskej výške 583 m n. m. je výška snehovej pokrývky 6 cm a na lokalite 10 v nadmorskej výške 959 m

n. m. je výška snehovej pokrývky 12 cm (obr. 3).

Rozloženie snehovej pokrývky je schematicky vyjadrené na obrázku 4, kde zreteľne vidieť, že v rámci približného transektu, ktorý začína v Žarnovici na juhovýchodnom úpätí pohoria Vtáčnik a končí v Lehote pod Vtáčnikom na severozápadnom úpätí pohoria Vtáčnik, pribúda výška snehovej pokrývky od juhovýchodného úpätia až po najvyšší bod transektu. Ďalej smerom z najvyššieho bodu k severozápadnému úpätiu výška snehovej pokrývky klesá spolu s nadmorskou výškou, až sa v nadmorskej výške okolo 320 m n. m. úplne stráca. Tým je jasne dokázané, že sa potvrdil nárast úhrnu zrážok so stúpajúcou nadmorskou výškou a náveterný efekt na miestach orientovaných voči prúdeniu, resp. zrážkových tieň na miestach chránených pred prúdením.



Obr. 3 Ukážka lokalít 2, 4, 10 a 12 na ktorých bola meraná výška snehovej pokrývky.

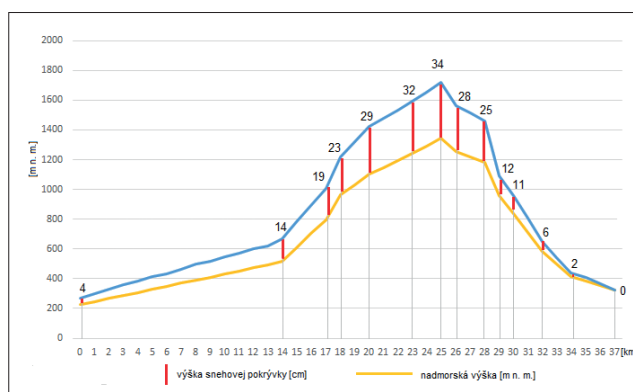
Interpolácia

Po interpolácii bodových meraní do priestoru celého pohoria Vtáčnik a jeho okolia (susedných kotlín a pohorí) sme vytvorili mapu rozloženia výšky snehovej pokrývky v danom území (obr. 5). Na obrázku 3 svietia zelené plochy, ktoré sú bez snehu. Sú to kotliny Hornonitrianska na sever od hlavného hrebeňa a Žiarska južne od hlavného hrebeňa. Hornonitrianska kotlina, hoci je položená vo vyššej nadmorskej výške, má oveľa väčšiu plochu bez snehovej pokrývky ako nižšie položená Žiarska kotlina. Obe kotliny sú ale v zrážkovom tieni. Hornonitrianska je od juhovýchodu chránená pohorím Vtáčnik a Žiarska Štiavnickými vrchmi. Na obrázku 6 vidieť, že oblasť juhovýchodne od hlavného hrebeňa pohoria Vtáčnik má celkovo viac snehu, ako oblasť severozápadne od hlavného hrebeňa. Množstvo snehu výrazne ubúda na severozápadnej strane až od nadmorskej výšky približne 1 200 m n. m., čo je spôsobené javom nazývaným spillover.

Záver

Cyklóny z oblasti Stredozemného mora prinášajú vodu do oblastí v južnej polovici Slovenska, ktoré sú odvodňované riekami zásobujúcimi poľnohospodárske oblasti. Preto je dôležité týmto situáciám venovať pozornosť a poznať ich prejavy. My sme v predošlom výskume zisťovali ako sa prejavujú v rozložení zrážok pri prechode celou našou hornatou krajinou. V tomto príspevku sme rozloženie zrážok skúmali vo väčšej mierke na území, kde sa podľa predchádzajúceho výskumu prejavuje náveterný efekt.

Na základe terénnych meraní úhrnu zrážok vo forme snehu sme v rámci transektu pohorím Vtáčnik overili narastanie zrážok so stúpajúcou nadmorskou výškou a zvyšovanie úhrnov na náveternej strane. V rovnakej nadmorskej výške bola výška snehovej pokrývky vyššia na svahu orientovanom voči juhovýchodnému prúdeniu ako na severozápadnom svahu. Výška snehovej pokrývky narastala od juhovýchodného úpätia pohoria Vtáčnik až po najvyšší bod územia. Na záveternej strane sa výška snehovej pokrývky pozvoľne zmenšovala a zlom nastal okolo nadmorskej výšky 1 200 m n. m., pričom na severozápadnom úpätí sa už sneh nenachádzal. Naše namerané hodnoty sme



Obr. 4 Schematické znázornenie približne juhozápadno-severovýchodného transektu pohorím Vtáčnik s nadmorskou výškou a výškou snehovej pokrývky.

interpolovali pre celé územie v okolí transektu. Výška snehovej pokrývky bola vypočítaná interpoláciou terénnych meraní s ohľadom na nadmorskú výšku.

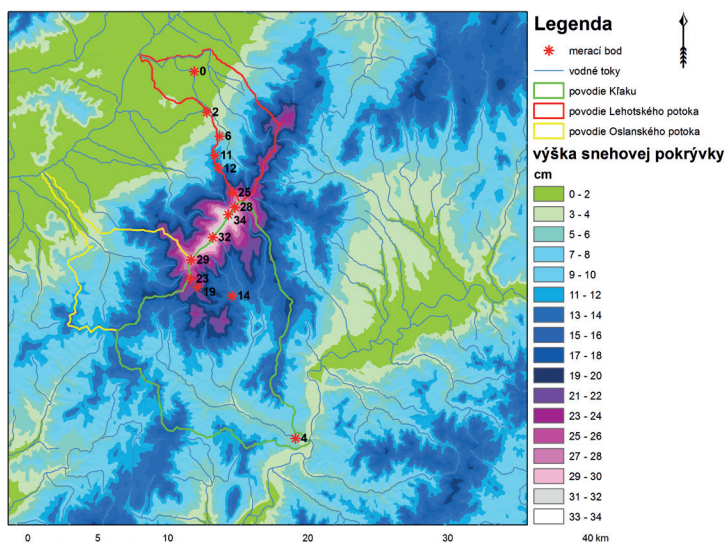
Prejavy rozloženia zrážok ovplyvnené pestrým reliéfom našej krajiny pri rôznych synoptických situáciách budú aj v budúcnosti predmetom našich ďalších výskumov, keďže výsledky môžu byť použiteľné v praxi pri predpovedaní množstva zrážok.

PodĎakovanie:

Táto práca bola podporovaná projektom VEGA 2/0004/19, a bola vytvorená realizáciou projektu ITMS 26240120004 Centrum excelentnosti integrovanej protipovodňovej ochrany územia, na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra:

- Hydrometeorologický ústav, 1972. Katalog povětrnostních situací pro území ČSSR. Hydrometeorologický ústav Praha.
- POLČÁK, N., MÉSZÁROS, J., 2018. Vplyv reliéfu na rozloženie atmosférických zrážok na Slovensku pri južných cyklonálnych situáciách. Geografický časopis, 70, 3. 259–272.
- SHMÚ, 2009. Klimatické pomery Slovenskej republiky. [online]. [cit: 02.01.2019]. Dostupné na [www: http://www.shmu.sk/sk/?page=1064](http://www.shmu.sk/sk/?page=1064).
- ŠERCL, P., 2011. AGHydroInterpolace. Uživatelská příručka, verzia 1.5. 18 s.



Obr. 5 Rozloženie výšky snehovej pokrývky v pohorí Vtáčnik a jeho okolí.

Problematyka pomiarów pokrywy śnieżnej w obszarach górskich znajdujących się w osłonie hydrologicznej Biura Prognoz Hydrologicznych we Wrocławiu

FRANCISZEK SZUMIEJKO¹, ANDRZEJ DANCEWICZ², KAMILA GŁIWINKOWSKA³,
MARCIN WADOWIKOWSKI⁴

¹ IMGW-PIB BPH Wrocław, franciszek.szumiejko@imgw.pl, ² IMGW-PIB DSPO Odra,
andrzej.dancewicz@imgw.pl, ³ IMGW-PIB BPH Wrocław, kamila.glowinkowska@imgw.pl,

⁴ IMGW-PIB BPH Wrocław, marcin.wdowikowski@imgw.pl

Wprowadzenie

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowego Instytutu Badawczego (IMGW-PIB) obchodzi w tym roku 100-lecie swojego istnienia. W przyszłym roku będziemy obchodzić 75-lecie działalności Instytutu we Wrocławiu i na Dolnym Śląsku¹.

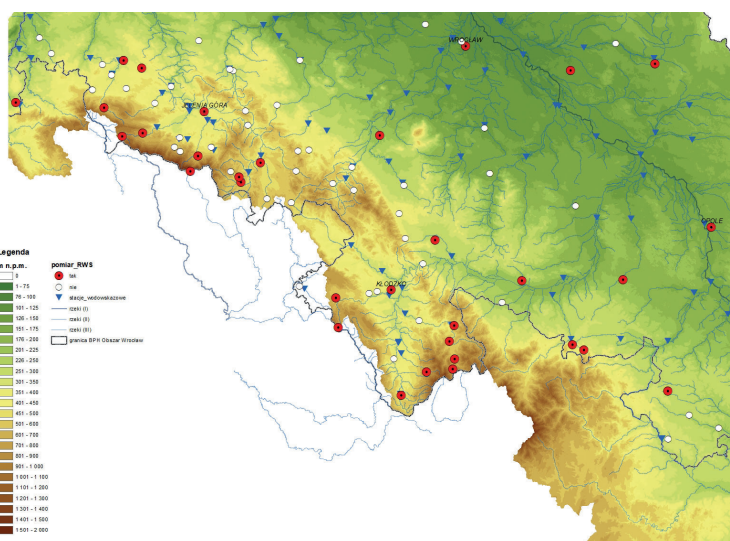
W całej historii instytutu, który rozwijał się w różnej formie i podejmował, co raz to nowe zadania, prowadzone były pomiary meteorologiczne i hydrologiczne. Wraz z rozwojem Instytutu obejmowały co raz większy zasięg obszarowy, w tym rejony podgórskie i górskie. Po drugiej wojnie światowej przyszło IMGW-PIB zmierzyć się z problematyką pomiarów meteorologicznych i hydrologicznych po zmianach terytorialnych, w innych warunkach geograficznych i klimatologicznych.

Sieć pomiarowa

Sieć pomiarów meteorologicznych i hydrologicznych na ziemiach śląskich, znajdujących się w zlewni górnej i środkowej Odry, obejmuje blisko 250 stacji zlokalizowanych w województwach śląskim, opolskim, dolnośląskim, lubuskim i w niewielkim stopniu wielkopolskim. Można w dużym przybliżeniu przyjąć, że co najmniej 1/3 tego obszaru to rejony górskie i podgórskie. Zatem wymagają innego podejścia do pomiarów niż obszary nizinne, które są mniej zróżnicowane morfologicznie.

Dla Państwowej Służby Hydrologiczno Meteorologicznej (PSHM), która wykonuje swoje zadania w ramach działalności ustawowej IMGW-PIB odpowiednie zagęszczenie sieci stacji jest istotne z punktu widzenia prowadzenia osłony hydrologiczno – meteorologicznej społeczeństwa i państwa. Pomiarów powinny odzwierciedlać, z jak największym przybliżeniem, stan zarówno atmosfery jak i hydrosfery na osłanianym terenie.

Głównym użytkownikiem informacji pochodzącej z codziennych pomiarów w terenie jest Biuro Prognoz Hydrologicznych we Wrocławiu oraz w mniejszym stopniu Biuro Prognoz Meteorologicznych we Wrocławiu. Są też i inne komórki organizacyjne Instytutu, które korzystają z danych pomiarowych,



Rysunek 1 Sieć pomiarów hydrologiczno – meteorologicznych w dorzeczu górnej i środkowej Odry ze szczególnym uwzględnieniem stacji, na których wykonuje się pomiar zawartości wody w śniegu².

¹ Początki działalności nie miały wymiaru instytucjonalnego, ale osobowy, ponieważ na Dolny Śląsk przybywali repatrianci posiadający wiedzę i umiejętności w zakresie wykonywania pomiarów i korzystania z danych pomiarowych (na podstawie przekazów ustnych).

² Źródłem danych hydrograficznych jest MPHP wykonana przez Ośrodek Zasobów Wodnych IMGW-PIB na zamówienie Ministra Środowiska i sfinansowana ze środków NFOŚiGW.

aby codziennie opracowywać pakiety danych i informacje jak np. ośrodek badań satelitarnych w Krakowie. Wspominamy tu o nim dlatego, że ta komórka przygotowuje produkty operacyjne (Rain GRS³), które są następnie wykorzystywane przez Biuro Prognoz Hydrologicznych do codziennej analizy i przygotowywania produktów operacyjnych, na potrzeby osłony hydrologicznej.

Pomiary pokrywy śnieżnej i zawartości wody w śniegu

Na blisko 110 stacji meteorologicznych znajdujących się w obszarze osłony hydrologicznej BPH we Wrocławiu, zgodnie ze standardowym programem pomiarowym, przez cały rok są wykonywane pomiary opadu atmosferycznego (manualne i automatyczne). W okresie zimowym wykonywane są pomiary grubości pokrywy śnieżnej (SCE), ale już niestety tylko na 91 stacjach z czego na 4 jest to pomiar automatyczny⁴. Natomiast zapas wody w śniegu (SVH) wykonuje się na 42 stacjach pomiarowych.

To co jest niekorzystne, z punktu widzenia prowadzenia pomiarów i wykonywania osłony hydrologicznej to, niewielka liczba stacji zlokalizowanych w Beskidach i Sudetach, w tej części, w której znajdują się w zlewni Odry. Stacji meteorologicznych znajdujących się powyżej 600 m n.p.m. jest zaledwie 9, z czego powyżej 800 m n.p.m. jest ich tylko 3. Problemem jest również to, że nie są równomiernie rozłożone, ale trudno o zadawalający efekt przy tak niewielkiej ich liczbie.

Dużo lepiej wygląda nasycenie obszaru stacjami w piętrze wysokościowym od 300 do 600 m n.p.m., gdzie zlokalizowano blisko 40 stacji meteorologicznych. Najwięcej stacji jest położonych oczywiście na nizinach, gdzie teren sprawia najmniej problemów z lokalizacją i późniejszą dostępnością do stacji. Tutaj stacji jest 43.

Niestety i w tych przypadkach rozkład stacji jest nierównomierny i z łatwością można zidentyfikować obszary o ich mniejszej ilości w stosunku do pozostałych.

O ile jednak na nizinach można braki pomiarów zrekompensować metodami empirycznymi, o tyle w obszarach górskich jest to bardzo trudne. Nie niemożliwe, ale trudne. A obszary górskie są niewralgiczne ze względu na długość występowania pokrywy śnieżnej i późniejsze możliwości oceny zapasu wody w śniegu.

Jak już o tym wspomniano SVH jest mierzony na 42 stacjach pomiarowych. Z tego niestety tylko na 7 (z 9) stacjach powyżej 600 m n.p.m. i 17 z 39 na obszarze położonym pomiędzy 300 a 600 m n.p.m.

Pewną rekompensatę braków informacji po stronie polskiej jest pozyskiwanie danych o pokrywie śnieżnej i zapasie wody w śniegu od CHMU Republiki Czeskiej. Szczególnie dla obszarów położonych najwyżej ma to istotne znaczenie, ponieważ niemal podwaja ilość dostępnej informacji o pokrywie śnieżnej i zakumulowanej w niej wodzie.

Ilość stacji polskich i czeskich, wykorzystywanych operacyjnie przez BPH we Wrocławiu. przedstawia poniższa tabela⁵.

Przyczyn braków danych o pokrywie śnieżnej należy poszukiwać na wielu płaszczyznach. Jedną z wielu przyczyn jest ta, że obserwatorzy nie są pracownikami etatowymi IMGW-PIB, a tylko osobami wynajmowanymi do prowadzenia obserwacji. Niewysoko płatna praca nie powoduje przechodzenia obowiązków z „ojca na syna” i często ze względów kadrowych, braku zainteresowania oferowaną pracą, stacje są po prostu zamykane w danej lokalizacji lub ich program pomiarowy jest ograniczany. Kolejnej przyczyny należy upatrywać w tym, że stacje bardzo często

Tabela 1 Ilość stacji meteorologicznych PSHM z podziałem na piętra wysokościowe, w których są położone i kraj ich pochodzenia.

Piętra wysokościowe w m n.p.m.	Ilość stacji meteorologicznych		
	PL	CZ	Razem
<300	43	5	48
300–600	39	8	47
600–800	6	5	11
>800	3	2	5
		Suma	111

Tabela 2 Maksymalna dobową wysokość pokrywy śnieżnej (cm) w latach 1981–2018 na Dolnym Śląsku.

Stacja (wys. w m n.p.m.)	Jakuszyce (860)	Śnieżka (1603)	Zieleniec (845)	Bolesławów (600)	Wrocław (120)
Pokrywa śnieżna [cm] i data wystąpienia	214 (13-03-2005)	247 (14/15-03-2005)	160 (13-03-2005)	140 (13-03-2005)	33 (30-01-1987)

³ Rain GRS – suma opadu otrzymana ze złożenia danych satelitarnych, radarowych i rzeczywistych mierzonych za pomocą deszczomierza (1 m n.p.g.).

⁴ W dwóch przypadkach tj. na stacjach Łądek Zdrój i Paprotki oprócz pomiaru automatycznego wykonuje się również pomiar manualny.

⁵ W tabeli nie ujęto 23 stacji CHMU, z których informacje są pozyskiwane i analizowane, ale nie wykorzystuje się ich do wykonywania codziennych produktów i informacji operacyjnych przekazywanych do podmiotów systemu zarządzania kryzysowego.



Fot. 1,2. F. Szumiejko. Wspólne pomiary śnieżne w 2017 i 2018 roku. Na zdjęciach koledzy V. Vajskebr i M. Wdowiowski.

znajdują się na terenach prywatnych. Niestety dotychczasowym lub nowym właścicielom gruntów zaczyna lub może to przeszkadzać⁶ i wypowiadają umowy dzierżawy terenu.

Niestety również braki środków finansowych na utrzymanie PSHM oraz nieprecyzyjne i zmieniające się plany zachowania i rozwoju sieci pomiarowej PSHM spowodowały, w ostatnich latach, likwidację szeregu stacji meteorologicznych i hydrologicznych, a ich odtworzenie jest często niemożliwe lub bardzo złożone od strony prawnej.

Ośłona hydrologiczna dorzecza Odry

Można postawić pytanie „dlaczego pomiary śnieżne, ale i szerzej meteorologiczne są takie ważne?”.

Biuro Prognoz Hydrologicznych we Wrocławiu, we współpracy z DSPO Odra, prowadzi osłonę hydrologiczną dorzecza Odry, zatem każda informacja zwiększająca wiedzę o osłanianym obszarze jest ważna. Począwszy od wiedzy geograficznej, poprzez hydrograficzną, antropogeniczną, gospodarkę wodną na informacjach meteorologicznych i hydrologicznych kończąc.

Sieć hydrograficzna lewostronnej części dorzecza Odry górnej i środkowej ma charakter podgórski i górski. Zmienność pogody, tak charakterystyczna dla naszego obszaru wraz z urozmaiconym ukształtowaniem terenu wpływa na piękno ziem śląskich, ale stanowi też o sprzyjających warunkach dla tworzenia się wezbrań powodziowych nie tylko na Odrze, ale przede wszystkim na licznych i dużych jej dopływach, które zaczynają swój bieg w górach lub na Przedgórzu Sudeckim.

W naszej pamięci pozostają duże, letnie powodzie odrzańskie jak ta w 1997 czy 2010 roku, ale zapominamy o licznych wezbraniach i powodziach w obszarach górskich, będących następstwem gwałtownych opadów. Jeszcze rzadziej pamiętamy o powodziach roztopowych wywołanych wysoką temperaturą i opadami deszczu, a co za tym idzie szybkim, niekiedy gwałtownym topnieniem pokrywy śnieżnej w okresie późnozimowym i wczesnowiosennym. Dla wywołania dużych strat finansowych tym zjawiskiem, obszary górskie i podgórskie są wręcz idealnym miejscem.

Są to również obszary, które coraz częściej dotykają kolejne susze powodujące nie tylko straty rolnicze, ale też ograniczenia w dostępie do wody pitnej. Braki wody to również zagrożenie dla żeglugi śródlądowej, ale co chyba ważniejsze, dla produkcji energii elektrycznej, a co za tym idzie funkcjonowania licznych elektrowni wodnych wybudowanych i eksploatowanych w południowo – zachodniej Polsce.

W ostatnich latach również rozwój zimowego, czynnego wypoczynku wymusza gromadzenie i udostępnienie danych o pokrywie śnieżnej licznym piechutom i narciarzom.

To wszystko powoduje konieczność prowadzenia jeszcze lepszej osłony hydrologicznej i wykonywania prognoz i ekspertyz dla zlewni, które wcześniej nie były objęte szczególnym zainteresowaniem odbiorców. To również wpływa na podejmowane w biurze prace metodyczne i praktyczne, w zakresie opracowań danych, budowy coraz większej ilości hydrologicznych modeli prognostycznych, szczególnie dla zlewni górskich, na których zlokalizowano zbiorniki retencyjne.

⁶ Konieczność zapewnienia dostępu do stacji praktycznie przez całą dobę oraz ograniczenia w zagospodarowaniu otuliny stacji skutecznie zniechęcają do posiadania urządzeń IMGW-PIB na swoim terenie.

Stąd tak ważne jest stałe pozyskiwanie informacji o parametrach hydrometeorologicznych i hydrologicznych, umożliwiających zasilanie nimi zbudowanych narzędzi i modeli, tak by mogły być liczone i wykorzystywane w codziennej pracy operacyjnej i by nasi odbiorcy mieli zaufanie, że otrzymają szereg zadeklarowanych i spełniających ich wymagania produktów i prognoz.

Produkty, modele i prognozy hydrologiczne, a co za tym idzie pracownicy biur prognoz hydrologicznych potrzebują danych jak rośliny deszczu, a dane o pokrywie śnieżnej są jednymi z bardziej oczekiwanych. Tym bardziej niekorzystne jest to, że ilość danych i miejsc pomiarowych nie wzrasta, a maleje.

Co możemy zrobić?

W tej sytuacji musimy dbać o to, co posiadamy, czyli nie umniejszać już stanu sieci pomiarowej i szkolić obserwatorów, abyśmy mogli wykorzystać ich jak najlepiej. Instytut musi również się rozwijać, rozsądnie lokalizować stacje pomiarowe, by spełniały ostre wymagania reprezentatywności i aby ich programy pomiarowe były jak najpełniejsze. Towarzyszy nam oczywiście świadomość coraz większej automatyzacji stacji pomiarowych, ale niech ten proces przebiega planowo i pod merytorycznym nadzorem, aby otrzymywane dane były wykorzystywane, a nie stanowiły problem sam w sobie. Przy tym należy korzystać z doświadczeń innych i zaprzyjaźnionych służb, które posiadają różnego typu automatyczne stacje pomiarowe i mogą podzielić się spostrzeżeniami. Dochodzenie do wniosków tylko w oparciu o własne doświadczenia niekoniecznie musi być najlepszym i najbardziej efektywnym rozwiązaniem.

Możemy i chcemy rozwijać współpracę na wodach i w obszarach granicznych. Posiadamy długie zadawalające doświadczenia we współpracy pomiędzy CHMU i IMGW-PIB. Efektem dobrych kontaktów, ale i zrozumienia potrzeb jest dobra wymiana danych operacyjnych i historycznych oraz gotowych produktów, których przykładem może być rozkład pokrywy śnieżnej tworzony przez CHMU dla obszaru Republiki Czeskiej, ale dzięki polskim danym wykraczający poza te granice i obejmujący obszary górskie Polski.

Należy kontynuować wspólne zadania zmierzające do budowania lepszych modeli prognostycznych dla zlewni granicznych, wymiany spostrzeżeń na temat ich funkcjonowania i sprawdzalności wyników. Realizujemy wspólne pomiary śnieżne, wymieniamy się danymi o pokrywie śnieżnej.

Są to zadania, które należy utrzymać i rozwijać, gdyż to daje nam impuls do szukania lepszych możliwości wykorzystania pozyskiwanej informacji, ale i do tworzenia i wdrażania nowych projektów i zadań dla służby obserwacyjno – pomiarowej, jak choćby pomiary patrolowe w zlewniach górskich⁷, które nie posiadają wystarczająco pełnej i reprezentatywnej sieci pomiarowej (np. zlewnie Kwisy czy dopływów Bobru), a które są newralgiczne w osłonie hydrologicznej obszarów przygranicznych. Cóż, niektóre projekty należy już korygować, ale nie rezygnować z prób ich wdrażania.

Po prostu musimy wykonać kolejny krok, nawet gdyby był trudny.



Fot. 3 F. Szumiejko. Wejście do WOM na Snieżce. Grudzień 2018.

⁷ „Koncepcja zagospodarowania budynku IMGW-PIB w Karpaczu na potrzeby uruchomienia programu pomiarowego PSHM – terenowych pomiarów śniegowych”, 2016–2017, Marcin Wdowikowski, Paweł Derek (DSPO we Wrocławiu), Franciszek Szumiejko, Marek Soliwoda (BPH we Wrocławiu); Alicja Godlewska (BA we Wrocławiu), Piotr Krzaczkowski (WOM Snieżka).

Změna tvorby klimatologického záznamu u automaticky měřených meteorologických prvků

RADIM TOLASZ¹, PAVEL LIPINA²

¹ Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, radim.tolasz@chmi.cz, ² pavel.lipina@chmi.cz

Úvod

Od 1. ledna 2018 došlo v klimatologii Českého hydrometeorologického ústavu (CHMÚ) ke změně tvorby klimatologického záznamu u automaticky měřených meteorologických prvků. Byla to velká a zásadní změna ve způsobu práce celé provozní klimatologie, svým významem a dopadem srovnatelná s automatizací měření jednotlivých meteorologických prvků a celých staničních systémů.

Do 31. prosince 2017 se klimatologický záznam, tj. denní nebo termínová klimatologická data (nepravidelná data) u automaticky měřených meteorologických prvků tvořila přímo na stanici za pomoci staničních aplikací.

Na synoptických (profesionálních) stanicích se termínová data pro 7, 14 a 21 h SEČ tvořila SW Monitwin ve stanoveném místním slunečním čase každé stanice (např. pro stanici Lysá hora v časech 06:46, 13:46, 20:46 SEČ a pro stanici Cheb v čase 07:10, 14:10, 21:10 SEČ). Termínová data se přenesla do měsíčního výkazu k tisku (formát pdf) a uložila do importního souboru D11. Importní soubor D11 se po každém klimatologickém termínu přenesl ze stanice do sběrného centra ČHMÚ a data z tohoto souboru byla automaticky importována do databáze CLIDATA.

Na dobrovolnických stanicích se termínová data pro 7, 14 a 21 h tvořila ve staničním SW z pravidelných (10minutových) dat z nejbližšího 10minutového intervalu k místnímu střednímu slunečnímu času příslušné stanice. Termínová data z každé stanice se po každém klimatologickém termínu (7, 14, 21 h) přenášela do MeteoCentra nebo RainCentra příslušné pobočky ČHMÚ, kde se vytvářejí importní soubory D11 a data z tohoto souboru se importovala do databáze CLIDATA.

Ze synoptických (profesionálních) i dobrovolnických stanic se každých 10 minut přenáší do sběrného centra pravidelná data za poslední 10minutový interval, která jsou rovněž importována do databáze Clidata.

Nový způsob tvorby klimatologického záznamu

Termínová data automaticky měřených meteorologických prvků (zatím mimo úhrn srážek) se od 1. ledna 2018 vypočítávají nebo „přetahují“ v databázi CLIDATA z časově nejbližších 10minutových záznamů pravidelných dat. Všechny klimatologické stanice byly rozděleny pro tento účel do „časových pásem“ (po 10 minutách) pro tvorbu klimatologického záznamu.

K výše uvedenému datu byl zastaven import automaticky měřených a uložených termínových dat (mimo úhrnu srážek) z importního souboru D11 do databáze CLIDATA.

U některých profesionálních meteorologických stanic nyní dochází k maximálně 5 minutovému posunu klimatologického termínu oproti dřívějšímu způsobu tvorby klimatologického záznamu. Touto změnou tvorby klimatologického záznamu byl však odstraněn rozdíl tvorby termínových dat automaticky měřených prvků mezi dobrovolnickou a profesionální staniční sítí. Došlo tak ke sjednocení metodiky tvorby datového záznamu v celé klimatologické staniční síti.

Klimatický záznam se tvoří „přetažením“ z 10min dat s posunem (-20, -10, 0, +10 minut) pro teplotu vzduchu (T), relativní vlhkost vzduchu (H), rychlost větru (F), směr větru (D10) a pro atmosférický tlak vzduchu (P). Výpočtem se denní (nepravidelná) data z 10minutových dat tvoří pro maximální teplotu vzduchu (TMA), minimální teplotu vzduchu (TMI), minimální přízemní teplotu vzduchu (TPM) a délku

	#Položka	Podezřelých
Chybějící	173	
Interpolované	1235	
Limity	0	
Mezitermínové rozdíly	77	
Opakující se hodnoty	196	
Označené hodnoty	0	
QC Register	238	
RPP-OC Pevodí	0	
RPP-Stav,CL,T-V	1036	
Test	18	
Interpolované F idw	0	
Interpolované F polynom	104	
Interpolované Fprum idw	0	
Interpolované Fprum polynom	105	
Interpolované H idw	6	
Interpolované H polynom	74	
Interpolované HPU1	38	
Interpolované HPU2	37	
Interpolované HPU3	38	
Interpolované P idw	19	
Interpolované P polynom	50	
Interpolované P_hm	16	
Interpolované SCEa	42	
Interpolované SRA1H	16	
Interpolované SSV10M	42	
Interpolované SVHa	34	
Interpolované T idw	6	
Interpolované T polynom	67	
Interpolované TMA idw	6	
Interpolované TMA polynom	121	
Interpolované TMI idw	4	
Interpolované TMI polynom	113	
Interpolované TPM idw	0	
Interpolované TPM polynom	0	
Interpolované T05 idw	10	
Interpolované T05 polynom	65	
Interpolované T10 idw	4	
Interpolované T10 polynom	50	

Obr. 1 Ukázka nástrojů pro kontrolu, opravu a doplnění dat v aplikaci Pravidelná kontrola (databáze CLIDATA) s počty detekovaných chyb, podezřelých, chybějících nebo interpolovaných hodnot.

trvání slunečního svitu (SSV). Termínová data půdní teploty vzduchu v hloubkách 5, 10, 20, 50 a 100 cm (T05–T100) byla takto vytvářena již dříve. Maximální denní rychlost větru („maximální náraz větru“ Fmax), směr maximálního nárazu (Dmax) a čas maximálního nárazu (Casmx) je počítán z 10min dat od 1. ledna 2017.

Chybějící data v databázi CLIDATA (chyba čidla, chyby elektroniky stanice, výpadek v přenosu dat) se doplní automaticky nastavenou interpolací. Interpolace polynomem (návrh a automatické doplnění chybějících dat) pro 4 a méně chybějící hodnoty je nastavena pro prvky T, H, F, P, TMA, TMI, TPM, T05–T100. Tato interpolace funguje bez problémů pro 10M data již od roku 2009. Pro výpadek delší než 4 hodnoty maximálně však do výpadku 24 hodin (5 až 144 hodnot) je nově nastaveno interpolování metodou IDW pro T, TMA, TMI, H, F, P, TPM, T05–T100. Interpolovaná hodnota se přepíše reimportem v případě, že stanice pošle dříve chybějící hodnotu. Stejně tak se přepíše opravená hodnota s příznakem, pokud není záznam uzamčen. Tyto interpolace jsou definovány zvlášť pro každý prvek a stanici, dá se tedy individuálně měnit podle geografických podmínek každé stanice.

Doplnění chybějící hodnoty způsobí přepsání interpolované hodnoty a v případě nutnosti (výpadek se jen zmenšil) je příslušný typ interpolace znovu spuštěn. Chybějící hodnota (NULL, -999) z importu nepřepíše interpolovanou nebo jinak doplněnou hodnotu. Všechny takto prováděné změny jednotlivých hodnot jsou v databázi archivovány a lze tedy sledovat postupnou historii změn.

Do klimatického záznamu jsou z 10M dat zároveň přeneseny i příznaky. Například vypočtená maximální denní teplota TMA má příznak I v případě, že některá z 10M hodnot v průběhu klimatického dne (21–21) byla interpolována. Stejným způsobem se přenáší i příznaky upřesňující jednotlivé prvky, například příznak S pro zasněžené čidlo přízemní teploty apod. (tzv. dědictví flagů).

Závěr

Možná, že se některým čtenářům bude zdát tato změna nezajímavá a nedůležitá, ale opak je pravdou. Touto změnou se nám podařilo začít revizorsky denně (v pracovních dnech) kontrolovat pravidelná (10minutová) data, což do té doby nebylo rutinně prováděno. Odstranili jsme dvě na sobě téměř „nezávislé“ datové řady (pravidelných a nepravidelných dat) a vytvořili jednu, pravidelně kontrolovanou, ze které se vytváří klimatologický záznam.

Kontroly provádí revizoři, nebo správci staniční sítě každý pracovní den v databázi CLIDATA v části Pravidelná kontrola. Chybné, podezřelé a interpolované hodnoty jsou denně automaticky připraveny ke kontrole ve 4 hodiny ráno za předchozí kalendářní týden. Revizor provede doplnění chybějících dat, zkontroluje detekce chybných a podezřelých dat a v případě potřeby provede jejich opravu. Zkontroluje interpolované hodnoty.

Každodenní kontrolou pravidelných dat se zvýšila kvalita poskytovaných pravidelných dat (10M nebo 1H data) a tím se zároveň také kontrolují, opravují a doplňují termínová a denní data. Databázová aplikace CLIDATA si automaticky hlídá konzistenci datového záznamu a jakákoliv změna v pravidelných datech se ihned promítne do termínových dat.

Tato změna přinesla zásadní změnu revizorské práce v odděleních meteorologie a klimatologie ČHMÚ, podstatně zvýšila nároky na operativní kontrolu dat a zahájila každodenní kontrolu pravidelných dat, což vedlo k podstatnému zvýšení jejich kvality a úplnosti.

#ID Stanice	#Datum	Info	Ok	Auto opr.
B2HUBE01	20.03.2019 09:10	T interpolované 1x	N	
B2HUBE01	20.03.2019 22:40	T interpolované 1x	N	
B2HUBE01	21.03.2019 02:00	T interpolované 1x	N	
B2HUBE01	23.03.2019 08:30	T interpolované 1x	N	
B2HUBE01	26.03.2019 01:20	T interpolované 1x	N	
B2KMYS01	22.03.2019 23:40	T interpolované 4x	N	
B2KMYS01	23.03.2019 00:10	T interpolované 4x	N	
B2KMYS01	25.03.2019 07:20	T interpolované 1x	N	
B2KUCH01	20.03.2019 21:20	T interpolované 1x	N	
B2KUCH01	25.03.2019 21:10	T interpolované 1x	N	

DT	T XXXX	S-T XXXX
22.03.2019 23:10	7.9	
22.03.2019 23:20	8.1	
22.03.2019 23:30	7.8	
22.03.2019 23:40	7.6	
22.03.2019 23:50	7.3	
23.03.2019 00:00	7.1	
23.03.2019 00:10	6.9	
23.03.2019 00:20	6.8	

Obr. 2 Ukázka přehledu interpolovaných hodnot ke kontrole v aplikaci Pravidelná kontrola (databáze CLIDATA).

Polozhky stránky: Eg gh id: O2LUKA01 | Eg el abbreviation: TMA | Year: 2019 | Month: 01 | Day: 16

	Time	Value	Flag1	Flag2	Validation
1	23:50	1,4	O I i O	N	N
2	23:40	1,5	O I i O	N	N
3	23:30	1,8	I B	N	N
4	23:20	1,9	I B	N	N
5	23:10	1,9	I B	N	N
6	23:00	1,8	I B	N	N
7	22:50	1,6	I B	N	N
8	22:40	1,5	O I i O	N	N
9	22:30	1,5	O I i O	N	N
10	22:20	1,6	I B	N	N
11	22:10	1,7	I B	N	N
12	22:00	1,9	I B	N	N
13	21:50	2,0	I B	N	N
14	21:40	2,0	I B	N	N
15	21:30	2,1	I B	N	N
16	21:20	2,2	I B	N	N
17	21:10	2,3	O I i O	N	N
18	21:00	2,2	a B	N	N
19	20:50	2,2	a B	N	N
20	20:40	2,2	a B	N	N
21	20:30	2,2	O I i O	N	N
22	20:20	2,2	I B	N	N
23	20:10	2,2	O I i O	N	N
24	20:00	2,2	a B	N	N
25	19:50	2,2	a B	N	N
26	19:40	2,2	a B	N	N
27	19:30	2,2	a B	N	N
28	19:20	2,2	a B	N	N
29	19:10	2,2	O I i O	N	N

Obr. 3 Ukázka označení hodnot teploty vzduchu flagy v databázi CLIDATA, ze kterých je zřejmé jakými úpravami a kontrolami data prošla.

Teorie vyjadřování nejistoty měření v meteorologii

JAKUB PALENČÁR¹, PETER PAVLÁSEK², JAN RYBÁŘ³, IVAN FIŤKA⁴, ALEXANDRA JAVORSKÁ⁵

¹ Ústav automatizace, měření a aplikované informatiky, Strojnická fakulta, Slovenská technická univerzita v Bratislavě, jakub.palencar@stuba.sk, ² Slovenský metrologický ústav, Bratislava – Karlova Ves, peterpavlassek@gmail.com, ³ Ústav automatizace, měření a aplikované informatiky, Strojnická fakulta, Slovenská technická univerzita v Bratislavě, jan.rybar@stuba.sk, ⁴ Ústav automatizace, měření a aplikované informatiky, Strojnická fakulta, Slovenská technická univerzita v Bratislavě, ivan.fitka@stuba.sk, ⁵ Ústav automatizace, měření a aplikované informatiky, Strojnická fakulta, Slovenská technická univerzita v Bratislavě, alexandra.javorska@stuba.sk

Úvod

Meteorologie je vědecká oblast, která se zabývá procesy a jevy uvnitř atmosféry s hlavním účelem předpovědi počasí. Jelikož počasí přímo ovlivňuje prostředí, ve kterém člověk žije, hraje důležitou roli v našem každodenním životě. Proto jsou velmi důležitá přesná a spolehlivá měření klíčových meteorologických faktorů s příslušným vyjádřením nejistoty měření.

Vyjádřování výsledků měření fyzikálních veličin je spojené s kvantitativní indikací kvality výsledků, abychom dokázali odhadnout jejich spolehlivost. Vyhodnocení měření a vyjádření nejistoty měření je lehce použitelná, srozumitelná a obecně akceptovatelná metoda charakterizace kvality výsledku měření. Vyhodnocovat měření, jako je teplota, vlhkost, rychlost větru, srážky, sluneční záření atd. jsou klíčové pro přesné předpovědi počasí, včetně jejich nejistoty měření.

Podle metrologického slovníku se nejistota měření definuje jako: „Parametr spojený s výsledkem měření, který charakterizuje rozptyl hodnot, které můžeme reálně přisuzovat měřené veličině“.

Teorie nejistoty měření

Nejistota výsledku měření je parametr, který charakterizuje rozptyl hodnot okolo výsledku měření, který můžeme odůvodněně přiřadit k hodnotě měřené veličiny. Pro určování nejistot je základem pravděpodobnostní přístup, u kterého se předpokládá určité rozdělení pravděpodobnosti, které vyjadřuje, jak udávaná hodnota odhaduje skutečnou hodnotu.

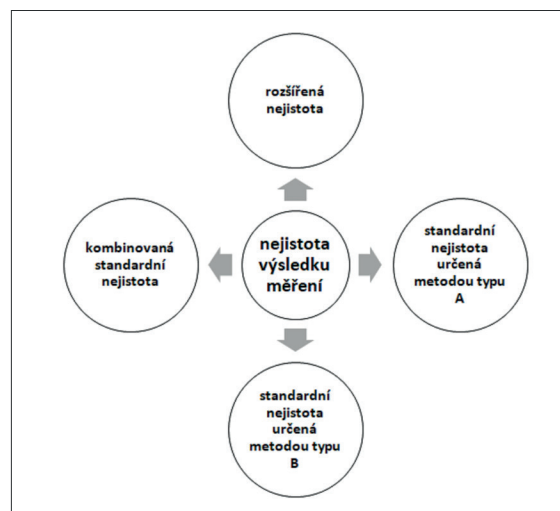
Výsledkem měření je odhad hodnoty fyzikální veličiny, a ten je určený na základě získaných realizovaných experimentálních činností (sběru dat). Potom rozdíl mezi výsledkem měření a neznámou hodnotou měřené veličiny je chyba měření. Touto chybou jsou zatíženy všechny výsledky měření, a proto se výsledky měření zákonitě odlišují od skutečné hodnoty měřené veličiny. Pokud čas a prostředky dovolují, většina z příčin chyb měření se dá korigovat a kvantifikovat, například kalibrací. Ovšem čas a prostředky na odstranění těchto chyb bývají v „provozní praxi“ velmi zřídka.

Při měření se rozlišují náhodná a systematická chyba měření. Náhodná chyba měření je rozdíl mezi výsledkem měření a výsledkem získaným z nekonečného počtu měření. Systematická chyba měření je rozdíl mezi výsledkem měření získaným z nekonečného počtu měření a mezi hodnotou veličiny. Tyto hodnoty (hodnota veličiny a chyby měření) nejsou předem známy.

Prioritním prvkem nejistoty je tzv. standardní nejistota, označovaná u , jedná se o nejistotu vyjádřenou směrodatnou odchylkou. Standardní nejistoty rozdělujeme na nejistoty určené metodou typu A a na nejistoty určené metodou typu B.

Standardní nejistoty určené metodou typu A (u_A) se získávají z opakovaného měření veličiny pomocí statistické analýzy naměřených hodnot. Tato nejistota se s rostoucím počtem měření snižuje. Pokud měříme jednu veličinu je u_A totožné se směrodatnou odchylkou aritmetického průměru.

Standardní nejistoty určené metodou typu B (u_B) jsou ostatní nejistoty, které navazují na známé a identifikovatelné zdroje, oproti nejistotám typu A jsou jejich příčiny známy. Zdroje těchto nejistot mohou být například nepřesnosti použitých měrek a měřících přístrojů, nepřesnosti fyzikálních konstant, nepřesnosti použitých měřících metod,



Obr. 1 Grafické znázornění teorie o nejistotách měření. Autor: Ing. Jakub Palenčár, Ph.D.

rozdíly mezi teoretickým a reálným procesem měření. Každý uvažovaný zdroj nejistoty určený metodou typu B lze odhadnout z rozsahu změn a z posouzení průběhu pravděpodobnosti odchylek v tomto intervalu, kde se určuje jeho aproximace. Každý uvažovaný zdroj lze dopočítat, včetně vymezení rozptylu příslušného pravděpodobnostního rozdělení.

Kombinovaná standardní nejistota C (u_c) je sloučená standardní nejistota, která zahrnuje složky standardních nejistot A a B. V praxi se tento typ nejistoty používá nejčastěji.

Rozšířená nejistota se bere jako U , které je vyjádřené vztahem $U = k \times u_c$, kde k je koeficient rozšíření, tento koeficient se určuje konvencí nebo výpočtem. Hodnota koeficientu rozšíření se volí tak, aby pravděpodobnost překročení U byla mizivá.

Pro uvádění nejistot měření platí následující obecné zásady:

- Výpočet nejistot má být a je neodmyslitelnou součástí každého zpracování naměřených údajů a výsledné nejistoty jsou součástí údaje o výsledku měření.
- Musí být jasně specifikované, o jaký typ nejistoty se jedná, viz obr. 1.
- U rozšířené nejistoty je nutné uvádět použitý koeficient rozšíření pro výpočet této nejistoty.
- Je vhodné používat absolutní nebo relativní nejistoty.
- Hodnoty nejistot se vždy zaokrouhlují na dvě platné nenulové číslice.

Samotná nejistota měření se dá určit několika různými způsoby, nejčastěji používaným způsobem je metoda GUM (Guide to the expression of uncertainty in measurement). Tento způsob zastává následující filozofii:

- Měřená veličina X , které hodnota není přesně známá, se považuje za náhodnou proměnnou s funkcí pravděpodobnosti.
- Výsledek měření x je odhad očekávané hodnoty $E(X)$.
- Standardní hodnota $u(x)$ se rovná druhé odmocnině odhadu rozptylu $V(X)$.
- Vyhodnocení standardní nejistoty určené metodou typu A.
- Vyhodnocení standardní nejistoty určené metodou typu B.

Filozofie GUM definuje jako první určení všech důležitých složek nejistoty měření, ke kterým může přispívat mnoho zdrojů. K nalezení těchto zdrojů je vhodné použít model skutečného měřicího procesu. Důležité je použití měřených veličin v matematickém modelu. Dalším bodem je výpočet standardní nejistoty měření pro každou složku nejistoty měření (určení standardní nejistoty metodou typu A a metodou typu B). Následuje výpočet kombinované nejistoty, která se počítá jako kombinace jednotlivých složek nejistoty podle zákona šíření nejistot. Předposledním krokem je výpočet rozšířené nejistoty, což je vynásobení kombinované nejistoty koeficientem rozšíření k . Výsledek se potom uvádí takto: $Y = y \pm U$.

Využití nejistoty měření v meteorologii

Příklad vyjadřování nejistoty měření v meteorologii lze vztáhnout na teplotu, kterou lze v obecném významu chápat jako vlastnost okolí. V přírodních vědách a jejich aplikacích je to skalární intenzivní veličina, která je vzhledem ke svému pravděpodobnostnímu charakteru vhodná k popisu stavu ustálených makroskopických systémů. Teplota souvisí s kinetickou energií částic látky. Teplota je základní fyzikální veličinou soustavy SI s jednotkou kelvin (K) a vedlejší jednotkou stupeň Celsia ($^{\circ}\text{C}$). Nejnižší možnou teplotou je teplota absolutní nuly ($0\text{ K} = -273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$), ke které se lze libovolně přiblížit, avšak nelze jí dosáhnout. K měření teploty se používají teploměry.

Procesy v zemské atmosféře jsou z velké části založeny na teplotních rozdílech (způsobené zahříváním povrchu planety Sluncem) a jimi vyvolanému proudění vzduchu. Protože podnebí a počasí jsou důležitými faktory pro mnoho oblastí lidské činnosti, věnuje se pozornost jejich pravidelnému sledování. Na něm je založena i předpověď počasí.

K základním sledovaným meteorologickým údajům patří teplota vzduchu. Teplota vzduchu se měří ve výšce 2 metry nad zemským povrchem ve stínu (v meteorologické stanici). Zpravidla se udává: denní minimální a maximální teplota a jejich aritmetický průměr.

Aby byla zajištěna relevance údajů, musí být analyzovány a definovány charakteristiky měření a charakterizace měřicích přístrojů/senzorů spolu s možnými vlivnými faktory na proces měření. Tyto informace pomohou poskytnout nejlepší možné údaje, které budou použity pro předpověď počasí a analýzu klimatu. K hodnotám (veličinám), které se nejčastěji měří v meteorologii, patří bezpochyby teplota vzduchu. I když se předpokládá, že měření teploty jsou dobře charakterizována, existuje několik nedefinovaných faktorů, které tato měření nepřímo nebo přímo ovlivňují. Tyto faktory mohou pocházet z prostředí, kterému jsou snímače vystaveny, nebo z použitých měřicích přístrojů/senzorů. Vzhledem k tomu, že tyto snímače jsou v neustálém a nepřetržitém provozu, zvyšuje se možnost jejich vlastního ohřevu po delší dobu měření. Naměřená data z teploty, která jsou v meteorologii, resp. v předpovědích počasí sledovaná, by měla být zpracována statisticky a následně také analyzována, včetně započítání dalších zdrojů nejistot měření, konkrétně standardní nejistoty určené metodou typu B až do výsledného určení nejistoty U .

Závěr

Vyjadřování nejistoty měření je jako v jiných oblastech, tak i v meteorologii podstatným parametrem přidruženým k výsledku měření, například u teploty v předpovědi počasí. Je zřejmé, že pro člověka, který sleduje počasí v tisku, v televizi nebo na internetu, není parametr nejistoty podstatný, resp. se neuvádí. Po teoretické stránce víme, že nejistoty v měření jsou velmi důležité, po stránce praktické nás, jako člověka zajímavějšího se o to „jak bude zítra“, zajímá konkrétní údaj předpovědi počasí, a to bez nejistoty měření. Otázkou je, kdyby se nejistoty měření uváděly ve zprávách o počasí, a tedy v předpovědi počasí bychom se dozvěděli hodnotu např. u teploty: $t = (8,68 \pm 0,59) \text{ }^\circ\text{C}$. Možná by nejistota, která charakterizuje rozptýlené hodnoty, které jsou důvodně přisouzené k měřené veličině, trochu omlouvala nepřesnost, která souvisí s předpovědí počasí. Každopádně předpověď a následně reálný stav je značně individuální, tedy ovlivněn mnoha dalšími faktory. Proto je zde více než důležité mít kvalitně, resp. objektivně metrologicky zabezpečený teploměr (nebo jiný meteorologický měřicí přístroj) pro vyhodnocení meteorologických dat.

„Kdyby se občas počasí nezměnilo, polovina lidí by neměla o čem povídat.“ — Jules Romains.

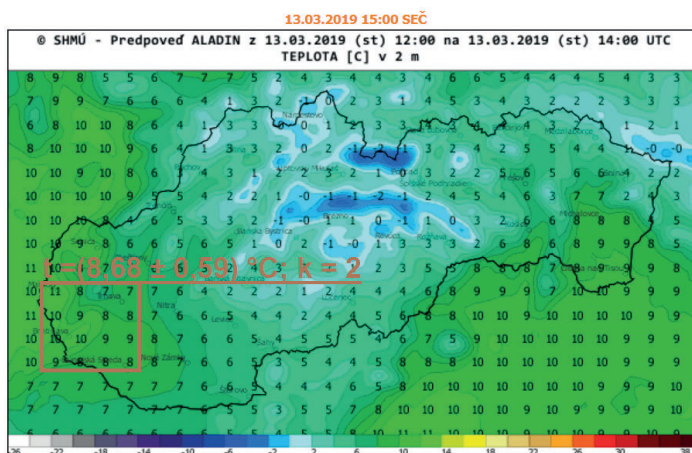
„Vyhodnocení nejistoty (u veličin požívaných v předpovědích počasí) není ani rutinní, ani čistě matematická záležitost; vyžaduje detailní znalost charakteru měřené veličiny a podstaty použité měřicí metody a procedury. Kvalita a užitečnost nejistoty uvedené u výsledku měření proto rozhodujícím způsobem závisí na znalostech, kritické analýze a integritě těch, kteří přispívají k stanovení její hodnoty.“ — EURACHEM/CITAC Guide CG 4 Quantifying uncertainty in analytical measurement. Second edition, 2000.

Poděkování:

Autoři děkují Strojnické fakultě Slovenské technické univerzity v Bratislavě, grantové agentuře APVV projekty číslo: 15-0295, 15-0164; agentuře VEGA projekty číslo: 1/0098/18, 1/0556/18, 1/0610/17, 1/0317/17 a agentuře KEGA projekty číslo: 006STU-4/2018, 039STU-4/2017, 027STU-4/2017 za podporu při psaní tohoto příspěvku.

Literatura:

- BOHÁČEK, J., 2017. Metrologie. 2. vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze. 128 stran. ISBN 978-80-01-06169-5.
- CHUDÝ, V., PALENČÁR, R., KUREKJOVÁ, E., HALAJ, M. 1999. Meranie technických veličín. Vydavateľstvo STU, Bratislava, 688 strán, ISBN 80-227-1275-2.
- ISO. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 1995. prvé vydanie, ISBN 92-67-10188-9.
- MUSIL, S., ĎURIŠ, S. a kol., 2002. Metrologia a kvalita. Vydalo Grafické štúdio – Ing. Peter Juriga, 1. vydanie, Bratislava, 150 strán, ISBN 80-89112-00-5.
- Metrologický slovník, 2019. Nejistota měření. [online]. [cit. 14. 03. 2019]. Dostupné z www: <http://www.metrona.sk/metrona/slovník.htm>.
- PAVLÁSEK, P., PALENČÁR, R., a kol., 2018. Determination of overall self-heating of automatic weather stations. In Journal of Physics: Conference Series [elektronický zdroj]. Vol. 1065, s. 1–4, art.no. 192002. ISSN 1742-6588.
- Slovenský hydrometeorologický ústav, 2019. Teplota SHMU.sk. [online]. [cit. 13. 03. 2019]. Dostupné z www: <http://www.shmu.sk/sk/?page=473>.
- Teplota, 2019. Meteorologie a klimatologie – Teplota – Wikipedia. [online]. [cit. 08. 03. 2019]. Dostupné z www: https://cs.wikipedia.org/wiki/Teplota#Meteorologie_a_klimatologie.



Obr. 2 Předpověď teploty modelem ALADIN. Naměřená data teploty na Slovensku 13. 3. 2019, která lze dále vyhodnocovat s nejistotou měření pro vybranou oblast. Zdroj: Slovenský hydrometeorologický ústav, 2019.

Od metrologie k meteorologii

JAN RYBÁŘ¹, IVAN FIŤKA², ALEXANDRA JAVORSKÁ³, STANISLAV ĎURIŠ⁴, JAKUB PALEŇČÁR⁵

¹ Ústav automatizace, měření a aplikované informatiky, Strojnická fakulta, Slovenská technická univerzita v Bratislavě, jan.rybar@stuba.sk, ² ivan.fitka@stuba.sk, ³ alexandra.javorska@stuba.sk, ⁴ stanislav.duris@stuba.sk, ⁵ jakub.palencar@stuba.sk

Úvod

Metrologie a meteorologie, pro značnou část laické veřejnosti stejný pojem, se stejným významem a otázkou: „Jaké bude zítra počasí?“ Pro nás metrology ovšem neustálý důraz na vysvětlování pojmu metrologie vs. meteorologie, kdy metrologii bereme jako vědu o měření. A přitom meteorologie se týká i meteorologie, jako nástroj pro vyjadřování výsledků měření fyzikálních veličin, která jsou spojená s kvantitativní indikací kvality výsledků a odhadem spolehlivosti realizovaných měření. Vyhodnocení měření včetně vyjádření nejistoty měření je metoda lehce použitelná, srozumitelná a obecně akceptovatelná pro charakterizaci kvality výsledku měření. Metrologie jako podpůrný prvek meteorologie při měření teploty, vlhkosti, rychlosti větru, srážek, slunečního záření a dalších meteorologických jevů a samozřejmě v metrologicky objektivním zabezpečení meteorologických měřicích přístrojů.

Metrologie vs. meteorologie

Skotský fyzik William Thomson (1824–1907), známý spíše pod jménem lord Kelvin of Lards jednou prohlásil, že: „když můžete změřit a vyjádřit v číslech to, o čem mluvíte, pak o tom něco víte; ale když to nemůžete změřit, když to nemůžete vyjádřit v číslech, vaše znalost je omezená a nedostatečná“.

Rozdíl mezi metrologií a meteorologií spočívá v tom, že metrologie je věda o hmotnosti a mírách nebo měření, zatímco meteorologie je věda, která se zabývá studiem atmosféry a jejích jevů, zejména počasím a předpovědí počasí.

Propojení těchto vědeckých disciplín bylo prvotním úkolem pro mezinárodní vědecký projekt METEOMET, který svým zaměřením na zlepšování metod měření našeho životního prostředí cíleně propojil právě metrologii s meteorologií. V oblasti meteorologie je cílem celosvětově standardizovat metody měření, aby se zlepšila konzistence měření a přesnost pro zlepšení kvality meteorologických dat. Důležitost tohoto propojení je například u globálního oteplování naší planety, a to v jednotném přístupu k měření posuzovaných parametrů jako je teplota vzduchu.

Změna klimatu a důsledky těchto změn vyžadují konkrétní opatření k ochraně životního prostředí. Jedním z těchto opatření je právě projekt zaměřený na metrologii pro meteorologii. V meteorologii se provádějí dlouhodobá, vysoce kvalitní a nepřerušovaná měření pozorování atmosféry, půdy a oceánů, která se týkají všech ekonomik a společností světa, které jsou stále více ovlivňovány proměnlivostí a změnami klimatu. Tato vysoce kvalitní pozorování jsme schopni uskutečnit jen tehdy, když jsou založená na trvalém monitorování a na návaznosti na mezinárodní systém jednotek SI, vyjadřování nejistot měření společně s naměřenými hodnotami a objektivně metrologicky zabezpečenými měřicími přístroji.

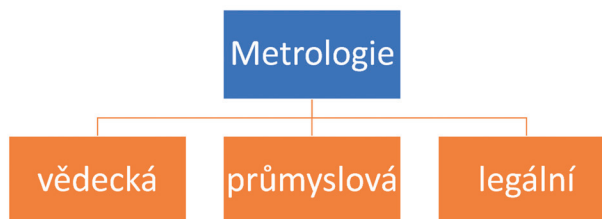
Metrologie

„Metrologie je vědní a technický obor, který se zabývá měřením různých technických a fyzikálních veličin, tedy např. tvorbou metod měření a zkoumáním vztahu mezi měřenou a skutečnou hodnotou veličiny.“

Měřením rozumíme soubor činností, jejichž cílem je stanovení hodnoty veličiny. Do měření zahrnujeme soubor experimentálních postupů a výpočtů. Pojmem měřitelná veličina označujeme vlastnost jevu, tělesa nebo látky, kterou můžeme kvalitativně rozlišit a kvantitativně stanovit. Nauka o měření je metrologie, která zahrnuje všechny aspekty po teoretické a praktické stránce souvisící s měřením a stanovením nejistot ve všech oblastech vědy a techniky.

Rozdělení metrologie v Evropské unii (obr. 1) se dělí na:

- Vědeckou metrologii, která se zabývá organizací a vývojem měřicích etalonů a jejich uchováváním (nejvyšší metrologická úroveň).
- Průmyslovou metrologii, která zabezpečuje adekvátní činnost měřidel, ta se používají v průmyslové praxi, ve výrobě a pro účely zkušebních postupů.
- Legální metrologii, která se zabývá přesností měření, zejména v oblastech, jež mají přímý vliv na ekonomické vztahy, zdraví a bezpečnost.



Obr. 1 V Evropské unii se metrologie dělí na tři kategorie. Autor: Mgr. Ing. Jan Rybář.

Na území České republiky zajišťuje služby v oblasti metrologie Český metrologický institut (ČMI) se sídlem v Brně, jeho činnost spočívá v zabezpečení jednotnosti a přesnosti měřidel a měření ve všech oborech vědecké, technické a hospodářské činnosti v rozsahu §14 zákona č. 505/1990 Sb. o metrologii, ve znění pozdějších předpisů. Jedná se o organizaci, kterou zřizuje Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky, její vznik se datuje od roku 1993, kdy došlo k rozdělení Československého metrologického ústavu na Český metrologický institut (se sídlem v Brně) a Slovenský metrologický ústav (se sídlem v Bratislavě).

Pod ČMI spadají jednotlivé oblastní inspektoráty, které jsou v Praze, Českých Budějovicích, Plzni, Liberci, Mostě, Pardubicích, Brně, Jihlavě, Kroměříži, Opavě a Olomouci. Dále pod něj spadá ještě Inspektorát pro ionizující záření v Praze, TESTCOM v Praze a Laboratoře primární metrologie v Praze.

Významná pro oblast metrologie u nás je také Česká metrologická společnost, z.s. Jedná se o dobrovolné sdružení, které má za cíl přispívat k rozvoji metrologie, měření a zkušebnictví. Hlavním posláním ČMS je především šíření odborných znalostí v oblasti měření a zkoušení formou seminářů, odborných konferencí a dalšími veřejnými akcemi, odbornými a populárními publikacemi; poskytování informačních, poradenských a konzultačních služeb a certifikace způsobilosti pracovníků pro metrologickou a zkušební činnost.

Další instituce působící v oblasti metrologie (legální metrologie) v České republice jsou: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) a Český institut pro akreditaci (ČIA). Dále subjekty na nižším stupni jsou Autorizovaná metrologická střediska (AMS) a Střediska kalibrační služby (SKS). Pak následují výrobci, opravci a organizace provádějící montáž měřidel a na konci jsou samozřejmě uživatelé měřidel.

Meteorologie

„Meteorologie je věda, která se zabývá všestranným studiem jevů probíhajících v atmosféře. Studuje její složení, stavbu, vlastnosti, jevy a děje v ní probíhající, například počasí. Meteorologie je považována za část fyziky, proto je často chápána jako „fyzika atmosféry“ a je vyučována na matematicko-fyzikálních fakultách. Na mnoha univerzitách je meteorologie často vyučována jako součást věd o Zemi, což zohledňuje souvislost atmosféry s dalšími krajinnými sférami. Poznatky meteorologie jsou nezbytné v mnoha odvětvích lidské činnosti – doprava, zemědělství, vojenství.“

Soustavným sledováním těchto jevů v ovzduší a využíváním vědeckých poznatků se předpovídá počasí.

Moderní meteorologie je komplexní vědou, pod kterou je zahrnuto několik podoborů, které jsou zaměřeny úzce na bližší studium nebo využití poznatků o stavu a vývoji počasí. Jedná se o jednotlivé podobory:

- Dynamická meteorologie – studuje dynamiku a termodynamiku atmosféry. Jejím cílem je objektivní, fyzikálně podložená předpověď počasí.
- Synoptická meteorologie – analyzuje a studuje atmosférické jevy, které jsou důležité pro předpověď počasí.
- Fyzikální meteorologie – studuje fyziku oblaků a srážek, záření, optické, elektrické a akustické jevy v atmosféře.
- Klimatologie – popisuje průměrné atmosférické podmínky na základě dlouhodobého pozorování počasí na daném místě.
- Hydrometeorologie – zabývá se vztahy mezi meteorologickými prvky a hydrologickým režimem (tj. oběhem vody v přírodě s ohledem na meteorologická hlediska).
- Biometeorologie – studuje vlivy počasí nebo jednotlivých meteorologických prvků na živé organismy.
- Aplikovaná meteorologie – zaměřuje se úzce na studium vlivu počasí na daný obor lidské činnosti a vypracovává předpovědi specializované pro potřeby například zemědělství nebo letecké dopravy.
- Nauka o meteorologických přístrojích – zabývá se konstrukcí a funkcí meteorologických přístrojů a systémů měření.

Na území České republiky zajišťuje služby v oblasti meteorologie Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) se sídlem v Praze, jde o organizaci, která se zabývá především předpověďmi počasí a poskytuje výstražnou službu a další služby v oborech kvality ovzduší, meteorologie, klimatologie nebo hydrologie. Současně také varuje například před silným větrem nebo před povodněmi (vydáváním stupňů povodňové aktivity). Provádí také výzkum a modelování atmosféry a klimatu. Tuto organizaci zřizuje Ministerstvo životního prostředí České republiky.

Pod ČHMÚ spadají jednotlivé regionální pobočky, které jsou v Praze, Brně, Ostravě, Plzni, Ústí nad Labem, Hradci Králové a Českých Budějovicích.

Další významnou organizací v oblasti meteorologie je Česká meteorologická společnost (ČMeS), která působí v oblasti zájmu rozvoje české vědy, především meteorologie a příbuzných oborů, v souladu s potřebami a tradicemi české meteorologie. Pokračuje v činnosti Československé meteorologické společnosti, která byla utvořena v roce 1958. Dále působí v oblasti meteorologie: Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i., Centrum výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i., Hydrometeorologická služba AČR, jednotlivé státní podniky povodí a státní podnik Lesy České republiky, Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě (monitoring kvality ovzduší) až po jednotlivé zájemce o tuto vědní disciplínu.

Příklad propojení metrologie s meteorologií

K ukázkovému propojení mezi disciplínami metrologie a meteorologie dochází v letectví, kde vzhledem k vysoké rychlosti letadel, složité dynamice proudění kolem letadla a složité závislosti dynamiky tekutin na četných vzdušných parametrech je důležité přesně sledovat řadu meteorologických jevů. Pilot letadla musí pomocí přístrojů dokázat vyhodnotit, resp. změřit mnoho veličin. Je důležité vědět, kde bude bouře, vítr, vědět o změnách tlaku, dešti nebo sněhu. Během letu může pilot řešit nepříjemnosti počasí nebo poruch letadla. Vyhodnocuje hodnoty atmosférického tlaku, rychlosti větru, rychlosti letu, času, teplotu oleje a výfukových plynů, spotřebu paliva, zajímá jej venkovní teplota, vlhkost, srážky, atd.

Navíc pokud vzletáme letadlem vzhůru, začíná vzduch postupně řádnout, jak s narůstající nadmořskou výškou klesá atmosférický tlak. Ve vzduchu je obsaženo méně kyslíku a nižší tlak jej netlačí dostatečně do krve, což se projeví na lidském organismu v nedostatku kyslíku. Z tohoto důvodu je na palubě letadla neustále připravena zásoba vhodné natlakovaného vzduchu, který je systematicky dodáván do prostoru pro cestující. Podrobněji o atmosférickém tlaku viz příspěvek „Problematika atmosférického tlaku“ od Ing. Ivana Fišky a kol.

Závěr

Příspěvek stručně ozřejmil vztah metrologie a meteorologie, v čem se tyto vědní obory liší a v čem si naopak pomáhají, jaké je zabezpečení metrologie a meteorologie v České republice, jaké organizace u nás v této oblasti působí. Dále je celá řada oblastí, kde se tyto vědní obory doplňují, jednou z nich je oblast dopravy, především letectví. Metrologie, která se zabývá měřením, je potom chápána jako podpůrný prvek meteorologie při měření teploty, vlhkosti, rychlosti větru, srážek, slunečního záření a dalších meteorologických jevů.

Poděkování:

Autoři děkují Strojnické fakultě Slovenské technické univerzity v Bratislavě, grantové agentuře APVV projekty číslo: 15-0295, 15-0164; agentuře VEGA projekty číslo: 1/0098/18, 1/0556/18, 1/0610/17, 1/0317/17 a agentuře KEGA projekty číslo: 006STU-4/2018, 039STU-4/2017, 027STU-4/2017 za jejich podporu při psaní tohoto příspěvku.

Literatura:

- KLENOVSKÝ, P., 2019. Aplikace fyziky v metrologii a činnost Českého metrologického institutu SlidePlayer. [online]. [cit. 26. 01. 2019]. Dostupné z www: <https://slideplayer.cz/slide/3638578/>.
- BOHÁČEK, J., 2017. Metrologie. 2. vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 128 stran. ISBN 978-80-01-06169-5.
- Česká meteorologická společnost, 2019. cmes.cz. [online]. [cit. 01. 03. 2019]. Dostupné z www: <http://www.cmes.cz/cs>.
- Česká metrologická společnost, 2019. spolky.csvts.cz. [online]. [cit. 11. 03. 2019]. Dostupné z www: <http://spolky.csvts.cz/cms/>.
- Český hydrometeorologický ústav, 2019. portal.chmi.cz. [online]. [cit. 14. 01. 2019]. Dostupné z www: <http://portal.chmi.cz/>.
- Český hydrometeorologický ústav, 2019. Wikipedia. [online]. [cit. 17. 01. 2019]. Dostupné z www: https://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Ces%C3%BD_hydrometeorologick%C3%BD_%C3%BAstav.
- Český metrologický institut, 2019. cmi.cz. [online]. [cit. 28. 01. 2019]. Dostupné z www: <https://www.cmi.cz/>.
- Meteomet (Metrology for meteorology), 2017. Meteomet.org. [online]. [cit. 14. 01. 2019]. Dostupné z www: <https://www.meteomet.org/>.
- Meteorologický slovník, 2011. Ondrej Košťan, oblaky.spoznaj.eu. [online]. [cit. 22. 02. 2019]. Dostupné z www: <http://www.oblaky.spoznaj.eu/Meteorologicky-slovník-G---M.html#M>.
- Meteorologie, 2019. Wikipedia. [online]. [cit. 02. 03. 2019]. Dostupné z www: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Meteorologie>.
- Metrologie, 2019. Wikipedia. [online]. [cit. 19. 01. 2019]. Dostupné z www: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Metrologie>.
- PALENČÁR, R., KUREKOVÁ, E., VDOLEČEK, F., HALAJ, M., 2001. Systém riadenia merania. 1. vydání. Bratislava: Slovenská technická univerzita, Vydalo Grafické štúdio Ing. Peter Juriga. 208 stran. ISBN 80-968449-7-0.
- SEIFERT, V., 2018. Počasí: 100 + 1 záhadných otázek. Druhé revidované a upravené vydání. Praha: Aventinum, 176 stran. ISBN 978-80-7442-095-5.
- Tlak vzduchu ve výškách a v letadle, 2010. fyzmatik.pise.cz. [online]. [cit. 19. 01. 2019]. Dostupné z www: <http://fyzmatik.pise.cz/389-tlak-vzduchu-ve-vyskach-a-v-letadle.html>.
- VYSOUDIL, M., 2013. Základy fyzické geografie 1. Meteorologie a klimatologie. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 110 s. Studijní opory. ISBN 978-80-244-3892-4.
- World Metrology Day today, 2018. Metro. [online]. [cit. 09. 01. 2019]. Dostupné z www: <http://www.theindependent-bd.com/printversion/details/150558>.

Problematika atmosférického tlaku

IVAN FIŤKA¹, JAN RYBÁŘ², JAKUB PALENČÁR³, MATEJ ŠIMOVEC⁴, JURAJ SLOVÁK⁵

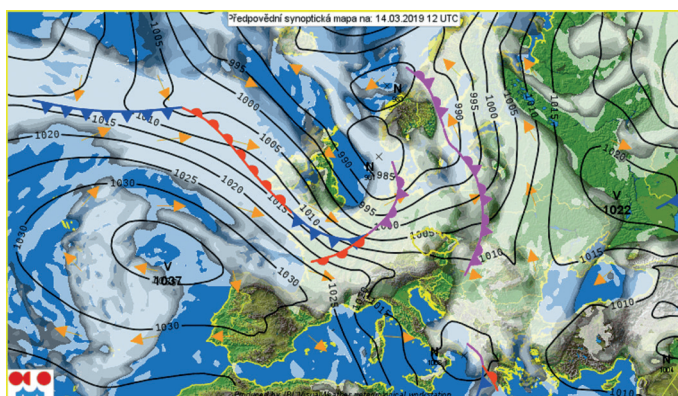
¹ Ústav automatizace, měření a aplikované informatiky, Strojnická fakulta, Slovenská technická univerzita v Bratislavě, ivan.fitka@stuba.sk, ² jan.rybar@stuba.sk, ³ jakub.palencar@stuba.sk, ⁴ matej.simovec@stuba.sk, ⁵ juraj.slovak@stuba.sk

Úvod

Vliv atmosféry a jejich změn na všechny organizmy žijící na světě, tedy i na člověka je evidentní a už odpradávná se touto problematikou lidstvo zabývalo. Lidskou populaci, životní prostředí a zemědělství přímo ovlivňují změny týkající se atmosférických dějů (počasí). Člověk vždy chtěl vědět, „jaké je a jaké bude počasí v následujících dnech, jaká je teplota, rychlost větru a v neposlední řadě hodnota atmosférického tlaku“. V tomto příspěvku si blíže představíme problematiku atmosférického tlaku (tlaku vzduchu), zobrazíme tlak v synoptických mapách a stručně si popíšeme měřicí přístroje, které se používají ke sběru dat (hodnot) atmosférického tlaku.

Definice atmosférického tlaku

Tlak je definován jako fyzikální veličina, která vyjadřuje poměr síly kolmo, rovnoměrně a spojitě působící na plochu. Dále známe tlak statický, dynamický, vakuum, podtlak nebo přetlak a samotný atmosférický tlak. Atmosférický tlak nám udává, jakou silou působí vzdušný obal Země, tedy atmosféra, kolmo na její povrch. Atmosférický tlak je proměnlivá veličina a závisí na teplotě a vlhkosti vzduchu, zeměpisné šířce a nadmořské výšce. Tento údaj se měří na meteorologických stanicích. Základní jednotkou tlaku podle mezinárodní soustavy SI je Pascal (Pa). 1 Pa je tlak, který vyvolává síla 1 newtonu rovnoměrně rozložená na rovinné ploše s obsahem 1 m² kolmé ke směru síly. Naměřené hodnoty atmosférického tlaku dosahují vysokých čísel a pro snazší vyjadřování v oblasti meteorologie se používá jednotka hektopascal (hPa). V anglosaských zemích je rovněž používán milibar (mbar, 1 hPa = 1 mbar) a dříve hodnoty byly udávány v milimetrech rtuťové sloupce či v torech (1 Pa = 7,500616.10⁻³ torr). Jak bylo již zmíněno, hodnota atmosférického tlaku není konstantní, ale mění se v prostoru ve svislém a vodorovném směru. Vlivem těchto prostorových změn tlaku vzniká síla tlakového gradientu, která ovlivňuje proudění vzduchu v atmosféře. Ve vertikálním směru hodnota atmosférického tlaku klesá s narůstající výškou (na každých 100m klesá tlak vzduchu v nižších polohách o přibližně 13 hPa – přesná hodnota se liší podle charakteristiky vzduchové hmoty). V horizontálním směru se hodnoty atmosférického tlaku zaznamenávají do meteorologických map.

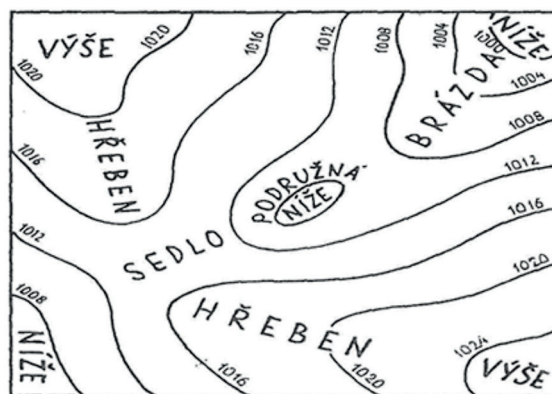


Obr. 1 Synoptická mapa. Zdroj: Předpovědní synoptická mapa Evropy, 2019.

Obraz rozložení atmosférického tlaku v jistém čase nad nějakým územím vznikne, když se naměřené a přepočtené hodnoty tlaku vzduchu zaznamenají do synoptické mapy (obr. 1). Místa, v nichž měl tlak vzduchu v určitém čase stejnou hodnotu se spojují souvislou čarou. Tyto čáry se nazývají izobary. Na meteorologické mapě se kreslí zpravidla v intervalu 5 hPa.

Izobary vymezují v tlakovém poli atmosféry tlakové nebo barické útvary. Rozlišujeme šest druhů těchto útvarů podle toho, zda je tlak vzduchu v nich vyšší nebo nižší než tlak v okolních oblastech a podle toho, jaký tvar mají izobary, které je uzavírají (obr. 2).

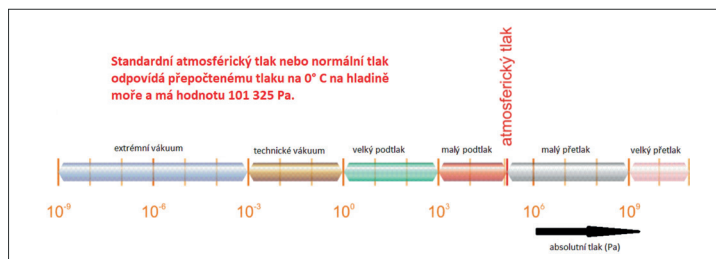
- Tlaková níž (cyklona) je oblast relativně nízkého tlaku vzduchu s nejnižším tlakem ve svém středu. O tlakových nížích říkáme, že jsou hluboké nebo mělké. Výstupní proudy kondenzují a tvoří oblačnost a srážky.



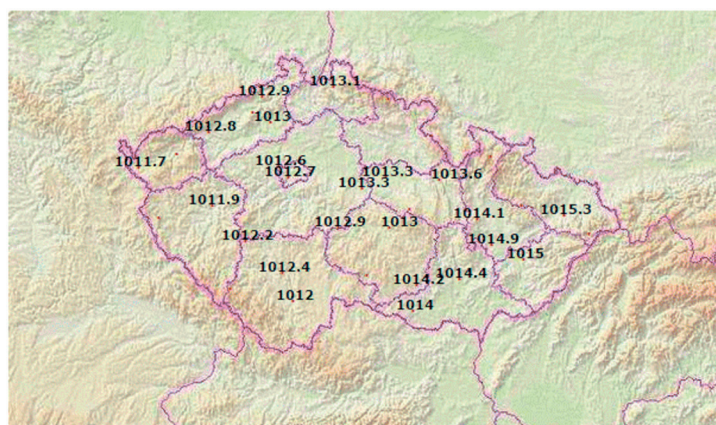
Obr. 2 Izobary. Zdroj: Atmosférický tlak, 2014.

- Brázda nízkého tlaku vzduchu je tvořena izobary, které vybíhají z tlakové níže, přičemž podél osy brázdy je tlak nižší než na obou jejích stranách. Převládá v ní oblačné počasí, občas se srážkami, v létě s bouřkami.
- Tlaková výš (anticyklóna) je oblast relativně vysokého tlaku vzduchu s nejvyšším tlakem ve svém středu. Izobary v blízkosti středu tlakové výše jsou obvykle od sebe více vzdáleny než izobary v blízkosti středu tlakové níže. Sestupné pohyby vzduchu způsobují, že obvykle v oblasti tlakové výše převládá málo oblačné počasí se slabým větrem nebo bezvětřím a bez srážek.
- Hřeben vysokého tlaku vzduchu je podobný brázdě s tím rozdílem, že podél osy hřebene je tlak vyšší než na obou jejích stranách. Od této oblasti můžeme očekávat podobné počasí jako v tlakové výši, méně oblačnosti nebo její rozpadávání a slunečno.
- Podružná tlaková níže je malá níže, která se zpravidla vyskytuje na jižním okraji rozsáhlé (centrální) tlakové níže.
- Tlakové (barické) sedlo je neutrální oblast mezi dvěma tlakovými výšemi a dvěma tlakovými nížemi. Sedla bývají neustále v pohybu a podléhají stálým změnám.

Abychom mohli porovnávat tlakové údaje naměřené na různých meteorologických stanicích, je atmosférický tlak redukován na teplotu 0 °C, zeměpisnou šířku 45° a nadmořskou výšku 0 m n. m. (hladina moře). Normální tlak za těchto podmínek je udán na hodnotu 1 013,25 hPa (obr. 3). Redukované hodnoty atmosférického tlaku se zakreslují do synoptické mapy. Na meteorologických mapách se vykreslí nejprve hodnoty tlaku (přepočtené na úroveň mořské hladiny) na jednotlivých stanicích (obr. 4) a poté se spojí místa se stejnou hodnotou tlaku vzduchu (izobary). Ty jsou nejvíce užívané při kreslení přízemních synoptických map kvůli analýze a prognóze počasí (např. tlakové níže/výše, frontální analýzy atd.). Rozdílnými hodnotami tlaku vzduchu taktéž můžeme zjednodušeně se zanedbáním dalších činitelů vysvětlovat vznik větru. Ten bývá tím silnější, čím blíže jsou k sobě izobary. Důležité je také sledovat tlakovou tendenci. Výrazné změny tlaku vzduchu zvyšují zátěž na lidský organismus a lze při nich také očekávat změny počasí v souvislosti s příchodem tlakové níže nebo výše.



Obr. 3 Oblasti tlaku ve vztahu k absolutnímu tlaku. Autor: Ing. Ivan Fiřka.



Obr. 4 Údaje o atmosférickém tlaku přepočtené na hladinu moře (na území ČR). Zdroj: Měření a zaznamenávání tlaku vzduchu, 2017.

Měření atmosférického tlaku

Měření atmosférického tlaku, ale i ostatních meteorologických veličin (teplota a vlhkost vzduchu, směr a rychlost větru, koncentrace srážek znečišťujících ovzduší) jsou prvním krokem při získání sběru meteorologických dat. Celý proces probíhá nejprve ze sběru naměřených dat jednotlivých meteorologických veličin, následným zpracováním a vyhodnocením. Výsledkem celého procesu je např. stanovení aktuální předpovědi počasí nebo vytvoření předpovědi počasí na nejbližší hodiny, dny, týdny.

Při měření atmosférického tlaku se v dnešní době nejčastěji používají tři základní typy měřicích přístrojů: barometr, aneroid, barograf.

Rtuťový barometr navrhl v roce 1643 italský fyzik Evangelista Torricella, který jako první prokázal existenci atmosférického tlaku. Z jedné strany otevřená skleněná trubice je ponořena otevřenou stranou do nádoby, ve které je rtuť. Tlak vzduchu p působící na povrch rtuť vytláčí hladinu v trubici do výšky h , díky čemuž můžeme určit hodnotu tlaku. Tento typ barometru je nejrozšířenější a v současnosti se používá zejména ve zdravotnictví. V oblasti meteorologie se tento typ barometru používá zřídka, protože v dnešní době již existují elektronické precizní barometry, které zaručují vysokou přesnost a dlouhodobou teplotní stabilitu měření.

Elektronické barometry (obr. 5) patří k nejpoužívanějším měřicím přístrojům na měření atmosférického tlaku. Vyznačují se především širokým rozsahem měření atmosférického tlaku, vysokou přesností, dlouhodobou stabilitou,

opakovatelností a malou kalibrační nejistotou. V elektronických barometrech se používají snímače absolutního tlaku, které jsou vyráběny na bázi křemíku. Snímač v sobě integruje mimo vlastního čidla i zesilovač a obvod pro teplotní kompenzace a kalibrace.

Většina nejmodernějších elektronických barometrů využívá převodníky, které transformují odezvu senzoru na elektrické veličiny související s tlakem, ve formě buď analogových signálů, např. napětí (DC nebo AC s frekvencí spojenou se skutečným tlakem) nebo digitálních signálů (např. frekvenci impulzů nebo standardní protokoly datové komunikace, jako je RS232, RS422, RS485 nebo IEEE488). Současné technologie u digitálních barometrů umožňují využívat různé úrovně redundance na zlepšení dlouhodobé stability a přesnosti měření. Jednou z technik je použití tří nezávisle pracujících senzorů pod centralizovaným řízením mikroprocesoru. Ještě vyšší stability a spolehlivosti lze dosáhnout použitím tří zcela nezávislých barometrů, které obsahují tři sady převodníků tlaku a mikroprocesorů. Každá konfigurace má automatickou teplotní kompenzaci z interně namontovaných teplotních čidel. Trojitá redundance zaručuje vynikající dlouhodobou stabilitu a přesnost měření i v těch nejnáročnějších aplikacích.

Aneroid je přístroj k měření atmosférického tlaku, na rozdíl od barografu ukazuje aktuální stav tlaku. Práce s aneroidem je oproti práci se rtuťovým barometrem podstatně jednodušší, protože přístroj je menší, uzavřený (nehrozí únik rtuti) a odolnější (nehrozí rozbití skleněných částí). Principem se jedná o tenkostěnnou kovovou krabičku (vidieho dóza), která je uvnitř vzduchoprázdňá, ta se působením atmosférického tlaku více nebo méně deformuje. Velikost deformace je přenášena na ručičku ukazující velikost tlaku na stupnici. Aneroid je méně přesný typ barometru, který slouží především k orientačnímu měření a používá se zejména v hornictví nebo v geodézii a letectví na výšková měření.

Barograf (obr. 6) je registrační barometr, který zaznamenává časový průběh atmosférického tlaku. Tímto se liší od barometru a aneroidu, které ukazují jen aktuální hodnotu atmosférického tlaku. Barograf používaný v meteorologii zaznamenává obvykle průběh tlaku během jednoho dne. Základem barografu je několik spojených androidů a ručička s perem, která kreslí na pomalu se otáčející válec graf atmosférického tlaku v průběhu dne. Válec se otáčí pomocí hodinového stroje. Záznam z barografu se nazývá barogram.



Obr. 5 PTB330 Digitální precizní barometr pro meteorologii, letectví a průmysl. Zdroj: PTB330 precizny barometer, 2019.



Obr. 6 Barograf. Zdroj: Barograf Indeks 2010, 2019.

Závěr

V úvodní kapitole tohoto příspěvku jsou popsány základní definice atmosférického tlaku, jeho význam v meteorologii a jednotky, které se používají při zápisu naměřených dat. Dále jsou popsány vlastnosti atmosférického tlaku, jeho šíření v prostoru a vyobrazení naměřených dat z meteorostanic v meteorologických mapách.

Dále se věnujeme procesu samotného měření atmosférického tlaku a měřicím přístrojům, kterými je možné měřit hodnoty atmosférického tlaku. V dnešní době mezi nejpřesnější a nejpoužívanější měřicí přístroje na měření tlaku patří elektronické barometry.

Závěrem bychom rádi připomněli, že atmosférický tlak výrazně ovlivňuje lidský organizmus a všechny živý organizmus na planetě. Poznání hodnot atmosférického tlaku společně s ostatními meteorologickými veličinami má značný vliv na předpověď počasí, ale jeho hodnota je klíčová i v jiných odvětvích, např. v leteckém průmyslu při určování aktuální výšky. Tlak si můžeme také uvědomovat během dne, a to například při jízdě z většího kopce, klesání v le-tadle, či přemisťování se výtahem, kdy máme pocit zaléhání v uších, protože tlak vzduchu s výškou klesá.

Poděkování:

Děkujeme Strojnické fakultě Slovenské technické univerzity v Bratislavě, grantové agentuře APVV projekty číslo: 15-0295, 15-0164; agentuře VEGA projekty číslo: 1/0098/18, 1/0556/18, 1/0610/17, 1/0317/17 a agentuře KEGA projekty číslo: 006STU-4/2018, 039STU-4/2017, 027STU-4/2017 za podporu při psaní tohoto příspěvku.

Literatura:

- Aneroid, 2019. Wikipedia. [online]. [cit. 26. 01. 2019]. Dostupné z www: <https://sk.wikipedia.org/wiki/Aneroid>.
- Atmosférický tlak, 2014. Aeroweather. [online]. [cit. 10. 02. 2019]. Dostupné z www: <https://aeroweather.webnode.sk/met-i/atmosfera/atmosfericky-tlak/>.
- Barograf Indeks 2010, 2019. Maristo.pl. [online]. [cit. 09. 03. 2019]. Dostupné z www: <https://maristo.pl/instrumenty-pomiarowe-barigo/10090-barograf.html>.
- Barograf, 2019. Wikipedia. [online]. [cit. 19. 01. 2019]. Dostupné z www: <https://sk.wikipedia.org/wiki/Barograf>.
- KOHOUTEK, L., 2019. Atmosféra planety Země: náš životní prostor v ohrožení. 1. vydání. Valašské Meziříčí: Aldebaran, 112 stran, 8 stran obrazových příloh. ISBN 978-80-87121-01-6.
- Měření a zaznamenávání tlaku vzduchu, 2017. IN-počasí. [online]. [cit. 14. 01. 2019]. Dostupné z www: <https://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/tlak-vzduchu-4.8.2015/>.
- Předpovědní synoptická mapa Evropy, 2019. Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 14. 03. 2019]. Dostupné z WWW: <http://portal.chmi.cz/predpovedi/predpovedi-pocasi/evropa/synopticka-situace>.
- PTB330 precízny barometer, 2019. D-Ex Instruments. [online]. [cit. 28. 01. 2019]. Dostupné z www: <https://www.dex.sk/produkt/ptb330-precizny-barometer/#totab1>.
- Vysokohorská turistika, 2019. Klub slovenských turistov Stará Turá. [online]. [cit. 30. 01. 2019]. Dostupné z www: <http://www.kstst.sk/pages/vht/meteo/tlutvar.htm>.
- ZÁRYBNICKÁ, A. et al., 2018. Když se blýská na časy: počasí a klima u nás i ve světě. 1. vydání. Brno: CPress, 2018. 240 stran. ISBN 978-80-264-2304-1.

V.

Klimatologická zpracování
a charakteristiky území na horách

Pokus o mapu Šumavy TMI

LUBOŠ MĚMEC

Český hydrometeorologický ústav, Praha, lubos.nemec@chmi.cz

Správná plošná interpolace meteorologického prvku je základem nejen pro operativní mapy, ale i pro mapy režimových charakteristik, které mohou být součástí norem ČSN případně klimatologických atlasů nebo publikací zaměřených na krajinu.

Většinou se využívá závislost prvku na nadmořské výšce. Čím těsnější je tato vazba, tím lepší dostáváme výsledky a tím také klesá nárok na velký počet stanic nutných pro zpracování.

Mezi prvky, kde je tato závislost dostatečně těsná patří teplota vzduchu (průměrná nebo ještě lépe maximální), rychlost větru, námraza. U těchto prvků se sčítá vliv nadmořské výšky a expozice terénu. Naopak u srážek, sněhové pokrývky a podle mého názoru především u teplotních minim má nadmořská výška a expozice opačný vliv. V takovém případě je třeba používat závislost na nadmořské výšce velmi opatrně, pomůže i využití shlazeného terénu a samozřejmě pokud možno co největšího množství stanic a to i za cenu, použití odborného odhadu pro typická místa, kde nejsou naměřená data k dispozici.

Inspirací k napsání tohoto článku byla příloha k normě ČSN mapa padesátiletého minima teploty. Vzhledem k tomu, že byla použita data profesionální staniční sítě, tak oblast šumavských plání, kde jsou dosahovány extrémně nízké hodnoty teplotních minim, byla charakterizována stanicí Churáňov a v důsledku toho i téměř nejvyššími (nejteplejšími) hodnotami z celé ČR. Ale ani nízké hodnoty teplotních minim šumavských plání necharakterizují celou Šumavu. Vrcholy, svahy i úzká zalesněná údolí mají hodnoty mnohem vyšší.

Metoda MWLR plošné interpolace prvku částečně tento problém řeší. Pro interpolaci nejsou vyhledány nejbližší stanice, ale stanice nejhodnější. Tedy nejen blízké, ale i s podobnou konfigurací terénu. Krosovou validací je možné vyhledat váhy pro jednotlivé parametry tj. vzdálenost, vertikální vzdálenost, sklon a orientaci terénu, konvexnost terénu pro výběr nejhodnější stanic.

Pro konstrukci mapy byla zvolena hodnota průměr ročních minim za období od roku 1961 do roku 2018. Chybějící roční hodnoty byly doplněny. Pro oblast Šumavy tak bylo k dispozici cca 50 stanic. Mapa sestavená interpolací hodnot těchto stanic nesplňovala naše představy a tak jsme pro zpracování přidali dalších cca 250 bodů. Především to byly stanice silniční a potom body s význačnou konfigurací terénu. Pro tyto body byla hodnota průměru ročních minim odhadnuta na základě podobnosti terénu s nejbližšími stanicemi.

Výsledná mapa téměř splňuje naše představy o rozložení teplotních minim na Šumavě a jejím okolí. Ještě se budeme snažit o zkvalitnění metody využití vrstvy landuse a vrstvy charakterizující velikost plochy, kde se vyzářováním vytváří místa s nízkou teplotou.

Klima hor a pohoří v Česku – návrh struktury a obsahu

RADIM TOLASZ¹, ADAM VALÍK²

¹ Český hydrometeorologický ústav, Odbor klimatologie, Praha, radim.tolasz@chmi.cz, ² adam.valik@chmi.cz

Úvod

Od vydání Atlasu podnebí Česka (2007) uplynulo již více než 10 let a česká klimatologie se již několik let zamýšlí nad zpracováním podobného atlasu pro hory a pohoří. Komplexní terén v oblastech, které označujeme jako hory a pohoří, sebou přináší nejen problémy v samotném měření základních klimatologických charakteristik, ale i těžkosti při jejich plošné interpretaci. Předkládáme tímto článkem odborné veřejnosti návrh struktury a obsahu Atlasu podnebí českých pohoří, včetně příkladů některých částí.

Data a metodika

Prvotním problémem je vymezení oblastí, které budeme zpracovávat. Zatím jsme se rozhodli pro standardní geomorfologické členění ČR publikované v komplexní podobě například Demkem a Mackovčinem (2006), jejichž práce navazovala na původní práci Demka a kol. (1987). Vybrali jsme pro zpracování tyto geomorfologické oblasti: Šumava, Český les, Krušné hory, Jizerské hory, Krkonoše, Orlické hory, Jeseníky, Beskydy, Hostýnsko-vsetínská hornatina a Javorníky (tab. 1).

Klimatologické charakteristiky jsme pro testování připravili pro stanice, které leží přímo v jednotlivých oblastech a v období 1961–2018 vyhovují metodickým doporučením WMO (2017), hlavně podmínce 3/5 pro přerušená měření a pozorování. V Jizerských horách, Hostýnsko-Vsetínské pahorkatině a v Javornících je nedostatek vhodných stanic, proto byly použity i stanice z okolí. Seznam stanic pro jednotlivé oblasti neuvádíme, v tab. 2 je uveden jen počet použitých stanic pro jednotlivé prvky v oblastech.

Atlas by mohl mít zpracovány tyto základní klimatologické charakteristiky:

Teplota vzduchu – průměrná, maximální a minimální teplota vzduchu

– charakteristické teploty vzduchu

– počty dní

Srážky

– průměrný a maximální úhrn srážek

– intenzita srážek

– srážkové indexy

– počty dní

Tab. 1 Přehled navržených oblastí pro Atlas.

Oblast	Celky	Rozloha [km ²]	Nejvyšší bod [m n. m.]
Šumava	Šumava, Šumavské podhůří	4 099	Plechý (1 378)
Český les	Český les, Podčeskoleská pahorkatina	1 544	Čerchov (1 042)
Krušné hory	Krušné hory	1 562	Klínovec (1 244)
Jizerské hory	Jizerské hory	422	Smrk (1 124)
Krkonoše	Krkonoše, Krkonošské podhůří	1 689	Sněžka (1 602)
Orlické hory	Orlické hory, Podorlická pahorkatina	1 461	Velká Deštná (1 115)
Jeseníky	Kralický Sněžník, Mohelnická brázda, Hanušovická, Zlatohorská a Zábřežská vrchovina, Rychlebské hory, Hrubý a Nízký Jeseník	5 951	Praděd (1 492)
Beskydy	Podbeskydská pahorkatina, Rožnovská brázda, Moravskoslezské Beskydy	2 211	Lysá hora (1 323)
Hostýnsko-vsetínská hornatina	Hostýnsko-vsetínská hornatina	679	Vysoká (1 024)
Javorníky	Javorníky	226	Velký Javorník (1 071)

- Sníh – sněžení
- sněhová pokrývka
- počty dní

Zvažovat budeme i další prvky, jejichž interpolace v komplexním terénu však bude problematická. Jde například o charakteristiky větru (průměrná a maximální rychlost větru, počty dní) a vybrané meteorologické jevy (např. mlha, námraza a bouřky). Pro otestování možností použití interpolačních metod v relativně malých oblastech s komplexním terénem byla zpracována průměrná roční teplota, průměrný roční úhrn srážek, sezónní průměr sumy výšky nového sněhu a sezónní průměr maximální výšky sněhové pokrývky. Teplota a srážky jsou připraveny z technických řad ČHMÚ, sníh je ze základních časových řad měřených hodnot, které prošly důkladnou kontrolou kvality, ne však homogenizací. Lineární trendy byly vypočteny v aplikaci AnClim (Štěpánek 2010) a pro interpolaci byla použita interpolační metoda CLIDATA-DEM z aplikace CLIDATA/GIS popsána v práci Němce a Stříže (2011) s digitálním modelem terénu v rozlišení 100x100m.

Tab. 2 Počty vybraných klimatologických stanic v jednotlivých oblastech.

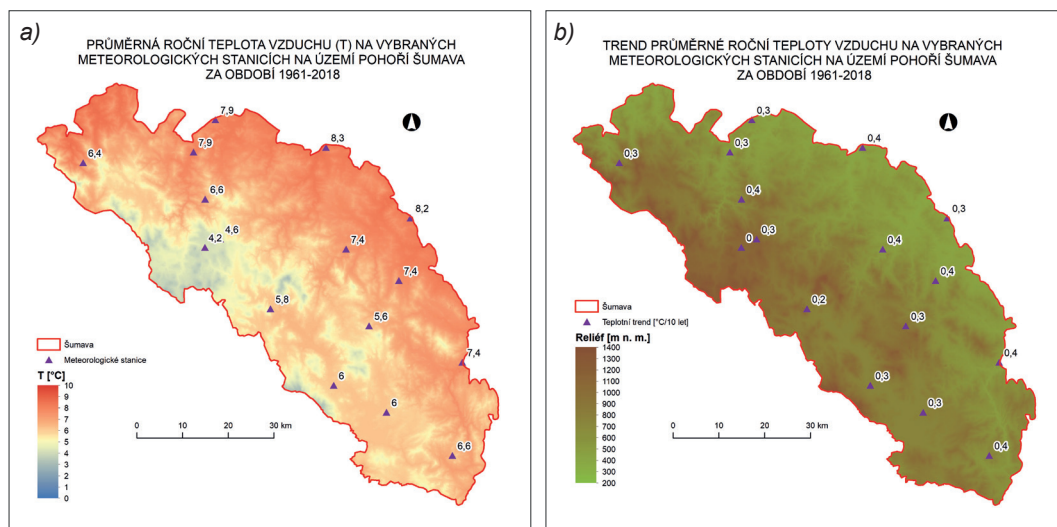
Oblast	Teplota	Srážky	Sníh
Šumava	16	45	17
Český les	5	13	7
Krušné hory	8	18	5
Jizerské hory	6	12	6
Krkonoše	15	23	10
Orlické hory	8	14	5
Jeseníky	25	62	33
Beskydy	12	32	19
Hostýnsko-vsetínská hornatina	9	17	13
Javorníky	2	8	5

Mapové výstupy

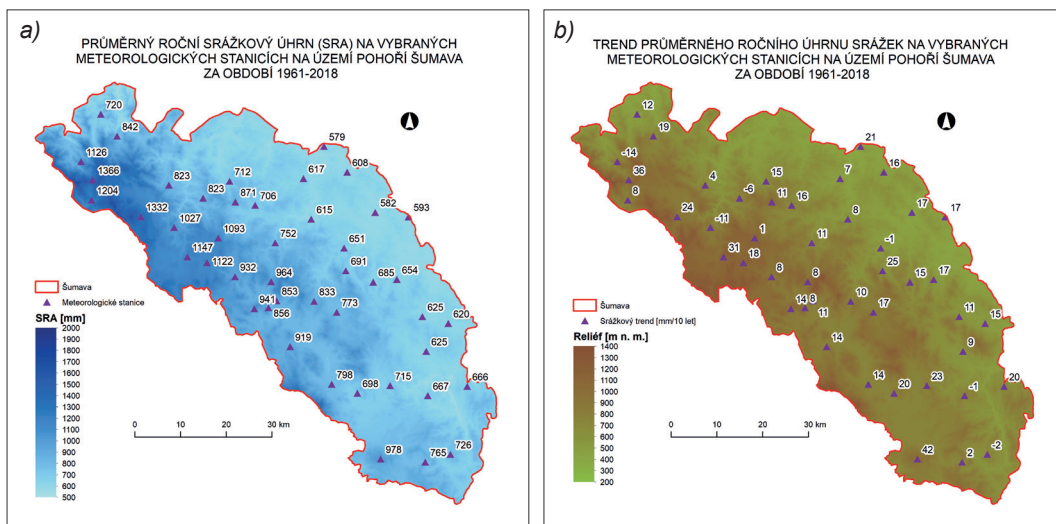
Pro prvotní přehled byly pro každou oblast zpracovány mapy vybraných klimatologických charakteristik a příslušného desetiletého trendu za období 1961–2018, které poukazují na prvotní problémy v interpolaci těchto charakteristik. Obrázky 1 až 4 ukazují tyto dvojice map pro oblast Šumavy.

Závěr

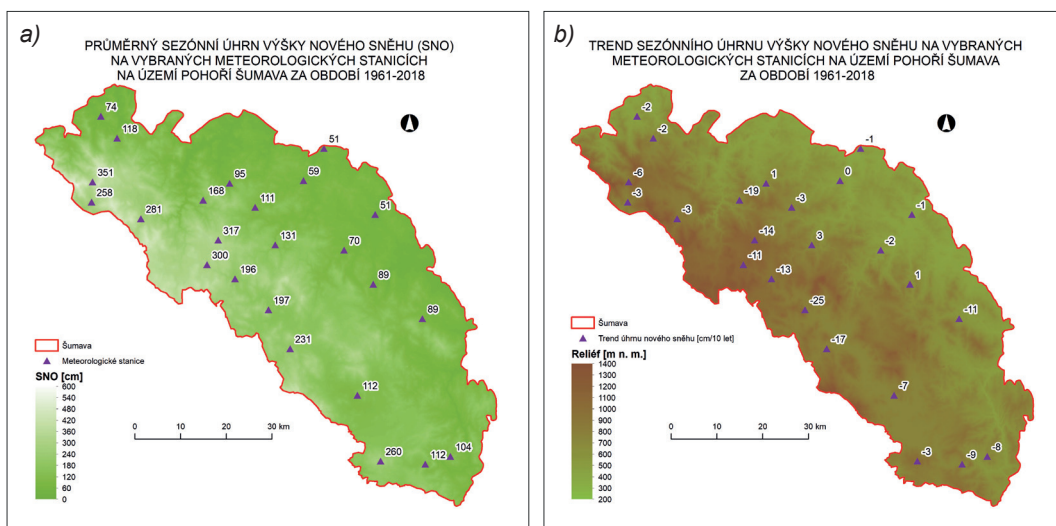
Předložená práce ukazuje možný přístup tvorby nového klimatického atlasu pro hory a pohoří v Česku. Struktura je navržena tak, aby Atlas navázal na Atlas podnebí, je však zřejmé, že některé části nebudou na horách zpracovávány (např. mapy fenologických fází nebo tlaku vzduchu). Je zřejmé, že při podrobném zpracování budeme řešit problémy spojené s nedostatkem vhodných kvalitních stanic a s velkým vlivem okolního reliéfu. Zároveň bude nutné ve větší míře pro interpolace využít stanice z podhůří a pravděpodobně i ze zahraničí.



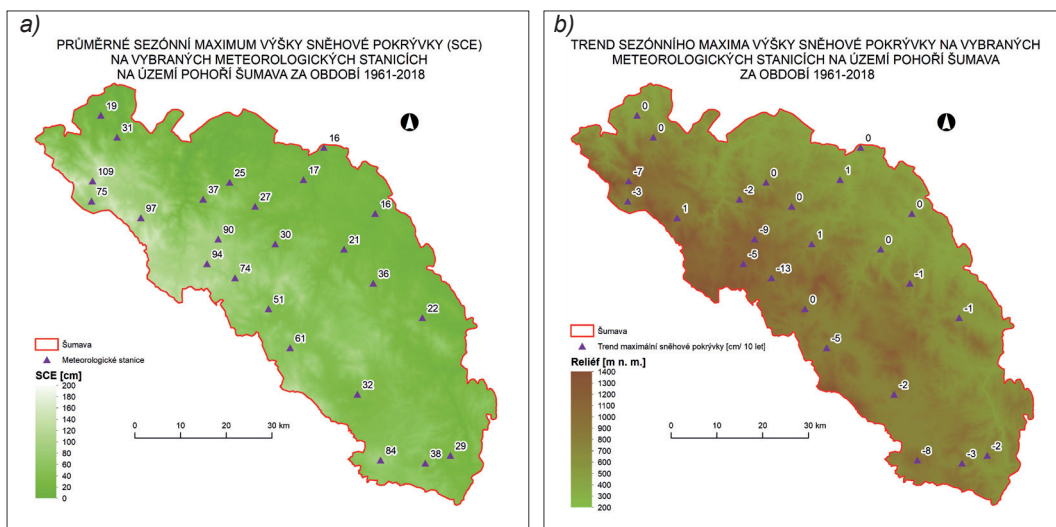
Obr. 1 Průměrná roční teplota (a) a desetiletý trend za období 1961–2018 (b) na Šumavě.



Obr. 2 Průměrný roční úhrn srážek (a) a desetiletý trend za období 1961–2018 (b) na Šumavě.



Obr. 3 Průměrná sezónní suma nového sněhu (a) a desetiletý trend za období 1961–2018 (b) na Šumavě.



Obr. 4 Průměrné sezónní maximum výšky sněhu (a) a desetiletý trend za období 1961–2018 (b) na Šumavě.

Literatura:

- DEMEK, J. a kol., 1987. Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny. Brno: Academia, 1987. 584 s.
- DEMEK, J., MACKOVČIN, P., 2006. Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny. Brno: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 582 s. ISBN 80-86064-99-9.
- NĚMEC, L., STŘÍŽ, M., 2011. Mapa zatížení sněhem v České republice. *Meteorologické zprávy*, roč. 64, č. 5, s. 137–141, ISSN 0026–1173.
- TOLASZ, R. a kol., 2007. Atlas podnebí Česka. ČHMÚ, UP Olomouc, Praha, Olomouc, ISBN 978-80-86690-26-1, 978-80-244-1626-7.
- Meteorologický slovník výkladový a terminologický, 2018. [online]. [cit. 19. 3. 2019]. Dostupné z www: <http://slovník.cmes.cz/>.
- ŠTĚPÁNEK, P., 2010. ProClimDB—software for processing climatological datasets. CHMI, regional office Brno. [online]. [cit. 19. 3. 2019]. Dostupné z www: <http://www.climahom.eu/ProcData.html>.
- WMO, 2017. WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals. WMO-No. 1203, WMO, ISBN 978-92-63-11203-3.

Sněhová pokrývka na Lysé hoře v zimní sezóně 1910–1911

ALENA KAMÍNKOVÁ¹, VERONIKA ŠUSTKOVÁ², PAVEL LIPINA³, MIROSLAV ŘEPKA⁴

¹ Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, alena.kaminkova@chmi.cz, ² veronika.sustkova@chmi.cz,

³ pavel.lipina@chmi.cz, ⁴ miroslav.repka@chmi.cz

Úvod

V roce 2017 se na Lysé hoře konala konference 120 let meteorologických měření a pozorování na Lysé hoře (Lipina a kol., 2017), kde byl představen příspěvek Celková sněhová pokrývka na Lysé hoře v zimní sezóně 1910–1911. V tomto příspěvku bylo naznačeno možné zpracování sněhových poměrů v tomto období. Současný příspěvek na výše zmiňovaný navazuje a ukazuje předběžné výsledky dalšího výzkumu.

Nejvyšší naměřená hodnota sněhové pokrývky na území České republiky 491 cm z března 1911 již byla podrobena celé řadě zkoumání a byla zmíněna v řadě publikací nebo článků (např. Lipina a kol. 2004, Lipina 2014, Chalupa a kol. 2014). Tento příspěvek se na tuto hodnotu dívá jak v kontextu dlouhodobého měření sněhu, tak se snaží pomocí srážkoodtokového modelu HEC-HMS (US Army Corps of Engineers 2019) najít odpověď na otázku, zda je možné brát údaj 491 cm za reálný.

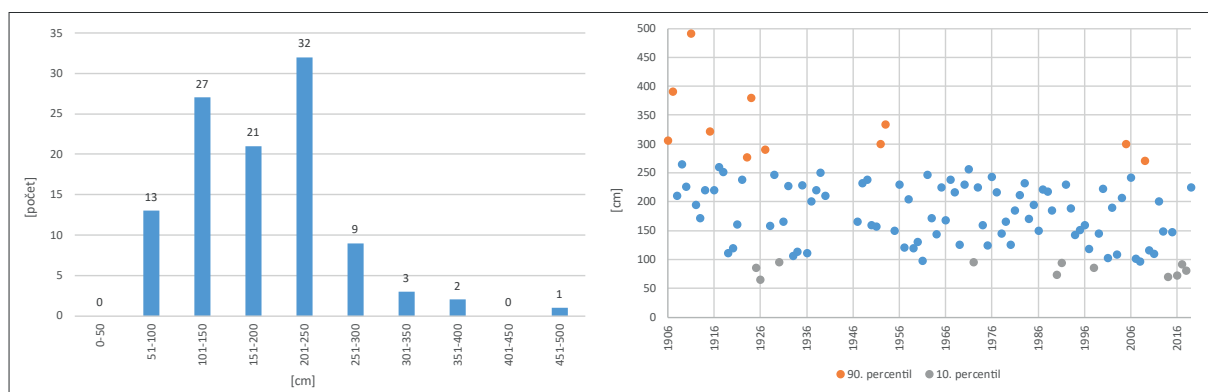
Výška sněhové pokrývky v letech 1906–2019

Pravidelné denní měření množství spadlých srážek, výšky nového sněhu, celkové výšky sněhové pokrývky a termínové teploty vzduchu začalo na Lysé hoře již od 15. července 1897 (Lipina 2017). Jedná se tedy již o více než 120 letou řadu pozorování, která je vzhledem k nadmořské výšce (1 324 m n. m.) a poloze stanice velmi cenná a údaje z této stanice jsou důležité např. pro znalosti klimatologických poměrů horských oblastí. Umístění stanice na vrcholu Lysé hory se během historie pozorování měnila, ale vzhledem k velikosti vrcholu nijak zásadně. Schéma umístění stanice je uvedeno např. v Lipina a kol., 2004.

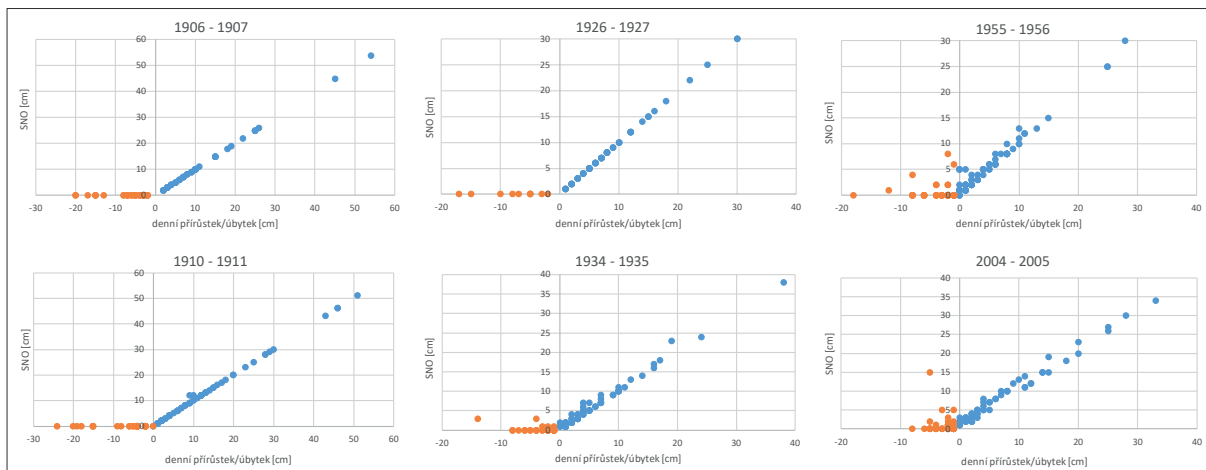
Pro zpracování bylo vybráno období 1906–2019, ve kterém byly zaznamenány nejvyšší hodnoty výšky sněhové pokrývky. Vynecháno bylo období 1941 až 1946 a rok 1954 z důvodu neúplných dat. Při zpracování bylo využito databáze CLIDATA, kde jsou uloženy všechny dostupné historické záznamy. Od roku 1906 bylo změřeno celkem 47 zim s maximální sněhovou pokrývkou (SCE_{max}) větší než 200 cm a pouze 6 krát se za toto období naměřila max SCE větší než 300 cm, z toho 5krát v letech 1906–1928. Nejčastěji se SCE_{max} (obr. 1) pohybovala v intervalu 201 až 250 cm (32krát) a v intervalu 101 až 150 cm (27 krát).

Rozložení SCE_{max} během celého sledovaného období, spolu se zvýrazněním min a SCE_{max} pomocí percentilů (pro porovnání byl vybrán 10. a 90. percentil), je také znázorněno na obr. 1. I z tohoto grafu je patrné, že většina zim s nejvyšší sněhovou pokrývkou se vyskytovala do roku 1928.

Až do roku 1933, kdy došlo ke změně stanice na stanici II. řádu a změně rozsahu a kvality pozorování (Lipina 2017), nebylo ve výkazech pozorování výšky sněhové pokrývky zaznamenáno sesedání sněhu a hodnota naměřených srážek v mm v tomto období téměř vždy znamenala také přírůstek nového sněhu v cm. Na obr. 2 je to znázorněno graficky za vybrané zimní sezóny. Také rychlost tání sněhové pokrývky na konci zimních sezón za uvedené období, např. v březnu 1911 (o 270 cm za 11 dní) je velmi diskutabilní.



Obr. 1 Histogram rozdělení četností SCE_{max} v jednotlivých letech (vlevo) a hodnoty SCE_{max} za období 1907 až 2019 se zvýrazněním hodnot patřící do 90. a 10. percentilu



Obr. 2 Závislost přírůstku/úbytku sněhové pokrývky a výšky nového sněhu (SNO) ve vybraných zimních sezónách při záporných teplotách vzduchu.

Z výše uvedeného lze usuzovat, že měření celkové výšky sněhu až do zmiňovaného roku 1933 neprobíhalo správně a maximální výška sněhu v tomto období by měla být menší, než bylo uvedeno na historických záznamech. Na základě těchto poznatků se začalo uvažovat o vytvoření metodiky simulace vodní hodnoty s využitím programu HEC-HMS a následně možnosti revize historických hodnot výšky sněhové pokrývky.

Stručná metodika

Pro další zpracování bylo nutné vybrat zimní sezóny, pomocí kterých bude prováděna simulace v programu HEC-HMS (viz dále). Vodní hodnota je pravidelně na stanici Lysá hora měřena od prosince roku 1962. Pro kalibraci sněhového modelu byly vybrány zimní sezóny s maximální výškou sněhové pokrývky, k nimž je dostupná i změřená vodní hodnota.

Byly vybrány zimní sezóny s maximální výškou sněhu alespoň 200 cm. Po rozboru těchto období (byla zkoumána závislost výšky sněhu a vodní hodnoty) a následně simulaci v modelu HEC-HMS, lze říci, že pro vybrané zimy je možné použít podobnou sadu parametrů, které lze následně použít pro simulaci zimy 1910–1911. Vybrané zimní sezóny byly následující: 1961–1962, 1964–1965, 1975–1976, 1981–1982, 2004–2005 a 2005–2006.

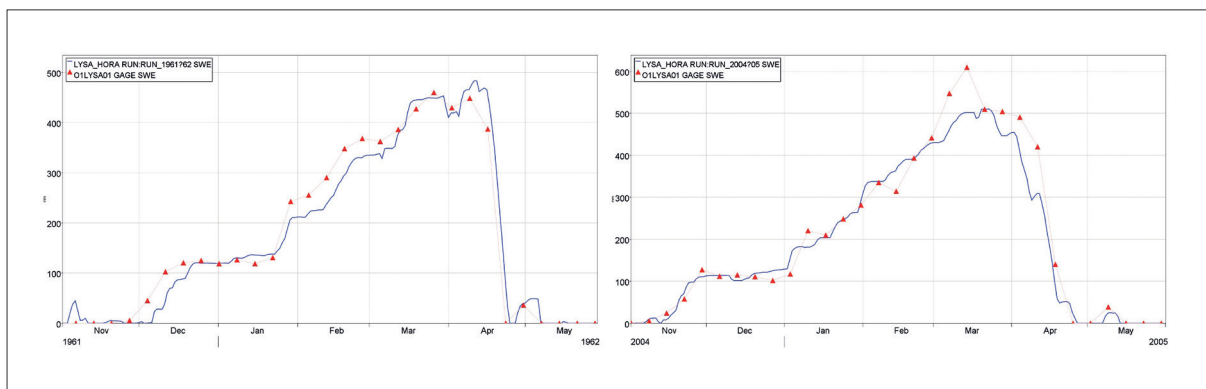
Simulace vodní hodnoty v programu HEC-HMS

Srážkoodtokový model HEC-HMS je vyvíjen americkým hydrologickým centrem (Hydrologic Engineering Center), které spadá pod tým inženýrů ústavu vodních zdrojů (Institute for Water Resources IWR) americké armády. Je koncipován tak, aby simuloval kompletní hydrologické procesy v povodí (US Army Corps of Engineers 2019). Model HEC-HMS využívá pro simulaci akumulace a tání sněhové pokrývky rozšířenou metodu teplotního indexu (degree-day, stupeň-den). Tato metoda se již osvědčila v hydroprognózní praxi (Říhová a kol. 2014, Šustková a kol. 2016), jelikož simuluje rychlost tání sněhové pokrývky ve srážkovém, tak i bezsrážkovém období a zohledňuje vliv tepla vyzařovaného zemským povrchem.

Hlavním důvodem pro využití této metody při rekonstrukci vývoje sněhové pokrývky v zimním období 1910–1911 bylo, že dokáže modelovat odtok vody z tajícího sněhu, ale zároveň pomocí teploty vzduchu a srážek dokáže simulovat akumulaci sněhu. Další nespornou výhodou metody teplotního indexu je, v porovnání např. s metodou energetické bilance, relativní nenáročnost na vstupní data (Hock 2003, DeWalle 2008).

Tab. 1 Parametry sněhového modelu pro vybraná zimní období (ukázka).

Parametr	Jednotka	1964/65	1975/76	1981/82	2004/05
PX Temperature	°C	0,8	0,8	0,8	0,8
Base Temperature	°C	0,4	0,4	0,2	0,4
ATI Coefficient	–	0,015	0,015	0,015	0,015
Wet Meltrate	mm.°C ⁻¹ .d ⁻¹	12	4	9	4,5
Rain Rate Limit	mm.d ⁻¹	0	1	0	0
Cold Limit	mm.d ⁻¹	0	3	3	3
Coldrate Coefficient	–	0,999	0,999	0,999	0,999
Water Capacity	%	5	2	5	5
Groundmelt	mm.d ⁻¹	0,35	0	0	0



Obr. 3 Příklad simulace vodní hodnoty sněhu (modře) v porovnání s naměřenou hodnotou (červeně) v zimních sezónách 1961–1962 a 2004–2005.

Kalibrace modelu

Metoda teplotního indexu (TI) v modelu HEC-HMS je v podstatě rozšířená metoda typu degree-day. Zatímco klasická metoda degree-day simuluje množství roztáté vody za den pouze na základě teploty vzduchu téhož dne, tato rozšířená metoda TI umožňuje zahrnutí dalších parametrů (viz tab. 1) a funkcí pro vyjádření tzv. sezonality teplotního indexu (ATI-Meltrate Function a ATI-Coldrate Function) (Scharffenberg, B., et al. 2018). Díky těmto parametrům je možno lépe vystihnout celkovou energetickou bilanci sněhu.

Vzhledem k charakteru zájmového území (vrchol Lysé hory) byly v modelu HEC-HMS optimalizovány pouze parametry sněhového modelu.

Vždy bylo simulováno zimní období 1. října–31. května. Simulace celého zimního období je obtížnější, protože některé parametry ovlivňují akumulaci sněhu i tání sněhu. Pokud v teplejším období dochází k rychlému tání, může hodnota tohoto parametru ovlivnit období akumulace sněhu a např. podhodnotit simulovanou vodní hodnotu. Velmi vhodné se ukázalo kalibrovat zimní období s podobným vývojem sněhové pokrývky. U všech těchto zimních období se podařilo dosáhnout velmi uspokojivého výsledku (obr. 3).

Předběžné výsledky

Po rozboru a následné simulaci všech vhodných zimních období byla sestavena sada parametrů, které byly použity pro simulaci vývoje vodní hodnoty sněhové pokrývky na Lysé hoře v zimním období 1910–1911. Maximum vodní hodnoty bylo dle simulace dosaženo 19. března 791 mm. Po získání výšky sněhové pokrývky na základě průběhu simulované vodní hodnoty byl využit přepočtení koeficient. Ten jsme získali z vhodných zimních sezón poměrem výšky a vodní hodnoty sněhu. Výsledkem simulace ke dni 9. března 1911 byla vodní hodnota 773 mm a k tomu vypočtena odpovídající výška sněhu 393 cm.

Závěr

Zkoumat a revidovat hydrometeorologická data je běh na dlouhou trať. Metodika simulace vodní hodnoty pomocí srážkoodtokového modelu HEC-HMS se ukázala jako jedna z možností, jak využít moderní nástroj v simulaci historických epizod. Zvolená metoda Teplotního indexu má navíc své výhody oproti metodám energetické bilance (Hock 2003, DeWalle 2008), kdy převládá zejména výhoda relativní nenáročnosti na vstupní data.

Navrženou metodikou, lze provést simulace také dalších zimních sezón, o jejichž maximální výšce sněhové pokrývky se vedou diskuze, např. 1906–1907, a dále se pokusit o rekonstrukci průběhu výšky sněhové pokrývky v problematických letech 1897–1933.

Literatura:

- DEWALLE, D. R., RANGO, A., 2008. Principles of Snow Hydrology. Cambridge University Press. July 2008. ISBN 9780511410758.
- HOCK, R., 2003. Temperature index melt modelling in mountain areas. *Journal of Hydrology*, 282(1), 104–115.
- CHALUPA, J., ONDRUCH, V., LIPINA, P., 2014. 491 cm celkové sněhové pokrývky v zimní sezóně 1910/1911. In: *60 let pozorování profesionální meteorologické stanice Lysá hora*. Praha: ČHMÚ. 1. vydání, 40 s. ISBN 978-80-87577-36-3.
- LIPINA, P. 2014. 491 cm celkové sněhové pokrývky na Lysé hoře v Beskydech v zimní sezóně 1910–1911. [online]. [cit. 1. 3. 2019]. Dostupné z [www: http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1394453361](http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1394453361).

- LIPINA, P. (ed.), 2017. 120 let meteorologických měření a pozorování na Lysé hoře. Sborník příspěvků z konference pořádané Českým hydrometeorologickým ústavem a Českou meteorologickou společností. Lysá hora 14.–15. června 2017. Praha. 1. vydání, 70 s. ISBN 978-80-87577-68-4.
- LIPINA, P. a kol. 2017. Celková sněhová pokrývka na Lysé hoře v zimní sezóně 1910–1911. In: *120 let meteorologických měření a pozorování na Lysé hoře*. Praha. 1. vydání, s. 178–180. ISBN 978-80-87577-68-4.
- LIPINA, P. a kol., 2004. 50 let pozorování na profesionální meteorologické stanici Lysá hora. 1. vyd. Praha: ČHMÚ. 70 s. ISBN 80-86690-20-2.
- ŘÍHOVÁ, V., KOSÍK, O., STRÍŽ, M., TÍŽKOVÁ, A. 2014. Rozšíření srážkoodtokového modelu HEC-HMS na povodí ovlivněné manipulacemi na vodních dílech a pro modelování odtoku z tání sněhové pokrývky. ČHMÚ, Projekt interního výzkumného záměru, interní dokument.
- SCHARFFENBERG, B. et al. 2018. Hydrologic Modeling System HEC-HMS User's Manual. U. S. Army Corps of Engineers. Version 4,3. 624 p.
- ŠUSTKOVÁ, V., KOSÍK, O., TÍŽKOVÁ, A., VOLNÝ, R., 2016. Zabezpečení hlásné a předpovědní služby na pobočce ČHMÚ Ostrava. In: *Sborník Symposia GIS Ostrava 2016*. Ostrava 16.–18. 3. 2016. ISBN 978-80-248-3902-8, ISSN 1213-2454.
- US Army Corps of Engineers. The Hydrologic Engineering Centre, 2019 [online]. [cit. 1. 3. 2019]. Dostupné z [www: http://www.hec.usace.army.mil/](http://www.hec.usace.army.mil/).

Klimatológia charakteristík snehovej pokrývky v horských oblastiach severného a severozápadného Slovenska v zime 2018/2019

JOZEF PECHO¹, LADISLAV MARKOVIČ², PAVEL FAŠKO³, OLIVER BOCHNÍČEK⁴, PETER KAJABA⁵, MAROŠ TURŇA⁶

¹ Slovenský hydrometeorologický ústav Bratislava, jozef.pecho@shmu.sk, ² ladislav.markovic@shmu.sk, ³ pavol.fascko@shmu.sk, ⁴ oliver.bochnicek@shmu.sk, ⁵ peter.kajaba@shmu.sk, ⁶ maros.turna@shmu.sk

Úvod

V predkladanom príspevku sme sa zamerali na analýzu teplotných a zrážkových podmienok, a predovšetkým podmienok snehovej pokrývky vo vybraných regiónoch Slovenska (predovšetkým na severe a severozápade SR: Orava, Kysuce, Tatry, atď.) v priebehu zimy 2018/2019. Zima 2018/2019 skončila na Slovensku prevažne ako teplotne nadnormálna a zrážkovo prevažne ako normálna. Zima 2018/2019 však bola zaujímavá svojím priebehom, a predovšetkým v niektorých severozápadných a severných regiónoch Slovenska bolo, najmä v priebehu januára 2019, zaznamenaných niekoľko významných zrážkových situácií, kedy v priebehu niekoľkých dní spadlo veľmi významné (veľké) množstvo nového snehu (boli zaznamenané významne vysoké hodnoty výšky novej snehovej pokrývky). Napríklad, na meteorologickej stanici v Oravskej Lesnej spadlo v termíne od 1. 1. do 6. 1. 2019 až 101 cm nového snehu (napr. v ďalšom termíne od 12. 1. do 16. 1. spadlo ďalších 80 cm), pričom celková výška snehovej pokrývky dosiahla svoje maximum dňa 16. 1. 2019, a to 132 cm. Len v priebehu januára 2019 dosiahla celková akumulácia novej snehovej pokrývky v Oravskej Lesnej až 212 cm, čo je štvrtá najvyššia hodnota v januári od roku 1951 (vyššie hodnoty boli zaznamenané len v rokoch 1976, 2012 a 2005). V predkladanom príspevku budeme analyzovať priebeh zimy 2018/2019 z pohľadu vybraných extrémov zrážok a snehovej pokrývky v kontexte dlhých časových radov ich vybraných charakteristík. V analýze sa okrem toho sústreďujeme aj na historické zmeny a pozíciu zimy 2018/2019 z hľadiska ďalšej charakteristiky vodnej hodnoty snehovej pokrývky (VHSP) a odhadovaných zásob vody vo vybraných povodiach na Slovensku (najmä povodie Váhu).

Teplotné a zrážkové podmienky zimy 2018/19

V priebehu zimy 2018/2018 boli december 2018 a január 2019 dosť odlišné v porovnaní s februárom. December 2018 bol na väčšine územia Slovenska teplotne normálny až nadnormálny. December 2018 skončil na väčšine územia Slovenska ako teplotne normálny, s kladnou odchýlkou priemernej mesačnej teploty vzduchu od normálu 1981–2010 (resp. 1961–1990). Výnimkou boli len vysokohorské polohy, resp. stanice, ako napríklad Chopok a Lomnický štít. Január 2019 bol na väčšine územia Slovenska teplotne normálny, iba vo vysokohorských polohách a aj v niektorých stredných horských polohách bol teplotne podnormálny. V tomto prvom mesiaci roka 2019 bolo naopak iba málo takých meteorologických staníc, ktoré mali v prípade priemernej mesačnej teploty vzduchu kladnú odchýlku od normálu 1981–2010. Tieto sa sústreďovali prevažne v juhozápadnej časti Slovenska. Február 2019 bol na území Slovenska teplotne nadnormálny. Na juhozápadnom Slovensku a na východnom Slovensku, na mnohých meteorologických staniaciach, ale napríklad aj v Oravskej Lesnej a na niektorých tatranských meteorologických staniaciach, dosiahla odchýlka priemernej mesačnej teploty vzduchu od normálu 1981–2010, +3,0 °C a viac, takže na týchto miestach bol február 2019 teplotne silne nadnormálny. Jedny z najvyšších hodnôt odchýlok teploty vzduchu boli zaznamenané v Kuchyni na letisku a na Lomnickom štíte (+3,6 °C). Ak by sme porovnávali priemernú mesačnú teplotu vzduchu v tohtoročnom februári s dlhodobým priemerom 1961–1990, tak odchýlky by boli ešte väčšie a na meteorologickej stanici Bratislava-Koliba by to bolo až +4,0 °C. Zima 2018/2019 ako celok bola na väčšine územia Slovenska teplotne nadnormálna. Aj na vysokohorských meteorologických staniaciach mala v tejto zime odchýlka priemernej teploty vzduchu, od normálu 1961–1990, kladné hodnoty. Napriek tomu, tam túto zimu, podobne ako v niektorých regiónoch Slovenska, (napríklad v južnej polovici stredného Slovenska) môžeme považovať za teplotne normálnu. V Oravskej Lesnej, kde bol počas tejto zimy dostatok snehu, dosiahla odchýlka priemernej teploty vzduchu za zimu, od normálu 1981–2010, +0,9 °C a pri porovnávaní s normálom 1961–1990 to bolo +1,5 °C. Oblasť, kde boli v zime 2018/2019 odchýlky priemernej teploty vzduchu od normálu najvyššie, sú situované prevažne na juhozápadnom a potom aj na severovýchodnom Slovensku. Napríklad, v Bratislave na letisku dosiahla priemerná teplota vzduchu za zimu 2,4 °C, s odchýlkou, od normálu 1981–2010, +1,8 °C a +2,5 °C, pri porovnávaní s normálom 1961–1990. V Medzilaborciach dosiahla priemerná teplota vzduchu za zimu 2018/2019 mínus 1,1 °C, s odchýlkou od normálu 1981–2010, +1,2 °C a +2,0 °C, pri porovnávaní s normálom 1961–1990.

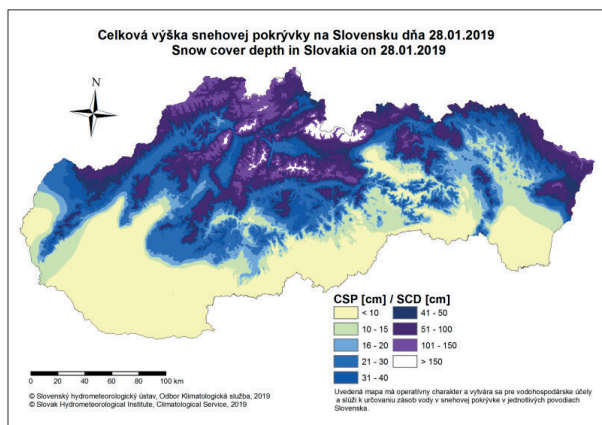
Snehové podmienky v priebehu zimy 2018/19

Snehové podmienky boli v priebehu zimy 2018/2019 na Slovensku veľmi odlišné v závislosti od konkrétneho regiónu. Prevládajúce cirkulačné podmienky v priebehu zimy (severné až severozápadné prevládajúce prúdenie)

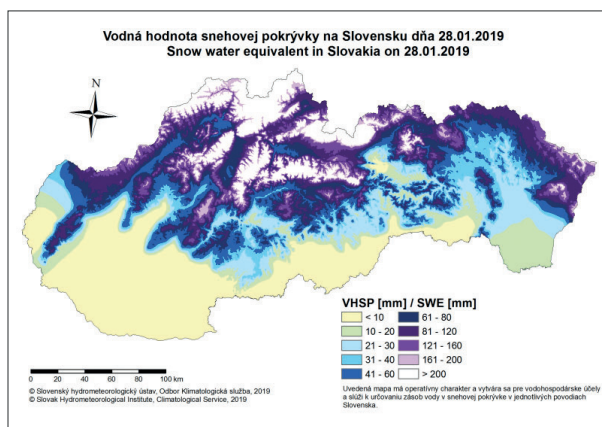
viedli k pravidelne sa opakujúcim zrážkovým situáciám, počas ktorých miestami spadlo (najmä v priebehu januára) aj viac ako 30 cm nového snehu za 24 h. Napríklad, v oblasti Oravy (Oravská Lesná) sa prvá súvislá a trvalá snehová pokrývka vytvorila v prvej decembrovej dekáde (8. 12.), pričom snehová pokrývka sa v týchto oblastiach SR udržala až do začiatku apríla 2019 (stav k 23. 3. 2019: 106 dní s trvaním CSP). Z pohľadu celkovej rozlohy, ako aj maximálnych hodnôt vodného obsahu snehu (a maximálnych zásob vody v snehovej pokrývke), maximum bolo v priebehu zimy 2018/2019 dosiahnuté prevažne v termínoch medzi 21.1. a 28.1.2019 (obr. 1 a 2). Na rozsiahlych plochách severného a severozápadného Slovenska celková výška snehovej pokrývky dosahovala hodnoty výrazne cez 100 cm (vo vysokohorskom prostredí, teda nad 1300 m n. m. aj viac ako 200 cm). Vodná hodnota snehovej pokrývky dosahovala v tomto období miestami aj viac ako 250 mm (Orava a Kysuce), vo vysokohorskom prostredí aj viac ako 500 mm (Oravské Beskydy, Tatry, atď.), pričom tento stav sa významne prejavil aj do vysokých hodnôt celkových odhadovaných zásob vody v povodiach hlavného toku Váhu (Orava, Kysuce, Turiec, atď.; Váh po Nosice: 1 194,44 mil. m³ [HIPS SHMÚ; dňa 28. 1. 2019]). V kontexte historických údajov uvedenej charakteristiky – maximálne zásoby vody v snehovej pokrývke – od roku 1981, nejde o mimoriadnu či dokonca extrémne vysokú hodnotu. Uvedená hodnota (1 194,44 mil. m³) sa v povodí Váhu vyskytuje celkom pravidelne raz za 2–5 rokov, naposledy v priebehu zimy 2012/2013 (+1 200 mil. m³). Hodnoty viac ako 1 800 mil. m³ sa v tejto oblasti Slovenska vyskytli od roku 1981 zatiaľ len trikrát, a to v zime 1986/1987, 2004/2005 a 2005/2006. V oblasti Oravy (VD Orava) boli významne vysoké zásoby vody v snehovej pokrývke aj v priebehu zimy 1999/2000. Vzhľadom na to, že posledných šesť zím (od roku 2013/2014), s výnimkou zimy 2016/2017, boli prevažne teplotne nadnormálne, maximálne hodnoty VHSP v povodiach severného a severozápadného Slovenska dosahovali väčšinou do 200 mm (extrémom bola zima 2013/2014, kedy dosiahla len hodnoty okolo 80–90 mm, a to dokonca aj na Orave). Tohtoročná zima 2018/2019 sa teda ani z hľadiska tejto charakteristiky nedostala na rovnakú pozíciu ako zimy 1999/2000 či 2004/2005 alebo 2005/2006 (max. okolo 550–560 mm). Diametrálne odlišnú situáciu, tak z hľadiska celkových sezónnych úhrnov zrážok ako aj množstva snehu (a jej celkovej stability v priebehu zimy), sme zaznamenali na ostatnom území Slovenska (juh západného, stredného a východného Slovenska). Veľmi špecifická, a teda aj veľmi neštandardná, situácia nastala v kotlinách stredného a východného Slovenska, kde snehová pokrývka začala ustupovať už v priebehu prvej polovice februára (a aj preto sme v týchto oblastiach zaznamenali v druhej polovici a na konci februára 2019 mimoriadne vysoké hodnoty maximálnej dennej teploty vzduchu). Napríklad, dňa 28. 2. 2019 sme v Spišských Vlachoch (Hornádska kotlina) zaznamenali maximálnu dennú teplotu vzduchu až 17,6 °C.

Literatúra:

- PECHO, J., FAŠKO, P., LAPIN, M., MIKULOVÁ, K., ŠTASTNÝ, P. 2009. Extreme values of precipitation and snow cover characteristics in Slovakia. In: *Pribullová, A., Bicárová, S. (Eds.) 2009: Sustainable Development and Bioclimate, Reviewed Conference Proceedings*. Geophysical Institute of the SAS, 5th to 8th October 2009, Stará Lesná. CD ISBN 978-80-900450-1-9.
- LAPIN, M., FAŠKO, P., PECHO, J., 2007. Snow Cover Variability and Trends in the Tatra Mountains in 1921–2006. In: *Zborník rozšírených abstraktov z 29. medzinárodnej konferencie Alpskej meteorológie (29th International Conference in Alpine Meteorology)*, Chambéry, Francúzsko, 4.–8. 6. 2007.



Obr. 1 Územný rozsah a výška celkovej snehovej pokrývky dňa 28. 1. 2019 na základe údajov SHMÚ.



Obr. 2 Vodná hodnota celkovej snehovej pokrývky dňa 28. 1. 2019 na základe údajov SHMÚ.

Dopady disturbance lesa na energetickou bilanci sněhové pokrývky se zaměřením na krátkovlnnou a dlouhovlnnou radiaci

ONDŘEJ HOTOVÝ¹, MICHAL JENÍČEK²

¹ Univerzita Karlova, Katedra fyzické geografie a geoekologie, Praha, hotovyo@natur.cuni.cz,

² michal.jenicsek@natur.cuni.cz

Úvod

Sněhová pokrývka je významnou složkou hydrologického cyklu. V zalesněných horských povodích má formování sněhové pokrývky, její variabilita, načasování fáze akumulace a tání i další procesy v ní, speciální význam, neboť sníh zde většinou pokrývá zemský povrch i po dobu několika měsíců a zásadním způsobem tak ovlivňuje celkový odtok z povodí. Zejména v průběhu jarních měsíců může vlivem meteorologických a topografických podmínek docházet ke zrychlenému uvolňování vody zadržené ve sněhu, což zvyšuje riziko ohrožení obyvatel, infrastruktury či přírodního prostředí povodní. I proto je na základě analýz souvisejících proměnných nutná předpověď takových událostí, nejčastěji formou hydrologických modelů, do nichž vstupují nejrůznější parametry.

Pokud má být predikce odtoku ze sněhu v povodích efektivní, například pro účely krajinného plánování, povodňové předpovědi či provozu vodních nádrží, je kromě jiného vyžadován přesný odhad přenosu krátkovlnné radiace (Ellis et Pomeroy, 2007). V tomto ohledu se za neméně významné parametry považují přenos radiace dlouhovlnné, turbulentního tepla a dalších komponent energetické bilance sněhové pokrývky, z nichž lze odvodit celkové množství tepla dostupného pro tání sněhu. Stav a struktura vegetace je přitom významným faktorem, který spoluutváří charakter jednotlivých energetických toků, potažmo celkovou energetickou bilanci sněhové pokrývky. Důsledkem jsou pak rozdíly v průběhu akumulace a tání sněhové pokrývky ve zdravém lese a na otevřených plochách, případně postupná přeměna těchto toků v lese různými vlivy narušeném. Tyto rozdíly jsou dány 1) poklesem intenzity krátkovlnné radiace (SWR) vlivem stínění stromů (DeWalle et Rango, 2008), 2) nárůstem intenzity dlouhovlnné radiace (LWR) v souvislosti s vyzařováním stromů (Webster et al., 2016).

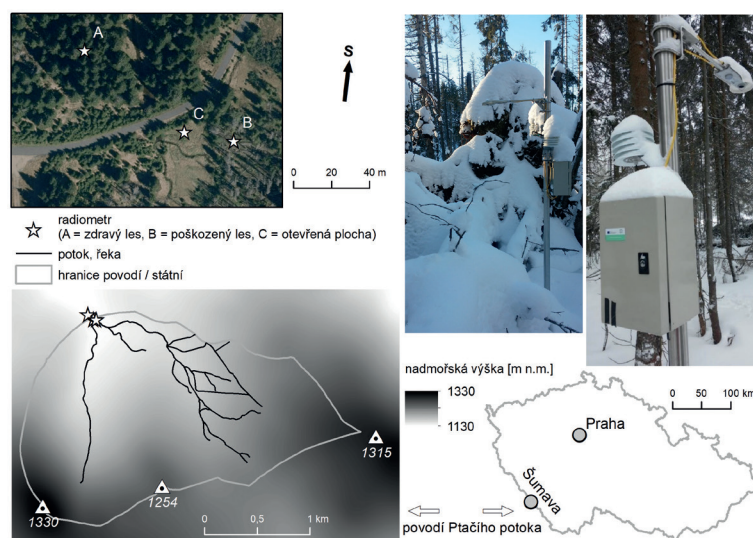
Ačkoli je v posledních letech vliv lesa na akumulaci a tání sněhu předmětem řady výzkumů, na úrovni menších, specificky horských povodí, stále neexistuje dostatečný počet podrobných studií zaměřených na to, do jaké míry je odtok vody ze sněhu citlivý ke změnám struktury lesa (Pomeroy et al., 2012).

Příspěvek odkazuje ke studii, která byla provedena v rámci zadání diplomové práce a jejímž primárním cílem bylo pomocí metody energetické bilance podrobněji kvantifikovat vliv různých struktur vegetačního pokryvu na časovou a prostorovou variabilitu SWR a LWR v souvislosti s rozložením sněhové pokrývky. Výzkum byl prováděn na základě rozboru dat z radiometrů, doplněných o informace z terénního průzkumu a data z dalších automaticky měřících přístrojů, které jsou v rámci experimentálního povodí Katedry fyzické geografie a geoekologie k dispozici.

Materiál a metody

Zájmová lokalita, sběr a zpracování dat

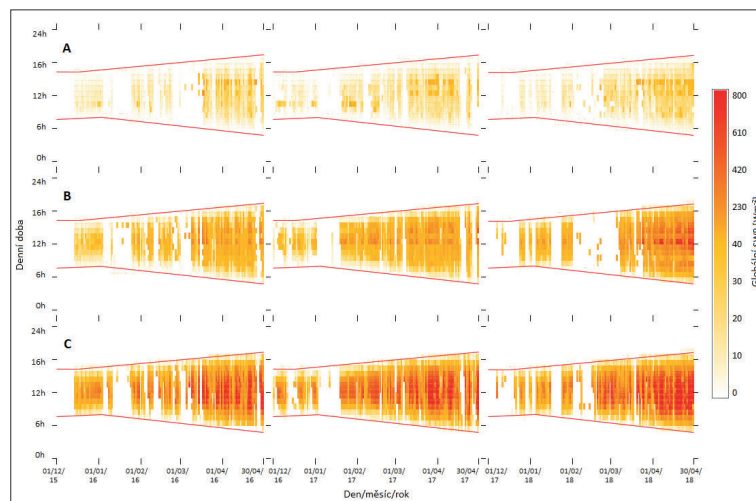
Výzkum byl prováděn v experimentálním povodí Katedry fyzické geografie a geoekologie PŘF UK. Jedná se o povodí Ptačího potoka, které se nachází v centrální části Šumavy přibližně 5 km jižně od obce Modrava (obr. 1). Povodí zaujímá rozlohu 4 km², nachází se v nadmořských výškách od 1 130 do 1 330 m n. m. s převážujícími severními a východními svahy o průměrném sklonu kolem 6° (maximální sklon povodí přesahuje i 30°). Vegetační struktura je v rámci zájmového povodí zastoupena většinou jehličnatými lesy (převážně smrk ztepilý) s různou hustotou zápoje, jejichž celistvost je však v současnosti významně narušována lýkožroutem smrkovým (*Ips typogra-*



Obr. 1 Vymezení zájmové lokality, snímky a umístění využívaných radiometrů.

phus), který napadá oslabené stromy. V součinnosti s působením větru zde dochází k poměrně dynamické proměně zdejší vegetační skladby, což se odráží v procesech intercepce, evaporace, oslunění, potažmo na celkových odtokových charakteristikách povodí.

Experimentální povodí je mimo jiné vybaveno třemi radiometry CNR4 (výrobce Kipp and Zonen), které jsou v rámci zájmového povodí rozmístěny pod různými typy vegetace (viz obr. 1). Zařízení se skládá ze dvou pyranometrů a dvou pyrgeometrů, z nichž vždy jeden je orientován směrem k obloze, druhý pak směrem k zemskému povrchu. Tyto senzory poskytují data o globální i odražené SWR a LWR v desetiminutovém časovém kroku. Jako doplňková informace o původu LWR byly použity snímky pořízené pomocí termokamery Fluke Ti25. Struktura vegetace byla definována na základě vypočteného Leaf Area Indexu (LAI) za použití hemisférických fotografií. Analýza časové a prostorové variability SWR a LWR v závislosti na struktuře vegetace a hodnocení energetické bilance bylo prováděno pro zimní období (prosinec až duben) 2015/16, 16/17 a 17/18.



Obr. 2 Hodinové průměry globální SWR (pyranometr orientovaný k obloze) na sledovaných lokalitách (A = zdravý les, B = poškozený les, C = otevřená plocha) v období prosinec 2015 až duben 2018. Červené linie vymezují čas východu a západu Slunce, fialové linie znázorňují dobu roztátí sněhu, bílá místa značí chybějící hodnoty.

Metoda energetické bilance

Pro výpočet tepla dostupného pro tání sněhu byla použita metoda energetické bilance. Tato metoda zahrnuje kvantifikaci jednotlivých energetických toků uvnitř sněhové pokrývky a na rozhraních atmosféra–sníh–půda, s níž je přímo spojena i intenzita tání sněhu. Vychází ze základní rovnice (Rovnice 1) (DeWalle et Rango, 2008).

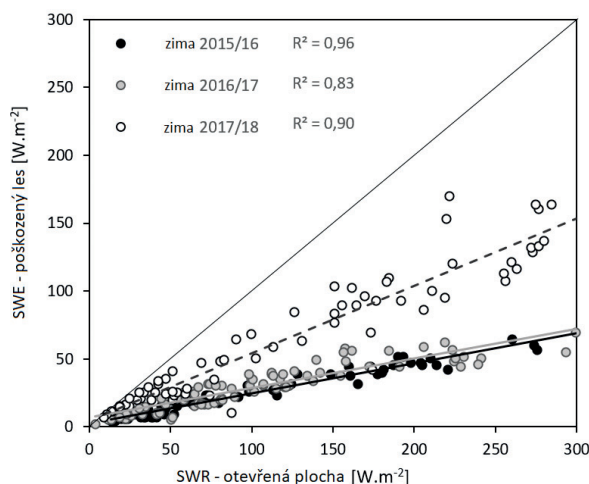
$$Q_m = Q_{nr} + Q_h + Q_e + Q_p + Q_g + Q_q \quad (1)$$

kde Q_m je saldo energie dostupné pro tání sněhu, přičemž při kladných hodnotách je teplo přijímáno a dochází k tání sněhové pokrývky, při záporných hodnotách je teplo pokrývkou vydáváno a dochází k promrzání sněhové pokrývky. Q_{nr} je radiační tok energie a zahrnuje přenos krátkovlnné radiace (Q_{sn}) a přenos dlouhovlnné radiace (Q_{ln}). Q_h označuje přenos zjevného tepla, Q_e je přenos latentního tepla, Q_p je teplo dodané dopadem dešťových srážek na sněhovou pokrývku, Q_g popisuje tepelný tok z/do podloží a Q_q je změna vnitřní energie sněhové pokrývky.

Výsledky

Analýza SWR

Intenzita SWR se odvíjí primárně od přítomnosti přímého slunečního záření. V závislosti na slunečním svitu jsou pak pozorovány značné rozdíly v SWR jak v průběhu celé zimní sezóny, tak během dne, s výraznými rozdíly v závislosti na struktuře vegetace. Na obr. 2 je graficky znázorněna intenzita i denní a sezónní chod globální SWR zachycované horním pyranometrem na vymezených lokalitách. S postupující sezónou je navyšován celkový úhrn SWR. Maximální hodnoty globální SWR lze zaznamenat v poledních hodinách v pozdních fázích zimy (duben) na otevřené ploše. Ve zdravém lese se významně projevuje vliv vegetačního krytu, který stíní sluneční paprsky a způsobuje tím redukcí dopadajícího SWR průměrně na 6 % oproti úhrnům na otevřené ploše (100 %). Zajímavý vývoj je pozorován v poškozeném lese, který se vlivem pokračujícího rozpadu stává více propustným pro sluneční paprsky. Během zimní sezóny 2015/16 zde byly úhrny



Obr. 3 Denní průměry globální SWR na otevřené ploše ve srovnání s vývojem hodnot v rámci sledovaného období v poškozeném lese.

SWR redukovány průměrně na 27 %, avšak v zimní sezóně 2017/18 stoupla tato hodnota až k 58% ve srovnání s otevřenou plochou. Graficky je tento nárůst v intenzitě SWR v poškozeném lese znázorněn na obr. 3.

Analýza LWR

V rámci uváděné studie byla na základě dat z radiometrů analyzována taktéž časová a prostorová variabilita LWR. Pro výpočty této komponenty energetické bilance jsou často používány modelované hodnoty, neboť přímé údaje o globální i vyzářené LWR nejsou běžně sledovány. Přitom uvažujeme v zásadě dva hlavní zdroje LWR, tj. záření z atmosféry a radiace emitovaná vegetací. V důsledku působení těchto a dalších faktorů dochází na všech lokalitách k poměrně výrazné oscilaci intenzity LWR v průběhu zimy. Obrázek 4 znázorňuje prostorovou a časovou proměnlivost celkové LWR, která představuje rozdíl mezi globální LWR (údaje z horního pyrgeometru) a vyzářenou LWR (údaje ze spodního pyrgeometru). Přičemž je-li výsledná hodnota kladná, dlouhodobě energetické toky představují v rámci celkové energetické bilance komponentu přispívající k tání sněhu, je-li tato hodnota záporná, dochází ke spotřebování energie a tehdy LWR k tání sněhu nepřispívá.

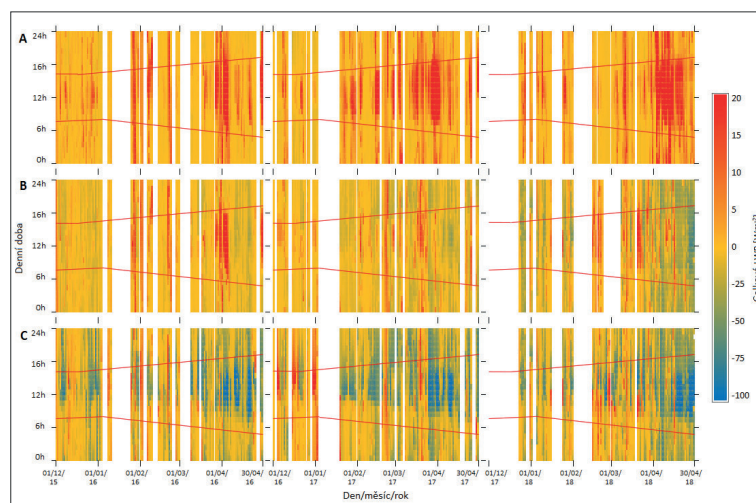
Na první pohled jsou značné rozdíly mezi otevřeným a zalesněným územím, zejména v pozdních fázích zimy. Na otevřené ploše převládá stav, kdy je energie spotřebována (denně průměrně $-20,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$), zatímco ve zdravém lese se LWR stává výhradně kladnou složkou energetické bilance sněhové pokrývky ($3,3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ v denním průměru), přitom větší část LWR je původem z vegetace, která LWR do okolí emituje. Pokud jde o vliv meteorologických podmínek na charakter LWR, ukázalo se, že úhrny LWR jsou obecně vyšší a rozdíl mezi plochami menší při zatažené obloze, kdy hraje roli LWR z atmosféry (ve formě SWR rozptýleného na částicích oblačnosti). Při slunečném počasí tato oblačnost chybí a zároveň dochází k intenzivnímu pohlcování slunečního záření vegetací, která ho potom ve formě LWR vyzářuje do okolí, rozdíly mezi plochami se tak zvyšují. Vzhledem k proměňující se struktuře lesa v místech napadených kůrovcem je taktéž zjevný posun v intenzitě LWR. V průběhu sledovaného období postupně ubývá vzrostlých stromů, které by přispívaly vyzářováním LWR, charakter poškozeného lesa se více podobá otevřené ploše, kde LWR je častěji negativní složkou energetické bilance, a tak zde celkově klesá význam LWR na rychlost tání sněhu. Číselně registrujeme změnu z průměrných $-3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ v zimě 2015/16 na průměrných $-12,9 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ v zimě 2017/18.

Analýza energetické bilance sněhové pokrývky

Zjištěné hodnoty SWR a LWR byly společně s vypočtenými, přibližnými údaji o zjevném a latentním teple a teple dodaném srážkami dosazeny do výsledného grafu (obr. 5), který znázorňuje vývoj jednotlivých komponent, počtažmo celkovou energetickou bilanci v průběhu sledovaného období. Z výsledných údajů je zřejmé, že SWR je významným zdrojem energie pro tání sněhu na otevřené ploše, její vliv narůstá směrem k pozdní fázi zimy, kdy již výrazně převyšuje ostatní energetické toky. Na otevřené ploše tvoří LWR zápornou složku energetické bilance, zatímco v lesním prostředí je LWR často hlavním zdrojem pro tání a tvoří většinou více než čtvrtinu tepelných toků ovlivňujících vývoj sněhové pokrývky. Obecně jsou sledované energetické toky ve zdravém lese oproti otevřené ploše utlumeny a nabývají nižších intenzit. V lese poškozeném kůrovcem narůstá v souvislosti s odlesněním význam SWR, zejména v zimní sezóně 2017/18, která byla navíc nadprůměrná co do délky trvání slunečního svitu. Zatímco na počátku výzkumu byl význam LWR v poškozeném lese minimální, ke konci sledovaného období se vliv této komponenty energetické bilance přiblížil stavu na otevřené ploše, a častěji je zde hlavní negativní složkou bilance.

Závěr

V rámci provedené studie byly popsány rozdíly v charakteru energetické bilance sněhové pokrývky v závislosti na struktuře vegetace a zhodnocen vliv disturbance lesa na tuto bilanci, s primárním zaměřením na vývoj SWR



Obr. 4 Hodinové průměry celkové LWR na sledovaných lokalitách (A = zdravý les, B = poškozený les, C = otevřená plocha) v období prosinec 2015 až duben 2018. Červené linie vymezují čas východu a západu Slunce, fialové linie znázorňují dobu roztátí sněhu, bílá místa značí chybějící hodnoty.

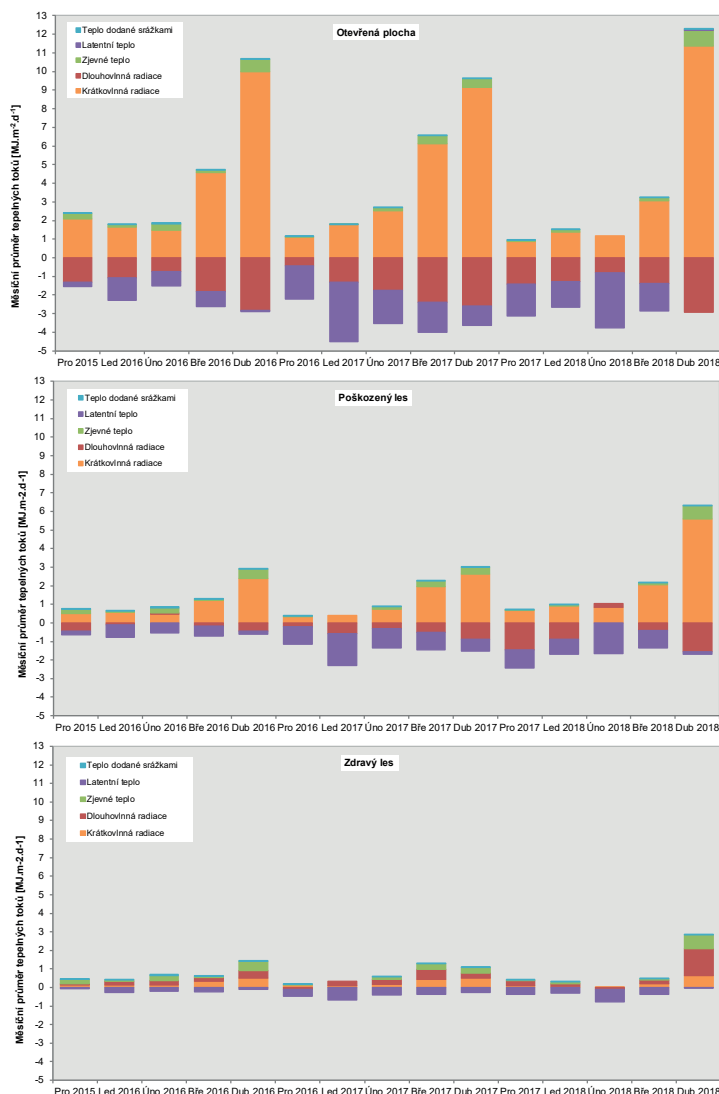
a LWR. Výsledky výzkumu jsou založeny na přímo přístrojově měřených údajích o těchto veličinách. Rozdílný průběh a působení jednotlivých energetických toků v různých strukturách vegetace se odráží na rychlosti tání sněhové pokrývky. Předchozí studie (Jeníček et al., 2017) popsaly o 32% pomalejší tání sněhu v lesním prostředí v porovnání s rychlostí úbytku na otevřené ploše, avšak průměrný úhrn globální SWR tvoří ve zdravém lese vlivem stínění pouze 6% toho, co je pozorováno na otevřené ploše. Tento procentuální rozdíl potvrzuje rostoucí význam LWR v lesním prostředí s ohledem na průběh tání sněhové pokrývky. Přitom významnou měrou přispívá LWR, která je vyzařována okolní vegetací. Na charakteru LWR se kromě vegetace výrazně podílí panující meteorologické podmínky.

Zjevná proměna v rozložení energetických toků i s ohledem na celkovou energetickou bilanci byla pozorována v poškozeném lese vlivem pokračujícího úbytku vzrostlých stromů. Odlesnění a nižší intenzita stínění zde zapříčinila postupný nárůst dopadající SWR, jejíž úhrny se ve srovnání s otevřenou plochou zvýšily v průběhu sledovaného období z 27% na 58%. Zároveň zde vzrostl význam LWR, která se však stala významnou negativní složkou energetické bilance. Dá se předpokládat, že se tento trend bude v nadcházejících letech dále projevovat.

Při současné znalosti vlivu vegetační struktury a dopadů disturbance lesa na energetickou bilanci sněhové pokrývky, považmo na průběh a charakter tání sněhu můžeme posuzovat důsledky těchto změn v souvislosti s celkovým odtokem vody z povodí, případně je možné tato data použít pro zpřesnění informací vycházejících z výsledků hydrologického modelování.

Literatura:

- DEWALLE, D. R., RANGO, A., 2008. Principles of snow hydrology. Cambridge University Press, Cambridge, 410 s.
- ELLIS, C. R., POMEROY, J. W., 2007. Estimating sub-canopy shortwave irradiance to melting snow on forested slopes. *Hydrological Processes*, 21, 2581–2593.
- JENÍČEK, M., HOTOVÝ, O., MATĚJKA, O., 2017. Snow accumulation and ablation in different canopy structures at a plot scale: using degree-day approach and measured shortwave radiation. *AUC Geographica*, 52(1), 51–62.
- POMEROV, J., FANG, X., ELLIS, C., 2012. Sensitivity of snowmelt hydrology in Marmot Creek, Alberta, to forest cover disturbance. *Hydrological Processes*, 26(12), 1891–1904.
- WEBSTER, C., RUTTER, N., ZAHNER, F., JONAS, T., 2016. Modeling subcanopy incoming longwave radiation to seasonal snow using air and tree trunk temperatures. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 121, 1220–1235.



Obr. 5 Prostorová a časová variabilita celkové energetické bilance sněhové pokrývky se znázorněním jednotlivých energetických toků v průběhu zimních období 2015–2018.

Charakteristiky teploty vzduchu v oblasti Tatier za obdobie 1991–2010

KATARÍNA MIKULOVÁ¹, PAVEL ŠTASTNÝ², ELWIRA ŻMUDZKA³

¹ Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, katarina.mikulova@shmu.sk, ² pavel.stastny@shmu.sk,

³ Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, elwiraz@uw.edu.pl

Úvod

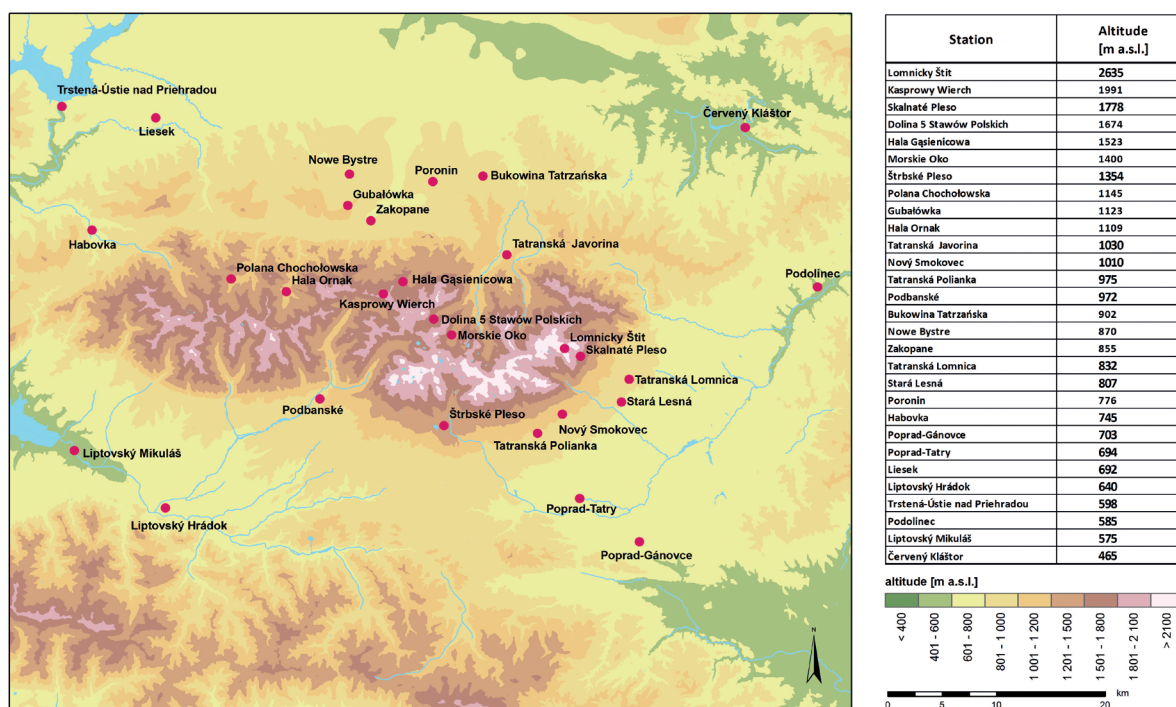
Tatry, ktoré sú najvyššou časťou pohoria Karpaty, sú situované v Centrálnych Západných Karpatoch na rozhraní dvoch štátov – Slovenska a Poľska. Najvyšší vrchol Tatier – Gerlachovský štít (2 654 m n. m.) je zároveň najvyšším vrcholom celých Karpát. Masív Tatier nie je veľký, zaberá len 790 km², ich hlavný hrebeň má dĺžku len 26 km a dvíha sa 1 500 m nad okolitým terénom. Tatranská oblasť je odvodňovaná 4 hlavnými riekami: Dunajcom na severe, Popradom na východe a juhovýchode, Váhom na juhozápade a Oravou na západe. Rieky Váh a Orava patria do povodia Dunaja a rieky Dunajec a Poprad do povodia Visly.

Táto práca sa zaoberá priestorovou analýzou charakteristík teploty vzduchu na území Tatier a podtatranskej oblasti, pričom analyzovaná oblasť sa rozprestiera od obce Tvrdošín na západe až po dedinu Reľov na východe a od poľskej Bukowiny na severe po severnú časť katastra Popradu na juhu.

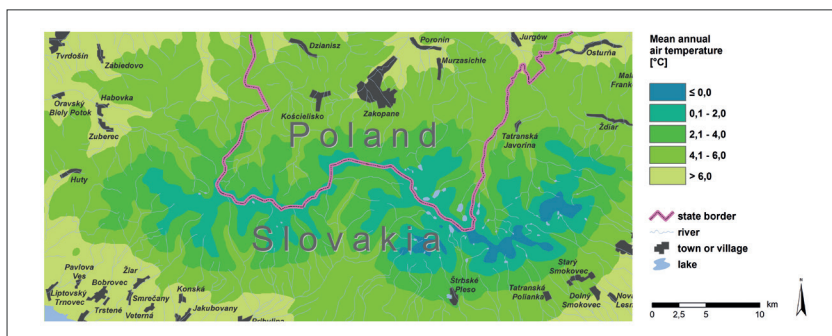
Použité údaje a metodika

Pri spracovaní teplotných charakteristík sme vychádzali z meraní na 27 meteorologických staniách nachádzajúcich sa v oblasti Tatier a ich blízkeho okolia, pričom nadmorská výška meteorologických staníc bola v rozmedzí od 465 m n. m. (meteorologická stanica v Červenom Kláštore) do 2 632 m n. m. (meteorologická stanica na Lomnickom štíte). 16 meteorologických staníc bolo situovaných na území Slovenska a 11 na území Poľska. Spracované obdobie 1991–2010 sa vyznačuje tým, že to bolo najteplejšie obdobie od začiatku minulého storočia v regióne.

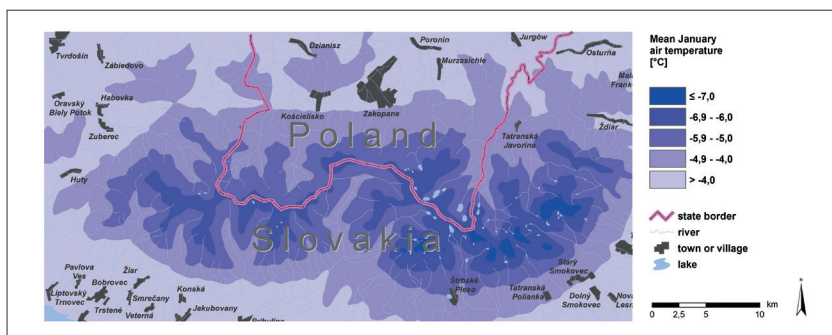
Všetky spracované údaje prešli kontrolou kvality. Výsledky štúdie pozostávajú z priestorovej analýzy priemernej ročnej teploty vzduchu, priemernej mesačnej teploty vzduchu v najchladnejšom mesiaci (januári) a najteplejšom mesiaci (júli), priemernej dĺžky obdobia bez mrazu (nepretržité obdobie s minimálnou teplotou vzduchu nad 0 °C) a priemernej dĺžky vegetačného obdobia (obdobie s priemernou dennou teplotou 5 °C a viac). Mapy boli vytvorené v prostredí ArcView s využitím výškového gradientu teploty vzduchu, kde ako doplnková premenná vstupovala rastrová mapa digitálneho modelu terénu.



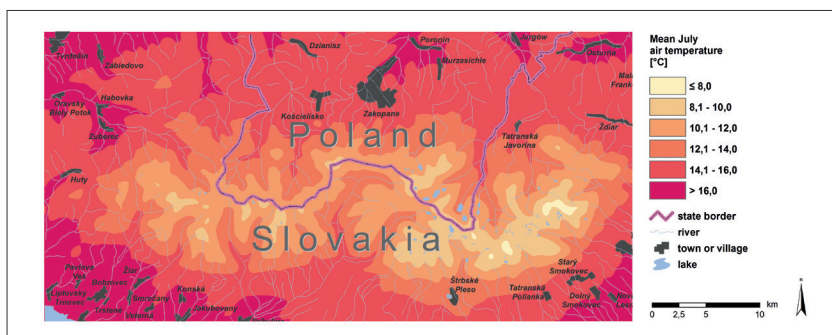
Obr. 1 Použité meteorologické stanice.



Obr. 2 Priemerná ročná teplota vzduchu za obdobie 1991–2010.



Obr. 3 Priemerná mesačná teplota vzduchu v januári za obdobie 1991–2010.



Obr. 4 Priemerná mesačná teplota vzduchu v júli za obdobie 1991–2010.

Výsledky

Priemerná ročná teplota vzduchu v Tatrách zo vzrastajúcou nadmorskou výškou klesá. V podhorí, až do nadmorskej výšky približne 1 000 m n. m. bola priemerná ročná teplota za obdobie 1991–2010 viac ako 6 °C, najvyššie, vrcholové polohy Tatier majú priemernú ročnú teplotu vzduchu pod 0 °C (Lomnický štít –3,1 °C).

Ročný chod teploty vzduchu má na celom sledovanom území jednoduchý ročný chod s maximom v júli a minimom v januári. Priemerná júlová teplota dosahuje 8 °C v najvyšších polohách až po 17,5 °C v južnom podhorí. Priemerná mesačná teplota vzduchu v januári je na celom území nižšia ako –3 °C, na Lomnickom štíte je jej hodnota –10,0 °C. Absolútne najnižšia minimálna teplota vzduchu v oblasti Tatier v období 1991–2010 (–35,6 °C) bola meraná v Červenom Kláštore 14. januára 1987. Najvyššia teplota, 35,0 °C, bola nameraná v Liptovskom Hrádku 20. júla 2007.

Priemerná dĺžka obdobia bez mrazu (nepretržité obdobie s minimálnou teplotou vzduchu nad 0 °C) je v najvyšších polohách Tatier kratšia ako jeden mesiac, na Lomnickom štíte sa vyskytlo najkratšie bezmrazové obdobie v roku 1993 a to len 11 dní.

Tab. 1 Dĺžka trvania obdobia bez mrazu za obdobie 1991–2010 na vybraných meteorologických staniciach.

Stanica	Priemer	Maximum		Minimum	
	počet dní	počet dní	rok	počet dní	rok
Podbanské	141,7	184	2006	110	1997
Lomnický štít	23,5	45	2002	11	1993
Skalnaté pleso	91,2	134	1999	48	1996
Štrbské Pleso	108,2	138	2007	61	1996
Poprad	135,8	170	2006	100	1991
Javorina	123,1	150	2001	95	1998
Červený Kláštor	121,1	160	2010	96	2000
Bukowina Tatrańska	154,4	186	2006	132	1991
Hala Gąsienicowa	97,8	139	1999	48	1996
Kasprowy Wierch	62,4	100	2009	39	2007, 2008
Zakopane	145,3	186	2006	116	2000

Tab. 2 Dĺžka trvania vegetačného obdobia za obdobie 1991–2010 na vybraných meteorologických staniciach.

Stanica	Priemer počet dní	Maximum		Minimum	
		počet dní	rok	počet dní	rok
Podbanské	174,3	212	2000	145	1991
Lomnický Štít	24,6	62	1992	10	2005
Skalnaté pleso	99	139	1999	45	1996
Štrbské Pleso	131,8	205	2000	98	1995
Poprad	186,9	224	2008	146	1991
Javorina	154,7	210	2000	99	2005
Červený Kláštor	121,1	219	2008	165	1995
Bukowina Tatrzańska	167,4	212	2000	133	2010
Hala Gąsienicowa	102,4	128	2009	45	1996
Kasprowy Wierch	60	99	2002	31	2010
Zakopane	171,9	212	2000	142	2010

Vegetačné obdobie, ktoré v tejto práci predstavuje dĺžku obdobia, kedy priemerná teplota vzduchu neklesla pod 5 ° C s prerušením najviac 2 dni. Vegetačné obdobie tatranskej oblasti trvalo od 29 dní v najvyšších polohách až do 173 dní v okolitom podhorí.

Záver

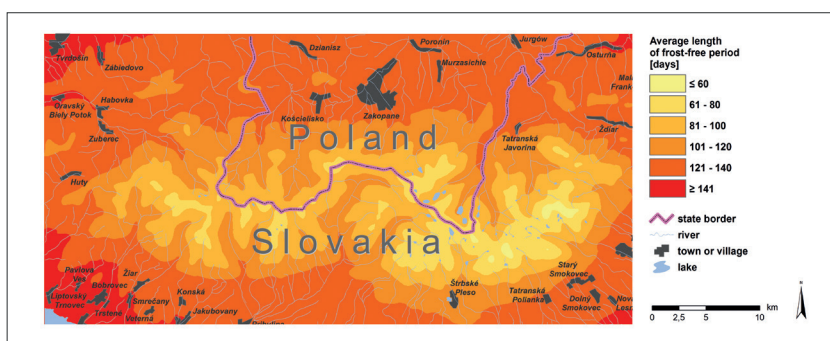
V tejto štúdii sme zhodnotili len základné charakteristiky teploty vzduchu na území Tatier a ich blízkeho okolia v období 1991–2010. Rozšírené spracovanie viacerých klimatologických prvkov a charakteristík pre ostatné časové obdobie je možné nájsť vo viacerých nedávno vydaných publikáciách, napr. v Atlase Tatier – neživá príroda (2015), alebo Klimatickom atlase Slovenska (2015).

Acknowledgment:

This work was part of the project „Development of technology of spatial data processing of the climate system“, ITMS 26220220102, which was supported by the Research and Development Operational Programme funded by the European Regional Development Fund.

Literatúra:

- DABROWSKA, K., M. GUZIK, M., (red.), 2015. Atlas Tatr / Atlas Tatier / Atlas of the Tatra Mountains, Neživá Príroda / Przyroda nieożywiona / Abiotic Nature, Tatrzański Park Narodowy, 2015, EAN 5000267102573.
- BOCHNÍČEK, O., BORSÁNYI, P., ČEPČEKOVÁ, E., FAŠKO, P. CHMELÍK, M., JANČOVIČOVÁ, Ľ., KAJABA, P., KAPOLKOVÁ, H., LABUDOVÁ, L., MIKULOVÁ, K., MIŠIGA, O., NEJEDLÍK, P., PRIBULOVÁ, A., SNOPKOVÁ, Z., ŠŤASTNÝ, P., ŠVEC, M., TURŇA, M., 2015. Klimatický atlas Slovenska, Climate Atlas of Slovakia, Banská Bystrica: Slovenský hydrometeorologický ústav, 228 p., ISBN 978-80-88907-90-9.



Obr. 5 Priemerná dĺžka trvania obdobia bez mrazu za obdobie 1991–2010.



Obr. 6 Priemerná dĺžka trvania vegetačného obdobia za obdobie 1991–2010.

VI.

Problematika předpovědi počasí
zejména ve středních a vyšších
oblastech

Vývoj předpovědi počasí v Československé a České televizi a význam předpovědí počasí na horách pro veřejnost

TAĀANA MÍKOVÁ

Česká televize, Kavčí hory, Praha 4,
Tatana.Mikova@ceskatelevize.cz

Z dějin Československé televize

- květen 1953 zkušební televizní vysílání ze Studia Praha v Měšťanské Besedě (ve Vladislavově ulici)
- 25. únor 1954 bylo prohlášeno za pravidelné, televizní oddělení bylo součástí Československého rozhlasu
- zpočátku televize vysílala pouze tři dny v týdnu (v létě jen 2 dny)
- listopad 1953 počet vysílacích dnů se rozšířil na čtyři
- v roce 1955 šest dní v týdnu
- říjen 1956 zahájeno vysílání televizního zpravodajství „Televizní aktuality a zajímavosti“
- leden 1958 „Televizní noviny“
- říjen 1959 zřizena Československá televize
- prosinec 1958 televize své pořady vysílala po celý týden



Obr. 1 Sv. Petr provázel předpovědi do roku 1961.

Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku

- nejdříve byly předpovědi vydávané hydrometeorologickými ústavy předávány televizním redakcím telefonicky
- četli je hlasatelé a obraz tvořily kreslené obrázky
- na přelomu padesátých a šedesátých let už se předpověď počasí prezentovala denně
- „meteorologové s touto formou prezentace nebyli příliš spokojeni, protože docházelo ke zkracování a někdy i zkomolení předpovědí“

Televizní předpovědi počasí v rukách meteorologů

- Únor 1961: „Jaké bude počasí?“
- Rudolf Koubek v Československé televizi
- únor 1961 jednou týdně
- od roku 1965 dvakrát týdně
- od roku 1975 pak každodenně
- přibýlo „televizních“ meteorologů
- od roku 1985 „federální“ předpovědi počasí střídavě z Prahy a Bratislavy
- předpovědi důsledně pro Čechy, Moravu a Slezsko podle ČHMÚ, pro Slovensko z SHMÚ
- koncem 70. let první družicové snímky oblačnosti

Předpovědi počasí po roce 1989

Říjen 1991: „Každá sudá“ na OK3

- 20 meteorologů a klimatologů z ČHMÚ
- každý den od 8 do 20 h každou sudou hodinu
- digitální data:
 - družicové záběry
 - radarové odrazy
 - grafy znečištění ovzduší
- stopáž cca 1–2 min
- později se přidávaly další „manuálně připravované grafické“ prvky

Leden 1994: samostatná redakce počasí

- byla zřizována samostatná redakce počasí v rámci RZ (šéfredaktor Petr Studenovský)

- kompletní digitalizované pozadí
- princip „klíčování“ (blue box)
- digitální data:
- družicové záběry
- radarové odrazy
- synoptické mapy
- mapy republiky se symboly
- biopředpověď, slunce: východ, západ
- stopáž cca 3–5 min
- postupné doplňování: troposférický ozon, znečištění
- moderátoři se stali zaměstnanci ČT
-

Květen 2005: zpravodajský kanál ČT24

- první zpravodajský kanál v ČR
- dvakrát za hodinu počasí
- většina klipů byly jen grafických bez moderátora
- moderované počasí vždy jen sdílené s ČT1
- redakce se začala rozrůstat

1. dubna 2012: Události za okamžik a počasí

- relace se vyprofilovala do hlavních částí:
- úvodní podrobná kombinace grafů a videí (1. domácí, 2. zahraniční)
- příspěvky diváků
- grafika počasí s hlavním důrazem na předpověď počasí v ČR
- přenesena do prostředí virtuálního studia
- přechod z „blue boxu“ do „green boxu“

Informace z hor v předpovědi počasí

Před rokem 1989 se zprávy o horském počasí omezovaly na formulace předpovědi teploty v 1 000 m n. m. (na Slovensku 1 500 m n. m.). V pořadech „Každá sudá“ na OK3 se v zimě začaly objevovat tabulky s výškou sněhové pokrývky na horách. Ty přejala i Česká televize při přechodu na klíčování počítačového obrazu za záda moderátora. Až do roku 2012 se v tom směru měnil pouze formát tabulek, či množství uváděných stanic a středisek. Od roku 2012 se v rámci zpráv o počasí z domova a ze zahraničí během zimní sezóny čím dál častěji objevuje i předpověď počasí pro jednotlivé horské oblasti.

Literatura:

Historie Československé a České televize, televizních studií a televizní techniky, Vzpomínky pamětníků, archivní záběry, fotografie a kuriozity. [online]. [cit. 13. 3. 2019]. Dostupné z WWW: <http://www.ceskatelevize.cz/vse-o-ct/historie>.

KRŠKA, K., ŠAMAJ, F., 2001. Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku. Praha: Karolinum, ISBN 80-7184-951-0.

Krkonoše	sněh (v cm)	lanovky a vleky
Harrachov	80 30	jezdí 5 z 6
Rokytnice nad Jizerou	90 90	jezdí 20 z 24
Svatý Petr	110 140	jezdí 3 z 8
Horní Mísečky	90 70	jezdí 8 z 9
Černá hora	80 90	jezdí 10 z 12
Pec pod Sněžkou	100 70	jezdí 15 z 15
Pec pod Sněžkou – stanice	63	meteostanice
Malá Úpa	50 40	jezdí 7 z 9
Mladé Buky	50 –	jezdí 7 z 9

Lavinové nebezpečí 3 středa 13. 3. 2019

Orlické h., Král. Sněžník a Vysočina	lanovky a vleky
Deštné v Orlických horách	60 35 jezdí 5 z 6
Říčky v Orlických horách	80 60 jezdí 4 ze 4
Čenkovice	40 1 jezdí 3 ze 4
Červená Voda	50 1 jezdí 2 ze 2
Přívrat	– – nejezdí
České Petrovice	25 – jezdí 5 z 5
Rokytnice v Orlických horách	4 meteostanice
Dolní Morava	45 10 jezdí 8 z 8
Nové Město na Moravě	40 3 jezdí 2 ze 2

Sněhové zpravodajství středa 13. 3. 2019

středisko	výška sněhu: údolí a vrcholy	vleky
Donovaly – Nová hořa	35	omezené
Chopok sever – Záhradky	60	v provozu
Ružomberok – Malinó Brdo	45	omezené
Snowparadise Velká Rača	45	v provozu
Štrbské Pleso	70	v provozu
Vrátna – Chleeb	125	v provozu
Martinské hole	80	v provozu

Sněhové zpravodajství čtvrtek 14. 3. 2019 Slovensko

středisko	výška sněhu: údolí a vrcholy	vleky
Arabba	40–255	v provozu
Kronplatz (Plan de Corones)	50–100	v provozu
Livigno	80–196	v provozu
Val di Fiemme – Alpe Cermis	60–100	v provozu
Via Lattea (Sestriere)	30–60	v provozu
Garmisch-Partenkirchen	40–250	v provozu
Oberstdorf-Nebelhorn	50–190	omezené

Sněhové zpravodajství čtvrtek 14. 3. 2019 Itálie a Německo

Obr. 2–5 Ukázky přehledu sněhu na horách ve vysílání ČT24.

Bioklimatologie a biometeorologie horských oblastí – výzva pro příští roky

MARTIN NOVÁK¹, MARTIN HYNČICA²

¹ Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ústí nad Labem, Univerzita J. E. Purkyně, Fakulta životního prostředí, Ústí nad L., martin.novak@chmi.cz, ² Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ústí nad Labem, Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha, martin.hyncica@chmi.cz

Úvod

V poslední době se čím dál častěji používá v prezentacích (nejen) ČHMÚ pojem **pocitová teplota**. Její používání je jistě i důsledkem stále většího počtu majitelů různých meteorologických „stanic“ i stanic, které pocitovou teplotu udávají i na svých displejích.

Zrovna horské oblasti jsou názorným příkladem míst, kde se může pocitová teplota od teploty vzduchu v klasický meteorologickém slova smyslu výrazně lišit. V souvislosti s tím – a hlavně v souvislosti s tématem této konference – se přímo nabízí obecnější otázka: jak je na tom u nás horská humánní biometeorologie a bioklimatologie?

Biometeorologie a bioklimatologie horských oblastí přitom může být v nedaleké budoucnosti poměrně atraktivním oborem. Její uplatnění vidím zejména v oblasti lázeňství, turistického ruchu, podpory sportovních aktivit – a to vše v době klimatických změn charakteristických zejména změnami teplot. Ty by se měly podle regionálních projekcí klimatických modelů v příštích desetiletích zvyšovat také ve středoevropském prostoru.

Pokusme se podívat trochu podrobněji na to, čemu by se měla současná humánní biometeorologie a bioklimatologie v horských oblastech věnovat a jaké pro to má vlastně možnosti.

Hlavní role biometeorologie pro horské oblasti

Horská turistika je poměrně rychle se rozvíjející sektor české ekonomiky. Nejedná se přitom zdaleka jen o turistiku zimní, spojenou se sjezdovým lyžováním nebo běžeckými aktivitami. Snad kromě krátkých přechodných období na jaře a na podzim jsou horské oblasti hojně využívány, mimo zimní sezónu k pěší turistice nebo cykloturistice. Nabídky hotelů a středisek doplnily rozličné wellness aktivity pokrývající „hluchá“ období...

Horské počasí je přitom specifické. Nejen svou pověstnou proměnlivostí, ale také posunem oproti počasí v nižších polohách. A není to zdaleka jen rozdíl v teplotách, případně oblačnosti, srážkách, větru, ale také v komplexním působení prostředí na člověka. Změny prakticky všech zmíněných faktorů totiž mění pro člověka významně i tepelný komfort/diskomfort.

Jistě, každý se může v předpovědích počasí zaměřit na část věnovanou horám, samozřejmostí dnes je sledovat i lokální průmět výstupů různých modelů prostřednictvím internetu nebo mobilních aplikací. Téměř ve všech formách meteogramů ale najdou příjemci opět jen odděleně prezentovaný časový řez vybraných charakteristik. Často pak lidé věnují hlavní pozornost teplotě vzduchu a srážkám, méně už vnímají třeba větrné poměry, které přitom mohou momentální stav tepelného komfortu/diskomfortu často posunout zcela jinam.

Jednou z nejlépe se vyvíjejících částí humánní biometeorologie je přitom snaha o objektivní stanovení a predikci možné zátěže lidského organismu právě tepelným komfortem/diskomfortem. Za posledních 60 let vznikala celá řada indexů, které se snažily vyjádřit působení prostředí na lidský organismus – většinou formou pocitové nebo ekvivalentní teploty. Poměrně často jsou prezentovány jednoduché indexy, které jsou založené jen na některých ze čtyř základních faktorů (teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, rychlost větru, radiační poměry). Příkladem budiž známý Wind Chill Index (kombinace teploty vzduchu a rychlosti větru) nebo Heat Index (teplota a vlhkost vzduchu). Podobná konstrukce indexů se ale jeví nedostatečnou. Více faktorů použil pro konstrukci své tzv. cítěné teploty František Vavruška, jeho index je funkcí teploty a relativní vlhkosti vzduchu a rychlosti větru (Vavruška 2011). Jedná se o index, který je obsažen i v některých výstupech předpovědní služby ČHMÚ.

Pod hlavičkou Mezinárodní biometeorologické společnosti (ISB) byla v roce 2000 ustanovena Komise 6, která zahájila vývoj nového komplexního indexu Universal Thermal Climate Index (UTCI). V letech 2005 až 2009 pokračovaly práce v rámci projektu COST Action 730. Samotná konstrukce indexu je poměrně složitá, jedná se o polynom 7. stupně (UTCI, 2019).

Porovnání vybraných indexů vyjadřujících tepelný komfort/diskomfort uvádí ve svém článku Novák (2011). Mezi porovnávané indexy je pak zařazen nejen zmíněný UTCI, ale také index UTCI*, jehož hodnoty jsou víceméně srovnatelné s originálním UTCI, ale jsou získané ze zjednodušeného vzorce (Błażejczyk 2010).

Další oblastí biometeorologie, která by měla přirozeně najít své uplatnění v horských oblastech, je rozhodně sledování stavu ozónové vrstvy a navazující vyhodnocování UV-indexu a doporučené expoziční doby. V zimním období je navíc na horách třeba počítat (samozřejmě v případě, že leží sněhová pokrývka) s podstatně modifikovanou ra-

diační bilancí, způsobenou zejména vysokým albedem povrchu sněhové pokrývky, speciálně s napadaným novým sněhem.

Jako třetí (nikoliv významem) je třeba zmínit oblast úzce navazující na fenologii, tedy výskyt pylů ve vzduchu negativně ovlivňující rostoucí počet alergiků v populaci. Zdaleka ne každý si totiž uvědomuje, že nástup pylové sezóny se liší i podle nadmořské výšky. Bez dostatečných informací tak alergici riskují zdravotní komplikace způsobené tím, že si neuvědomí, že pylová sezóna sice už v nižších polohách skončila, ale na horách teprve začíná nebo je v plném proudu.

Hlavní role bioklimatologie pro horské oblasti

Ruku v ruce s rozvojem (téměř) celoročního turistického ruchu a s tradičním lázeňstvím jde také potřeba propagace nabízených služeb. Pro samotnou propagaci – i pro lepší orientaci potencionálních klientů – by vhodnou složkou informačního servisu bylo i bioklimatologické ocenění horských oblastí obecně, a konkrétních lokalit speciálně. Zatímco z hlediska klasické klimatologie máme území České republiky zmapované celkem detailně, bioklimatologické ocenění celku, ani jeho významných částí nebylo dosud zpracováno. Ojedinelé práce se týkaly maximálně nějaké lokality.

Pokud se zaměříme opět na dílčí části humánní bioklimatologie, podobně jako u biometeorologie můžeme začít s oceňováním tepelného komfortu/diskomfortu. Právě v horských oblastech by byly zajímavé statistiky dnů s tepelným komfortem, případně počtu dnů s výrazným diskomfortem, roční chod vybraných indexů, délka souvislých období s tepelným komfortem, resp. diskomfortem apod.

Zimní období

Zmíněné statistiky vybraných biometeorologických indexů lze vhodně doplnit ročním chodem slunečního svitu, případně sumami slunečního svitu v daných intervalech (měsících, sezónách, obdobích jarních prázdnin apod.). V některých lokalitách/dílčích oblastech by bylo porovnání s průběhem v nižších polohách jistě zajímavé.

Sluneční svit je zajímavý nejen kvůli v předchozí kapitole zmiňovanému UV-indexu, ale také kvůli zachování klasického denního chodu světla ve srovnání s oblastmi s častějším výskytem déletrvajících teplotních inverzí doprovázených nízkou vrstevnatou oblačností. Právě přirozené střídání světla a tmy je motorem pro produkci serotoninu a melatoninu, které ovlivňují aktivitu mozku. Proto by mohly být horské oblasti s vyšším zastoupením dnů se slunečním svitem v zimě vhodné jako „světelné lázně“ obnovující správný poměr aktivity a spánku, a tím i regeneraci nejen mysli, ale i celého organismu.

Letní období

Velmi zajímavé údaje mohou pro letní sezónu poskytnout statistiky biometeorologických indexů. Hlavně měsíce červenec a srpen jsou obdobím, kdy v nižších polohách můžeme zaznamenat i déletrvajících období s výrazným stresem způsobeným vedrem. Ve velkých městech nebo aglomeracích je stres navíc umocňovaný menší denní amplitudou teploty vzduchu modifikovanou tepelným ostrovem města.

Proti tomu nabízí horské polohy nižší teploty, v průměru i silnější proudění přinášející zchlazování organismu. Současné působení obojího jde popsat právě kombinovanými indexy, ideálně pak těmi složitějšími (ať už Vavruškovou cítěnou teplotou bez radiačního faktoru nebo všechny základní faktory obsahujícím UTCI, resp. UTCI*).

Možnosti a omezení

Výše popsané možné hlavní role humánní biometeorologie, resp. bioklimatologie, staví před ČHMÚ zajímavé možné další směry vývoje. Některé nutné dílčí kroky už byly v nedávné minulosti realizovány: už zhruba v půlce roku byla mezi přímé výstupy modelu ALADIN zařazena i tzv. střední zářivá teplota T_{mr} (mean radiant temperature), která je vstupem do výpočtu UTCI (i UTCI*) a vyjadřuje působení krátkovlnného i dlouhovlnného záření. V lednu letošního roku pak byl mezi výstupy modelu ALADIN zařazen i samotný index UTCI. Tento fakt by měl umožnit provedení základních testů vlastností tohoto indexu.

Rutinní výpočet hodnot UTCI umožňuje případnou tvorbu nových veřejně dostupných produktů, např. Specializovaných meteogramů, ve kterých by byl zachycen nejen průběh teploty, ale také zvoleného biometeorologického indexu (Vavruškova cítěná teplota je z modelových výstupů dopočítávána v prostředí produkčního SW Visual Weather). Publikování takových produktů je ale podmíněno osvětou, která přiblíží význam indexů příjemcům informace, tedy hlavně se škálou hodnot s přiřazenou měrou zátěže (stresu) organismu.

Zařazení „pocitové teploty“ mezi běžné informační výstupy povětrnostní služby by umožnilo mj. rozšíření nabídky meteorologických informací cíleně pro horská střediska, chaty, hotely či resorty, horskou službu či cestovní kanceláře nebo agentury. Bioklimatologické oceňování jednotlivých horských oblastí by se mohlo stát vyhledávanou nabídkou pro horské obce, střediska, provozovatele lázní či dokonce zakladatele nových lázeňských služeb v horských oblastech. S přihlédnutím k očekávanému průběhu klimatické změny by se totiž i naše hory mohly stát v letech

s očekávanými nárůsty počtů tropických dnů v nižších polohách vyhledávaným prostorem pro trávení letních měsíců v příjemnějším klimatu.

Prostorové a výškové rozložení horských stanic

Činnosti v oblasti humánní biometeorologie nejsou na stávající staniční síti nijak výrazně závislé, pro podrobnější mapové předpovědní výstupy je rozhodující dostupnost modelů a jejich rozlišení. Z tohoto pohledu je dobrou zprávou rozhodně změna rozlišení modelu ALADIN z 4,7 na 2,3 km (od února tohoto roku). Zlepšila se tak i modelová orografie, která je v komplikovaném terénu horských oblastí velmi důležitá.

Zcela odlišná je situace v oblasti humánní bioklimatologie. Stejně jako obecná klimatologie je totiž odkázána do značné míry na existující staniční síť. A zde je otázkou, nakolik je stávající síť stanic dostačující. Podle Lipiny (2017) lze konstatovat, že pokrytí horských oblastí odpovídá jejich zastoupení v porovnání s celkovou plochou České republiky. Otázkou ale je jejich použitelnost pro přímé bioklimatologické mapování českých, moravských a slezských hor.

Na obr. 1 je zobrazeno rozložení meteorologických stanic různých typů s nadmořskou výškou alespoň 800 m n. m. Vykresleny jsou polohy stanic, které měří z potřebných prvků alespoň teplotu vzduchu, červenými čtverečky jsou označeny ty stanice, které měří všechny potřebné vstupy pro výpočet (přesněji řečeno odhad) výše popsáného indexu UTCI (tedy teplotu vzduchu,

relativní vlhkost vzduchu, rychlost větru a trvání slunečního svitu). Z rozložení stanic je zřejmé, že při pokusech o systematické mapování se dostaneme do velkých problémů, protože jednotlivá pohoří mají velmi nerovnoměrné pokrytí meteorologickými stanicemi (typu AMS, AKS, MKS). Dalším problémem je u některých stanic nedostatečně dlouhá řada měření pro stanovení normálů nebo alespoň dostatečně reprezentativních dlouhodobých průměrů.

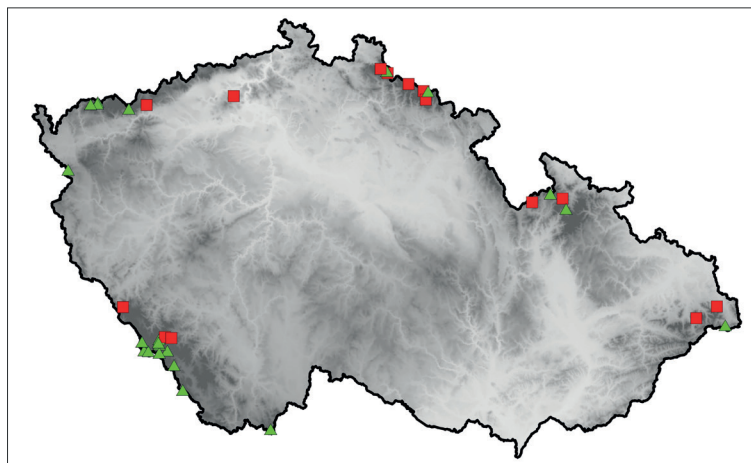
Některé zajímavé horské oblasti či vrchoviny pak s použitím stanic s výškou nad 800 m n. m. popsat vůbec nejde. Proto bude nutné zvolit hranici nižší, přijatelnou se zdá být výška 600 m n. m. (obr. 2).

Reprezentativnost stanic

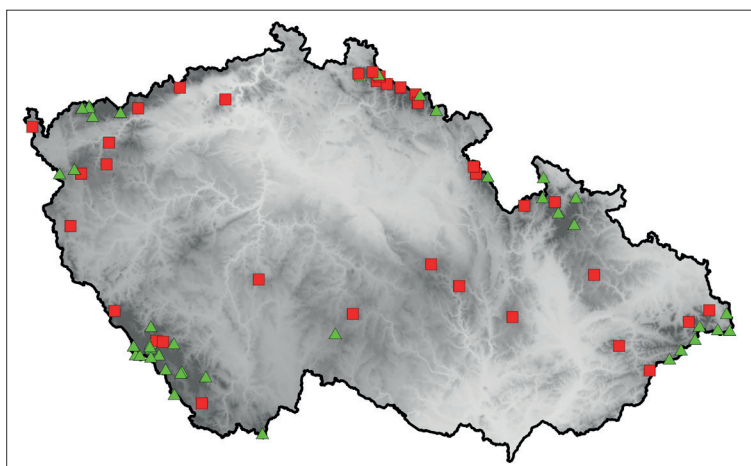
Dalším kritériem, které bude třeba podrobněji analyzovat, je reprezentativnost jednotlivých stanic, a to pravděpodobně pro každou klimatickou charakteristiku zvlášť. Pro teplotní pole (zejména v polích minimálních nebo ranních teplot vzduchu) je mezi stanicemi dost takových, které byly úmyslně umístěny s cílem mapovat nikoliv poměry oblasti, ale lokální extrém. Použití takových stanic může pole teplot poměrně výrazně zkreslit. Při pohledu na obr. 1 najdeme třeba v Jizerských horách tři stanice měřící teplotu vzduchu, z nichž dvě jsou bedlivě sledované stanice na Jizerce (Jizerka a Jizerka, rašeliniště). Kontrola stanic a zhodnocení jejich reprezentativnosti tak bude důležitou součástí jakéhokoliv bioklimatologického mapování našich hor.

Závěr

Současná situace (zlepšující se ekonomické zajištění obyvatel Evropy a ČR, zvyšující se obliba rekreačních sportů, zlepšující se infrastruktura v horských obcích...) spolu s klimatickou změnou činí z horské humánní biometeorolo-



Obr. 1. Rozložení meteorologických stanic v databázi ČHMÚ CLIDATA s nadm. výškou alespoň 800 m n. m.



Obr. 2. Rozložení meteorologických stanic v databázi ČHMÚ CLIDATA s nadm. výškou alespoň 600 m n. m.

gie a bioklimatologie (ale se servisem pro alergiky i z fenologie horských a podhorských oblastí) obory se stoupající atraktivitou a potenciálem. Příspěvek je snahou o zahájení diskuse v meteorologické a klimatologické obci s cílem aktivovat českou biometeorologii a bioklimatologii. Předložené argumenty i první, již učiněné kroky ke zlepšení informačního servisu v oblasti humánní biometeorologie a bioklimatologie by měly k tomu vývoji snad přispět.

Literatura:

BŁAŻEJCZYK K. et al., 2010. Nowy wskaźnik oceny obciążeń cieplnych człowieka. *Przegląd geograficzny*, 82(1), ss. 49–71.

LIPINA, P., 2017. Horské meteorologické stanice v Česku a členění staniční sítě ČHMÚ. In: *Lipina Pavel (ed.), 2017. 120 let meteorologických měření a pozorování na Lysé hoře. Sborník příspěvků z konference pořádané Českým hydrometeorologickým ústavem a Českou meteorologickou společností konané na Lysé hoře ve dnech 14.–15. června 2017.* Praha. ČHMÚ. 1. vydání, s. 59–62. ISBN 978-80-87577-68-4.

NOVÁK, M., 2011. A comparison of an UTCI to some other selected indices. In: *Šiška, B., Hauptvogel, M., Eliašová, M. (eds.). Bioclimate: Source and Limit of Social Development, International Scientific Conference, 6th–9th September 2011.* Topoľčianky, Slovakia. ISBN 978-80-552-0640-0 (CD).

UTCI, 2019. *UTCI Universal Thermal Climate Index. Documents.* [online]. [cit. 15. 3. 2019]. Dostupné z www: http://www.utci.org/utci_doku.php.

VAVRUŠKA, F., 2011. Cítěná teplota. Osobní sdělení (via e-mail), 3. března 2011.

Některé poznatky k předpovědi počasí pro horské oblasti

PAVEL JŮZA

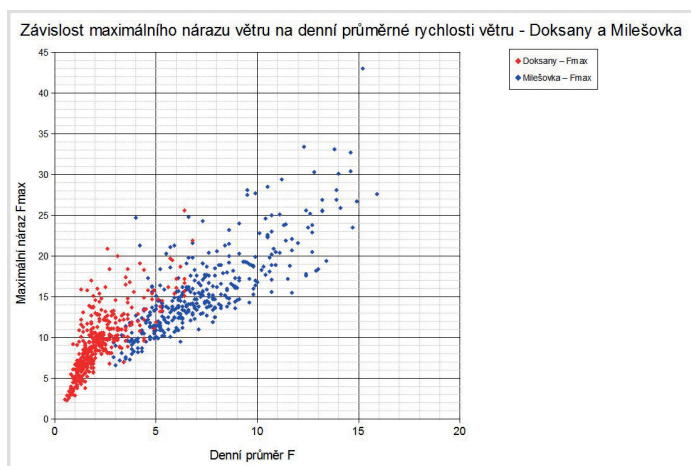
Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ústí nad Labem, pavel.juza@chmi.cz

Úvod

Všeobecné předpovědi počasí v České republice se většinou vydávají pro nižší polohy. Počasí na horách je v celostátních předpovědích zmiňováno spíše okrajově a nesystematicky, většinou se uvádí, od jaké výšky budou srážky sněhové, ale údaje o dalších meteorologických prvcích se celostátní předpověď většinou podrobně nezmiňuje. V ní je jedním slovem zmíněna maximální teplota ve výšce 1 000 m n. m. a z ostatních prvků se občas v předpovědi objeví zmínka o nárazech větru na horách.

V České republice se nevyskytují velehory jako Alpy nebo Tatry, pro které se vydává přímo pravidelná předpověď počasí. Nejvyšší hory jsou Krkonoše, jejichž nejvyšší vrcholy dosahují zhruba podobné nadmořské výšky, jako tatarská údolí. Předpovědi pro jednotlivé horské oblasti v ČR jsou vydávány na úrovni poboček ČHMÚ, je však otázka, do jaké míry jsou tyto předpovědi verifikovány. A podle mého subjektivního dojmu tyto předpovědi pro hory nejsou tak široce prezentovány, jako již zmíněné předpovědi pro Alpy a Tatry. Mimo jiné to může souviset s tím, že vlivem menších výškových rozdílů jsou rozdíly hodnot meteorologických prvků menší než ve velehorách.

V tomto příspěvku se pokusím se podívat na některé meteorologické prvky a jejich chování v českých horských oblastech. Nejde o důkladnou klimatologickou studii, proto zde nebude důkladné zpracování třicetiletých pozorovacích řad na desítkách stanic, nýbrž chování některých meteorologických prvků bude ukázáno jen na několika namátkově vybraných stanicích a pouze podle dat z roku 2018.



Obr. 1 Závislost maximálního nárazu větru na denní průměrné rychlosti větru (Doksany a Milešovka).

Stav počasí a meteorologické jevy

Jak již bylo uvedeno, ve všeobecné předpovědi se poměrně klade důraz na výškovou hranici sněhových srážek. I u ostatních jevů, třeba bouřek nebo srážek jako takových, se někdy specifikuje, že na horách budou četnější nebo pravděpodobnější nebo trvalejší. A například výskyt sněhových jazyků nebo závějů se uvádí do všeobecné předpovědi i v případě, že se vyskytuje pouze na horách.

Avšak jeden meteorologický jev se v běžných předpovědích počasí nespécifikuje. Jde o mlhy. V běžné předpovědi počasí se mlhy uvádějí pouze v případě výskytu ve výškách pod 600 m n. m. Nejvyšší polohy hor se však často vyskytují nad základnou oblačnosti, což je z hlediska pozorovatele v těchto místech definováno jako mlha. Ve všeobecných předpovědích se toto neuvádí. Je otázka, zda a jak se má uvádět v předpovědích pro hory. Asi by se měla uvádět v předpovědích pro silnice, protože tam má přímý vliv, ale v ostatních předpovědích pro hory není přístup jednotný.

Teplota vzduchu

V celostátní předpovědi počasí se uvádí předpověď maximální teploty pro výšku 1 000 m n. m. Tento údaj je užitečný pro velmi orientační informaci v celostátní předpovědi, ale pro konkrétní informaci o počasí na konkrétních horách je zapotřebí informaci přesněji specifikovat. Různé hory jsou různé vysoké, takže například nadmořská výška 700 až 800 metrů znamená v okresech Ústí nad Labem a Teplice nejvyšší hřeben Krušných hor, zatímco v Krkonoších stejnou nadmořskou výšku mají hluboká údolí jako Špindlerův Mlýn nebo Pec pod Sněžkou. Proto v regionálních předpovědích pro hory je zapotřebí předpovídat teplotu pro ty nadmořské výšky, které jsou pro dané hory typické.

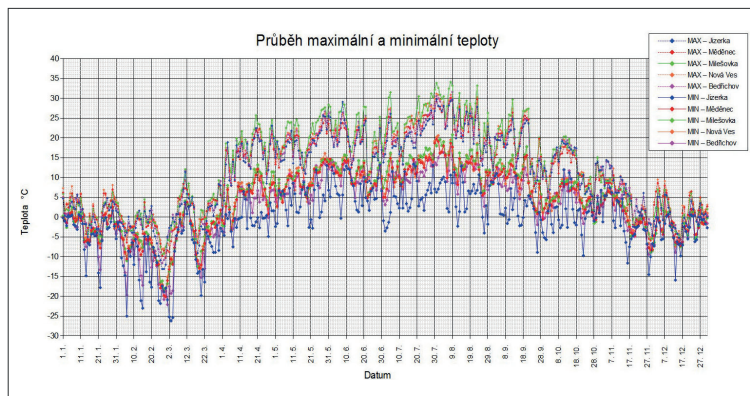
Další z věcí, které mají význam pro teplotu na horách, jsou inverze. Při výrazné inverzi ve výšce 1 000 m n. m. může být předpověď pro výšku 1 000 m n. m. dost zavádějící, pro použitelnou informaci o počasí je vhodnější formulace typu „v polohách pod 1 000 m n. m. -5 až -2 °C, nad 1 000 m n. m. +6 až +9 °C.“ Přičemž ta výška samozřejmě nebude pevná, ale bude záviset na skutečně předpokládané výšce inverze.

Maximální teplota se pro hory předpovídá snadněji, zejména v létě nějakým způsobem odpovídá vertikálnímu teplotnímu gradientu. Minimální teplota může být značně rozdílnější, protože některé horské vrcholky zůstanou v noci nad noční inverzí, některá horská údolí si naopak vytvoří svou vlastní inverzi. Proto jsem se podíval na některé horské stanice v Ústeckém a Libereckém kraji, a to různě umístěné, jaké jsou mezi nimi rozdíly v teplotních minimech a maximech. Byly vybrány stanice nacházející se v podobné výšce kolem 800 m n. m., aby se omezily rozdíly dané již zmíněnými výškovými inverzemi.

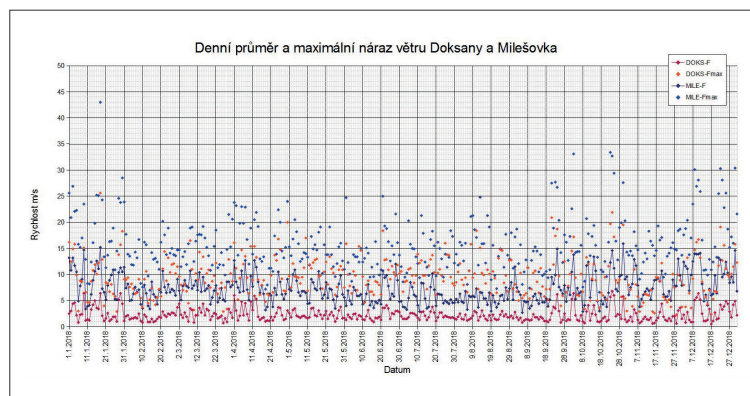
Byly porovnány maximální a minimální teploty ze stanic Měděnec, Nová Ves v Horách, Milešovka, Bedřichov a Jizerka. Přičemž Milešovka je stanice na osamělé trčícím vrcholu, Jizerka je v mrazové kotlině a ostatní stanice jsou v tak nějak běžném horském terénu. Pro každý den v roce 2018 byl zjištěn rozdíl mezi maximální teplotou na nejteplejší a nejchladnější stanicí tohoto souboru a totéž pro minimální teplotu. Ukázalo se, že za rok 2018 průměrný rozdíl maximální teploty na nejteplejší a nejchladnější z těchto stanic byl 3,4 °C, nejvyšší 7,5 °C a nejnižší 0,5 °C. A ukazuje se, že trochu větší rozdíl je v létě a menší v zimě. Přitom všechny stanice někdy měly nejvyšší a někdy nejnižší maximum. Nejnižší maximum měla nejčastěji Jizerka, a to ve 202 dnech, nejvyšší maximum měla nejčastěji Milešovka, a to v 175 dnech.

Trochu větší rozdíl je v minimálních teplotách. Průměrný rozdíl mezi minimální teplotou nejteplejší a nejchladnější stanice byl 5,8 °C, nejvyšší 16,1 °C a nejnižší 0,4 °C. V průměru nejvyšší rozdíly jsou od července do září, nejnižší v prosinci a lednu. Opět se na všech stanicích vyskytlo nejvyšší a nejnižší minimum, ale zejména nejchladnější stanice byla dost vyhraněná – v 282 dnech

Obr. 2 Predpoveď počasia pro Tatry.



Obr. 3 Průběh maximální a minimální teploty vzduchu na vybraných stanicích.



Obr. 4 Denní průměr a maximální náraz větru stanic Doksany a Milešovka.

Tab. 1 Porovnání průměrných rychlostí větru a nárazů na vybraných stanicích v nižších polohách a na horách.

Rok 2018	Denní průměr	Maximální průměr	Maximální náraz	Max. prům./ denní prům.	Max. náraz/ Max. prům.	Max náraz/ denní průměr
Doksany	2,3	5,5	9,5	2,44	1,72	4,2
Churáňov	2,8	4,8	10,2	1,72	2,13	3,68
Praha-Karlov	2,9	6	10,1	2,06	1,69	3,49
Svratouch	5,4	9	13,2	1,65	1,47	2,44
Lysá hora	6,5	11,7	16,3	1,79	1,4	2,51
Milešovka	7,3	12,5	15,7	1,72	1,26	2,16
Milešovka/Doksany	3,2	2,3	1,6			

v roce nejnižší minimum z těchto stanic bylo na Jizerce, což není překvapivé, neboť jde o známou mrazovou kotlinu. Nejteplejší minimum bylo nejčastěji na Nové Vsi, a to v 154 dnech, na Milešovce v 124 dnech.

Protože mrazové kotliny nejsou zcela typickými místy a ani v předpovědích pro nižší polohy se do předpovědi

příliš nezapočítávají, byl proveden výpočet ještě jednou pro minimální teploty bez Jizerky. A v takovém případě průměrný rozdíl minima nejteplejší a nejchladnější stanice již byl pouze 2,7 °C, nejvyšší 10,3 °C a nejnižší 0,2 °C. Největší rozdíly byly v červenci, nejmenší v zimě. Nejchladnější stanicí se stal Bedřichov, který měl nejnižší teplotu v 216 dnech.

Účelem výše uvedených výpočtů bylo zjištění, zda se maximální a minimální teploty na horských stanicích pohybují v nějakém rozumném rozmezí, aby bylo možno tyto hodnoty předpovídat s nějakou rozumnou vypovídací hodnotou. Ukazuje se, že maximální teploty se pohybují v poměrně rozumném rozmezí. Minimální teploty mají rozmezí poněkud větší, což způsobuje zejména stanice Jizerka; v jednotlivých případech rozmezí minimální teploty v jeden den na stanicích v úzkém výškovém rozmezí kolem 800 m n. m. přesáhlo i 16 °C, což by se v předpovědi moc dobře nevyjímal, a i průměrné rozmezí 7,5 °C je na běžnou předpověď trochu moc. Pokud však vynecháme (nebo uvedeme zvlášť) mrazové kotliny (což děláme i v předpovědích pro nižší polohy), pak i u minimálních teplot dostaneme průměrné rozmezí necelé 3 °C, a jen ojediněle dosáhne 10 °C, což se však v jednotlivých případech děje i v nižších polohách.

Výsledek tedy ukazuje, že jak maximální teploty, tak minimální teploty na horách se (při vynechání mrazových kotlin) pohybují v rozumném rozmezí a není tedy vyloučeno jejich uvádění v předpovědi počasí pro hory.

Vítr

Ve všeobecných celostátních předpovědích se uvádí předpověď větru pouze pro nižší polohy. Pro hory se někdy uvádějí nárazy, ne však průměrné rychlosti větru.

Pro porovnání rychlostí větru v průměru i v nárazech bylo vybráno 5 stanic, a to Milešovka a Lysá hora jako typické horské vrcholy, Churáňov jako horská stanice ležící v zalesněné krajině a ne na vrcholu, Svratouch jako stanice ležící ne tak vysoko a stanice Praha-Karlov a Doksany jako stanice mimo hory. A pro jednotlivé dny v roce byly zjištěny údaje o průměrné denní rychlosti větru, maximálním desetiminutovém průměru rychlosti větru a maximální náraz větru. A dále byl spočítán poměr maximálního průměru a denního průměru, maximálního nárazu a maximálního průměru a maximálního nárazu a denního průměru. Výsledky jsou uvedeny v tabulce.

Protože v předpovědi se většinou uvádí něco jako celodenní průměr, byl kladen důraz zejména na poměr maximálního nárazu a denního průměru rychlosti větru. A ukázalo se, že tento poměr je nejvyšší na stanici Doksany, kde v celoročním průměru je maximální náraz větru 4,2× větší než průměrná denní rychlost větru, a nejnižší na stanici Milešovka, kde maximální náraz je jen 2,12× větší než denní průměr. Přitom tyto stanice jsou poměrně blízko u sebe. Pro další zkoumání byly tedy použity tyto dvě typické stanice.

Tab. 2 Rozmezí maximální (TMA) a minimální (TMI) teploty v roce 2018 na vybraných horských stanicích (Měděnec, Nová Ves v Horách, Milešovka, Bedřichov a Jizerka).

Rok 2018	Průměrné	Nejvyšší	Nejnižší
Rozmezí TMA	3,4	7,5	0,5
Rozmezí TMI	5,8	16,1	0,4
Rozmezí TMI bez Jizerky	2,7	10,3	0,2

Ukazuje se, že v celoročním průměru je na Milešovce průměrná rychlost větru 3,2× vyšší než v Doksanech, zatímco roční průměrná rychlost maximálního nárazu je na Milešovce jen 1,6× vyšší než v Doksanech. Rozdíl průměrné rychlosti větru na horské stanici a v nížině je tedy mnohem výraznější než rozdíl v nárazech.

Je to vidět i na obrázku závislosti maximálního denního nárazu na průměrné denní rychlosti větru. Z obrázku je zřejmé, že v Doksanech se při stejné průměrné denní rychlosti větru vyskytují větší nárazy, nebo naopak při stejných nárazech je podstatně menší průměrná rychlost. Například při průměrné rychlosti 4 m/s se na Milešovce vyskytovaly nárazy 8 až 12 m.s⁻¹, zatímco v Doksanech 10 až 20 m.s⁻¹. Naopak při nárazech 15 m.s⁻¹ je v Doksanech průměrná rychlost 2 až 7 m.s⁻¹, zatímco na Milešovce 5 až 12 m.s⁻¹.

Z toho je vidět, že v situacích s výrazně odlišným větrem v nižších polohách i na horách jsou větší rozdíly v průměrné rychlosti větru než v nárazech a že tedy má větší smysl specifikovat pro hory průměrnou rychlost než nárazy.

Závěr

Z uvedených údajů můžeme vyvodit následující závěry:

- bylo by vhodné se dohodnout, zda a kdy pro hory uvádět mlhy jakožto oblačnost se základnou pod úrovní hor,
- teploty pro konkrétní hory je vhodné uvádět pro konkrétní výškové rozmezí konkrétních hor,
- maximální teploty i minimální teploty mimo mrazové kotliny v určitém výškovém rozmezí se většinou pohybují v natolik rozumném rozmezí, které má smysl uvádět do předpovědi,
- rozdíl rychlosti větru v nižších polohách a na horách je výraznější u průměrné rychlosti než u nárazů.

Predpoveď výskytu konvektívnych búrok nad horskými oblasťami na príklade Západných Karpát

RÓBERT KVAK

Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Albertov 6, 128 43 Praha 2 a Ústav fyziky atmosféry AV ČR v. v. i., Boční II 1401, 141 00 Praha 4, kvak@ufa.cas.cz

Úvod

Porozumieť konvektívnym búrkam nad členitým terénom je pomerne náročnou súčasťou poznania atmosféry, a to najmä v horských oblastiach miernych zemepisných šírok. Medzera v poznaní existuje pri interakcii výskytu konvektívnych búrok s konvektívnym prostredím. Kvalitatívna analýza vzťahu charakteristiky terénu – konvektívne prostredie atmosféry – dynamika konvektívnych búrok, a jej pochopenie, môžu viesť k zvýšeniu kvality výstupov numerickej predpovede počasia, respektíve analytických znalostí synoptických meteorológov. Najsledovanejšou kategóriou atmosférických javov je skupina významných či extrémnych udalostí. S rastúcou extremitou určitého javu silnie nutnosť urgentných ochranných opatrení, ku ktorým môže viesť len výskum, pochopenie a predikcia nebezpečných prejavov počasia. Aktivita konvektívnych búrok je po väčšinu roka viazaná na horské prostredie, a to vďaka modifikácii atmosférických podmienok, ktoré spôsobuje samotná orografia (Taszarek et al., 2019). Jednu z možností ako si túto skutočnosť priblížiť predstavujú modely numerickej predpovede počasia s vysokým rozlíšením so schopnosťou simulácie konvektívnych javov a súvisiacich procesov.

K popisu konvektívneho prostredia slúžia tzv. indikátory lability, ktoré opisujú termodynamické podmienky v atmosfére. Z práce Vasqueza (2006) možno spomenúť convective available potential energy (CAPE), downdraft CAPE (DCAPE), convective inhibition (CIN), lifted index (LI), K-index (KI), delta theta-e (DT) alebo severe weather threat index (SWEAT), pre ktoré vid' tab. 1. Po celom svete sa používajú desiatky indexov s rôznymi variáciami, kombináciami a sú adaptované pre určitý región. Niektoré z nich nie sú kvantifikovateľné pre vysokohorské polohy (> 1 500 m n.m.) a hodnoty sa interpolujú medzi najbližšími areologickými stanicami v nižších polohách. V prípade indexov stability atmosféry sa nejedná o jedinú pomocku, ktorá ponúka meteorológovi nadhľad nad danou situáciou. Rovnako je potrebné uvažovať o veľkopriestorovej a lokálnej cirkulácie a nutnosťou je zväziť aktuálne polia fyzikálnych veličín a ich advekciu v rôznych výškových hladinách. Sem by sme mohli zaradiť napríklad teplotu vzduchu, vlhkosť charakteristiky vzduchu (rosný bod či relatívna vlhkosť), tlak vzduchu, prúdenie vzduchu v trojrozmernom priestore (smer a rýchlosť, strih vetra) alebo aj modelové simulácie maximálnej radarovej odrazivosti vo vertikálnom stĺpci, prípadne výskyt a koncentráciu konvektívneho typu zrážkovej činnosti.

Prípadová analýza

Študovaná je priestorovo významná meteorologická udalosť zo dňa 19. júla 2011 v rámci Banskobystrického kraja, ktorý je súčasťou geomorfologickej provincie Západných Karpát vo vnútri domény dosahu slovenskej rádiolokačnej siete (300 x 500 km). Počas situácie boli na základe reanalýz ERA-interim (ECMWF) v modeli numerickej predpovedi počasia COSMO, prevádzkovanom na Ústave fyziky atmosféry AV ČR v. v. i., modelované polia základných fyzikálnych veličín a hodnotiteľov konvektívneho prostredia. Výpočet bol prevedený s nastavením vychádzajúcim z COSMO-CZ (Sokol a Zacharov, 2012), tzn. s horizontálnym rozlíšením 2,8 km a 50 hladinami siahajúcimi do výšky 20 km, kopírujúc zemský povrch. Rozsah domény zastrešuje územie o rozmeroch 584 x 781 km (211 x 281 gridových bodov) nad oblasťou do vzdialenosti 100 až 180 km od domény slovenských rádiolokátorov. K vyhodnoteniu priebehu počasia boli okrem modelových simulácií a radarových informácií využité aj merania pozemných zrážkomerov. Kombináciou interpolovaných zrážkomerných údajov s adjustovaným radarovým odhadom pomocou prvej generácie modelu INCA, systémom v minulosti operatívne používaným v SHMÚ, bola popísaná priestorová variabilita konečných zrážkových úhrnov.

19. 7. 2011

a) synoptická analýza

Sponad Nórskeho mora sa nad západnú Európu tiahne dlhoválná brázda nízkeho tlaku prepadnutá až po pobrežie severnej Afriky. V nižších hladinách troposféry je s brázdou spojená rozsiahla plytká cyklonálna oblasť, v ktorej tyle prúdi do Európy relatívne chladný morský vzduch od severu až severozápadu. Na čele chladnej vzduchovej hmoty sa na východ pozvoľna presúva zvlhčený studený front, pričom v závetří Álp dochádza k plytkej cyklogenéze s následným severovýchodným pohybom cyklóny. Na jej prednej strane sa v strednej Európe prechodne zvyrazňuje juhozápadná až južná advekcia teplého a vlhkého vzduchu zo Stredomoria (v 850 hPa do 20 °C). Vzduchová hmota sa v priebehu dňa výrazne labilizuje od Jadranského mora po Karpaty s hodnotami MLCAPE (mean layer CAPE) 500 až 2 000 J.kg⁻¹.

Tab. 1 Charakteristiky stability atmosféry a vetra zo sondážnych meraní stanice Poprad – Gánovce 19.07.2011 v 12:00 UTC. MUCAPE (most unstable CAPE), DCAPE (downdraft CAPE), ML 100 CIN (mixed layer \uparrow 100 hPa CIN), SBLI 500 (surface based lifted index \uparrow 500 hPa), TT (totals totals).

Termín	MUCAPE [J.kg ⁻¹]	DCAPE [J.kg ⁻¹]	ML 100 CIN [J.kg ⁻¹]	SBLI 500 [K]	TT index [K]	Strih vetra 0–6 km [m.s ⁻¹]	Smer vetra 0–6 km [°]
7/19/2011	1 652	895	-7	-4,2	49,4	20,5	215

b) vývoj počasia

Od ranných hodín prevládala nad stredným Slovenskom oblačná obloha s výskytom lokálnych slabých preháňok pri maximálnych teplotách okolo 30 °C v kotlinách a 13 °C na vrcholoch Nízkych Tatier. V priebehu popoludnia sa pri slabom premenlivom vetre, na horách južnom do 10 m.s⁻¹ iniciovali prvé konvektívne búrky na JZ svahoch Slovenského stredohoria so SV postupom a viditeľným odklonom k V. Intenzívne konvektívne búrky (VIL cez 68 kg.m⁻²) s odrazivosťou nad 55 dBZ križovali horské oblasti, zatiaľ čo evidentne slabli nad kotlinami a obchádzali celú Juhoslovenskú kotlinu. Po 18:00 UTC prekročil južné hranice rozsiahlejší MCS (mezomerítkový konvektívny systém) so zvyšujúcou sa odrazivosťou nad Karpatmi, avšak viditeľným zoslabnutím za Nízkymi Tatrami. Počas noci prechádzali konvektívne búrky od JJZ k SSV celým územím až ho nadránom opúšťili.

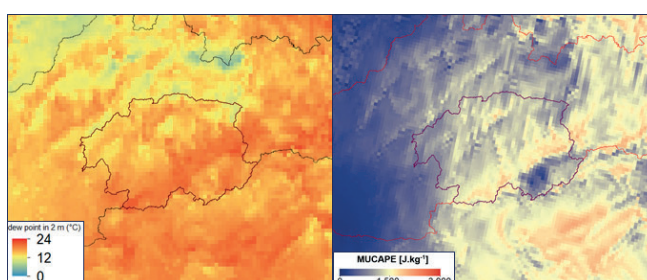
c) zrážková analýza

Typický bol výskyt niekoľkých pásov vyššej intenzity zrážok v JZ–SV smere s hodnotami nad 50 mm (obr. 2), ktoré prechádzali pohoriami Slovenského stredohoria, Slovenského rudohoria a Nízkymi Tatrami. Pomerne málo zrážok spadlo v Štiavnických vrchoch (< 30 mm). V stredne a nízko položených kotlinách boli úhrny zrážok zväčša od 10 do 35 mm, pričom v strednej časti Juhoslovenskej kotliny v SV smere od Cerovej vrchoviny prekročili 40 mm a v Horehronskom podolí 60 mm. Na krajnom JV Juhoslovenskej kotliny a v Bodvianskej pahorkatine bola situovaná oblasť najnižších zrážok pod 10 mm (Vlkyňa 4,9 mm; Číž 7,3 mm; Štrkovec 8,3 mm). Premenlivosť priestorových zrážok reanalýzy INCA sa do značnej miery prekrýva s manuálnymi zrážkomermi, avšak INCA maximálny úhrn do 80 mm podhodnocuje napríklad vo Veporských vrchoch a Ostrôžkach až o 20–30 mm (Detvianska Huta 104,2 mm a Látky – Nový Svet 94,6 mm; Ábelová 88,7 mm).

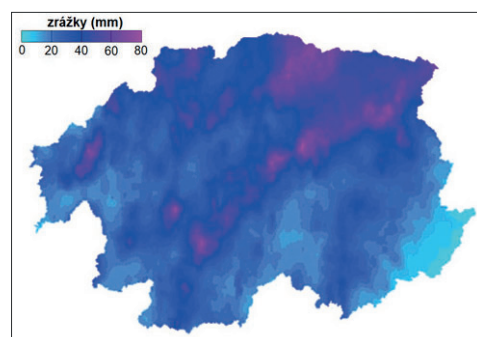
Záver

Poznanie konvektívnych podmienok v atmosfére a mechanizmov, ktoré spúšťajú a riadia činnosť konvektívnych búrok nad zložitým terénom sú kľúčové pri snahe o predikciu nebezpečného počasia na horách, v kotlinách alebo v susedných nížinných oblastiach, a koniec-koncov vedú k rozšíreniu poznatkov o komplexnom fungovaní búrkovej konvekcie v akýchkoľvek klimatických podmienkach.

K predikcii vývoja konvektívnych búrok je potrebné pristupovať jednotlivo v závislosti od synoptického situácie či klimatických podmienok, a teda geografického regiónu. Napríklad množstvo potenciálnej energie obvyčajne závisí na veľkopriestorovej cirkulácii vzduchu a nie je zviazané s podkladom, okrem prípadov deformácie tlakového poľa horskou bariérou alebo výberu nižších hladín pri kvantifikácii. Preto je nepochybné, že intenzívne konvektívne búrky sa môžu vyskytnúť aj v prípade relatívne stabilného zvrstvenia ovzdušia, ktoré popisujú indexy stability (Vasquez, 2009), často neschopné nad horským terénom rozlíšiť nestabilnú vrstvu od stabilnej. V prípade 19. júla 2011 sú termodynamické podmienky nad Slovenskom evidentne orograficky modifikované a priaznivo koncentrované najmä na južných úpätiach Karpát Banskobystrického kraja na styku s Juhoslovenskou kotlinou (obr. 1). Pri situácii s dominantným juhozápadným až južným prúdením v celej troposfére preto nemožno vylúčiť podporu iniciácie výraznejšej konvekcie situovanej nad severnú periferiu vysokých hodnôt MUCAPE. Preukázateľný priestorový



Obr. 1 Naľavo COSMO výpočet rozloženia teploty rosného bodu v 2m nad zemským povrchom (°C) a napravo most unstable CAPE (J.kg⁻¹) nad Banskobystrickým krajom a priľahlým okolím 19. 07. 2011 v 12:00 SELČ.



Obr. 2 Zrážková reanalýza INCA 19. 07. 2011 (úhrn zrážok do 06:00 UTC nasledujúceho dňa).

vzťah medzi dostupnou energiou a zrážkovými úhrni však nemusí znamenať kauzalitu javu, k podobným výsledkom je nutné pristupovať opatrne a zväžiť podmienky prevládajúce juhozápadne/južne od Karpát, nad Panónskou panvou.

Rovnako to platí aj pre strih vetra a ďalšie charakteristiky prúdenia, ktoré sú v závislosti od skúmanej vrstvy viac alebo menej blokované horskou prekážkou. Slabnúci strih vetra priamo nad horským prostredím môže mať v konečnom dôsledku deformačný vplyv na zrážkovo intenzívne konvektívne búrky oproti nižším polohám počas jednej konvektívnej búrkovej situácie. K povrchu priľahlý parameter CIN má väčšiu závislosť na podklade a vlastnostiach prízemnej a konvektívnej hraničnej vrstvy. Taktiež je spojený s veľkopriestorovou cirkuláciou, ale nad horskými polohami okrem depresných území je tendencia k formovaniu slabej alebo potlačenej stabilnej vrstvy.

Vychádzajúc z dlhoročnej práce a bohatých skúseností Ústavu fyziky atmosféry s modelom COSMO je možnosť využitia modelovania konvekcie vo vysokom rozlíšení v členitom teréne Západných Karpát veľkým prínosom nielen pre samotných numerických meteorológov vyvíjajúcich produkty numerickej predpovede počasia, ale aj pre analytickú expertízu synoptických meteorológov na dennej báze. Nemožno nespomenúť hodnotný prínos pre veľmi krátkodobú predpoveď počasia (nowcasting), ktorej praktiky sú stále vo vývojovom štádiu.

Literatúra:

- SOKOL, Z., ZACHAROV, P., 2012. Nowcasting of precipitation by an NWP model using assimilation of extrapolated radar reflectivity. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **138**, 665,1072–1082. ISSN 1477-870X.
- TASZAREK, M., ALLEN, J., PÚČIK, T., P. GROENEMEIJER, P., CZERNECKI, B., KOLENDOWICZ, L., LAGOUVARDOS, K., KOTRONI, V. and SCHULZ, W., 2019. A Climatology of Thunderstorms across Europe from a Synthesis of Multiple Data Sources. *Journal of Climate*, **32**, 1813–1837, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0372.1>.
- VASQUEZ, T., 2006. Weather forecasting Red Book. Forecasting techniques for meteorology. 5th edition. Weather Graphics Technologies. ISBN 0-9706840-6-1. 291 s.
- VASQUEZ, T., 2009. Severe Storm Forecasting. 5th edition. Weather Graphics Technologies. ISBN 0-9706840-9-6. 266 s.

VII.

Hydrologie a kvalita ovzduší
na Šumavě nebo v jiných pohořích

Hydrologický a hydroekologický výzkum ÚH AV ČR v CHKO a NP Šumava

MIROSLAV TESAŘ¹, MILOSLAV ŠÍR², JAN PROCHÁZKA³

¹ Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v.v.i., Praha, miroslav.tesar@iol.cz, ² Střední škola rybářská a vodohospodářská Jakuba Krčína, Třeboň, milo_sir@yahoo.com, ³ SUMAVA.EU a Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, prochaz@zf.jcu.cz

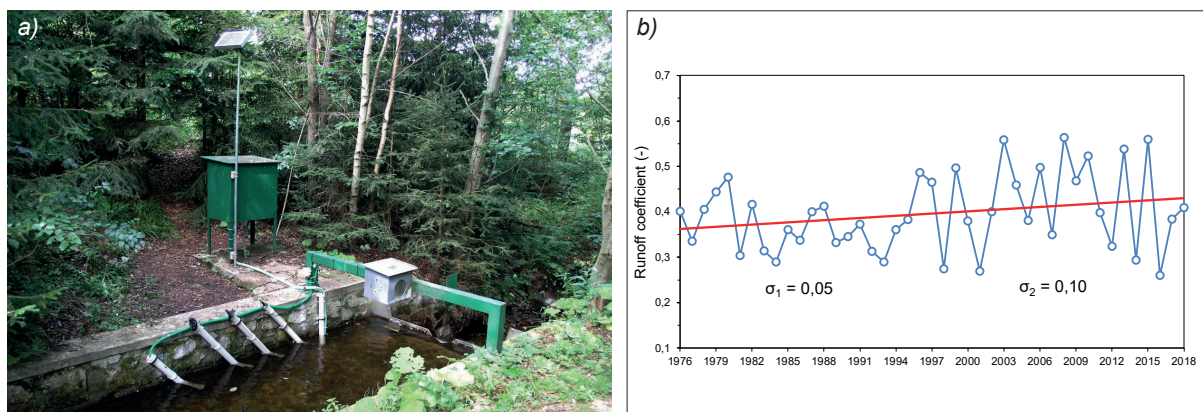
Úvod

Oblast Šumavy je významnou oblastí přirozené akumulace vod a zdrojem vody pro celé povodí Vltavy. Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v.v.i. (dále ÚH AV ČR) zde založil svá experimentální hydrologická pozorování již počátkem 60. let na popud svého zakladatele a prvního ředitele (od roku 1953) akademika prof. Jana Smetany (*1883–†1962. V povodí Volyňky inicioval založení reprezentativní povodí, v němž soustavný výzkum hydrologického režimu šumavských hor a podhůří byl započat během Mezinárodní hydrologické dekády (International Hydrological Decade – IHD), která se realizovala v letech 1965–1974 jako projekt UNESCO. Smyslem celosvětově probíhající IHD bylo mimo jiné experimentálně ověřit tehdy aktuální hypotézy o formování odtoku z povodí v různých přírodních podmínkách v interakci s lidskou činností. Experimentální povodí Volyňky byla proto založena tak, aby bylo možné sledovat, jak se utváří odtok z povodí s jeho zvětšující se plochou (0,999 až 383,201 km²), snižující se nadmořskou výškou (vrchol Boubína 1 362 m n. m. až výška nuly vodočtu v Němčicích 423,06 m n. m.), měnícím se vegetačním pokryvem. Kontinuální měření základních hydrologických a hydrometeorologických parametrů probíhalo v letech IHD (1965–1974). Po jejím skončení se pozornost ÚH AV ČR koncentrovala na malé experimentální povodí Liz, které je od roku 1975 v zásadě modernizované podobě provozováno dodnes (Tesař et al., 2006). V novém tisíciletí byla potom zřízena další monitorovací stanoviště pro potřeby hydroekologického monitoringu v horských partiích NP Šumava, a sice Roklan, Malá Mokrůvka, Vysoký Stolec, Jezerní hora, Poledník, aj.

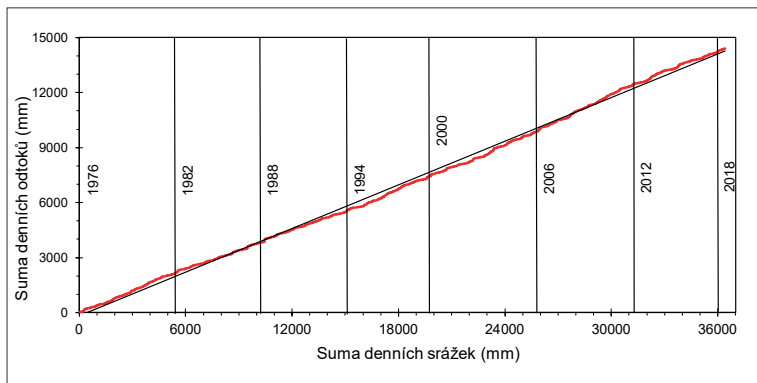
Povodí Liz

Povodí Liz je zalesněné kyselou smrkovou bučinou, půdní pokryv tvoří kambizem. Výška povodí je 828 až 1 074 m n. m. s průměrnou výškou 941,5 m n. m. Plocha povodí je 0,99 km², střední sklonitost povodí je 16,6 %, délka údolnice 1,45 km, délka toků 2,28 km. Průměrná roční teplota vzduchu je 6,3 °C, průměrná teplota vzduchu v lednu činí –3,4 °C, průměrná teplota vzduchu v červenci 13,6 °C, průměrný roční srážkový úhrn 847 mm (1976–2018), průměrný roční počet dnů sněhové pokrývky 92. Obr. 1a zobrazuje uzávěrový profil povodí (49.0658358N, 13.6820856E), obr. 1b průběh odtokového součinitele dokladuje větší rozkolísanost odtoku v druhé polovině sledovaného období. Obr. 2 ve formě dvojnásobné součtové čáry znázorňuje vztah srážek a odtoku na Lizu.

Desetiminutové srážkové úhrny a intenzita dešťových srážek jsou měřeny v síti tvořené 15 srážkoměry. Sněhová pokrývky je měřena na pěti lokalitách v nadmořských výškách od 830 m n. m. do 1 122 m n. m., a to vždy na volné ploše a v sousedícím lesním porostu. V povodí jsou umístěny tři meteorologické stanice – jedna na volné ploše (obr. 3 vlevo), dvě v lesním porostu, a sice ve smrku (obr. 3 vpravo) a v buku. Meteorologická stanice na volné ploše je umístěna v nadmořské výšce 830 m n. m. Jedná se o plně automatizovaný systém pro kontinuální monitoring přenosu tepla a vody v přízemní vrstvě atmosféry a nenasycené půdní zóně. Gradientová měření základních



Obr. 1 Uzávěrový profil povodí Liz s kontinuálním měřením průtoků, chemismu povrchové vody a teplot vody a vzduchu (a – vlevo, foto: Miroslav Tesař, srpen 2009); variabilita odtoku za sledované období vyjádřená odtokovým koeficientem (b – vpravo).



Obr. 2 Dvojná součtová čára srážek a odtoků v povodí Liz za období hydrologických roků 1976–2018.

meteorologických veličin jsou umístěna v úrovních 2, 5 a 10 m nad terénem. Kontinuálně jsou měřeny teploty a vlhkosti vzduchu, tlak vzduchu, směr a rychlost větru, trvání slunečního svitu, globální radiace včetně její odražené složky, dlouhovlnná i krátkovlnná složka sluneční radiace včetně jejich odražených složek, intenzita a úhrn dešťových padajících srážek, výpar z volné hladiny. V jednotlivých úrovních půdního profilu jsou měřeny tenzometrické tlaky a teploty půdy. Při povrchu půdy jsou měřeny toky tepla do půdy. Meteorologická stanice je doplněna monitorovacím a vzorkovacím systémem oblačné a mlžné depozice, který se skládá z detektoru současného stavu počasí

PWD11 (Vaisala, Finsko) doplněného aktivním mlhoměrným zařízením NES 210Fog Sampler (Eigenbrodt, SRN). Tato sestava umožňuje kontinuální měření stavu počasí a depozice vody z větrem hnaných mlh a nízké oblačnosti.

V blízkosti uzávěrového profilu a ve vrcholové partii povodí Liz byly zřízeny dva páry hydrogeologických vrtů (obr. 4a), v nichž se monitoruje poloha hladiny podzemní vody, teplota a konduktivita vody. Měření mízního toku ve stromech na povodí Liz metodou tepelné bilance kmene bylo instalováno v roce 2005 ve smrkovém porostu. Toto měření bylo v roce 2007 nahrazeno sofistikovanější metodou založenou na měření deformace tepelného pole. Pro sledování a vyhodnocování látkových toků jsou pravidelně v měsíčním kroku odebírány a analyzovány vzorky



Obr. 3 Meteorologická stanice na volné ploše (a – vlevo) a ve smrkovém porostu (b – vpravo) na povodí Liz (foto: Miroslav Tesař, červenec 2018).



Obr. 4 Měření HPV, hydrochemických parametrů HPV a hydrometeorologických prvků na rozvodnici povodí Liz (a – vlevo, (foto: Miroslav Tesař, říjen 2018); měření průtoků a hydrometeorologických parametrů na jednom z pramenů v povodí Liz (b – vpravo, foto: Miroslav Tesař, červenec 2018).



Obr. 5 Stanice na lokalitách Roklan (a – vlevo nahoře, foto: Miroslav Tesař, říjen 2018), Malá Mokrůvka (b – vpravo nahoře, foto: Miroslav Tesař, březen 2019), Poledník (c – vlevo dole, foto: Miroslav Tesař, červen 2014) a Jezerní hora (d – vpravo dole, foto: Miroslav Tesař, květen 2018).

srážek na volné ploše, podkorunových srážek ve smrkovém a bukovém porostu, povrchového odtoku a z měřených pramenů (obr. 4b) z hlediska chemického a izotopového složení.

Lokality Roklan, Malá Mokrůvka, Vys. Stolec, Jezerní hora a Poledník

V roce 2000 byly v horských partiích Šumavy zřízeny automatizované systémy s dálkovým přenosem dat za účelem monitoringu základních hydrometeorologických parametrů a vodního režimu půd v oblastech s tehdy různým vegetačním pokryvem (suchý les – Roklan – 48.9756922N, 13.4299217E, 1 224 m n. m. – obr. 5a; holina – Malá Mokrůvka – 48.9702403N, 13.5124425E, 1 259 m n. m. – 5b; Vysoký Stolec – zdravý les – 48.9883850N, 13.6090678E, 1 231 m n. m.). Stanice na Poledníku (49.0640661N, 13.3959261E, 1 310 m n. m. – obr. 5c) slouží především pro monitoring usazených srážek z větrem hnané nízké oblačnosti a mlhy, zatímco stanice na Jezerní hoře (49.1709728N, 13.1868814E, 1 307 m n. m. – obr. 5d) byla zřízena ve spolupráci se spolkem SUMAVA.EU hlavně jako doplnění monitoringu sněhové pokrývky a teploty vzduchu v hřebenových partiích Šumavy.

Vybraná výzkumná témata

- Hydrologický výzkum v povodí Volyňky (Tesař et al., 2006)
- Studium transpirace a evapotranspirace lesního porostu (Pražák et al., 1996)
- Mízní tok (SAP Flow) smrkového porostu (Nadehdzina, et al., 2010)
- Intercepce lesního porostu (Dohnal et al., 2014)
- Akumulace a tání sněhu (Šípek and Tesař, 2014)
- Procesy v systému půda – rostlina – atmosféra (Vogel et al., 2013)
- Vodní režim povodí, vodní režim půd – hodnocení a modelování (Tesař et al., 2006)
- Ekohydrologie – bilance látkových toků; význam usazených srážek (Eliáš et al., 2009)
- Vliv vegetace na retenci vody (Šípek and Tesař, 2017)

Závěr

Snahou ÚH AV ČR je zachovat dlouhodobý nepřerušovaný hydrologický výzkum, neboť z podstaty přírodních dějů je zjevné, že jen tehdy mohou mít zjištěné poznatky širší platnost a mohou být zobecněny. Více jak čtyřicetiletý cyklus pozorování již pokrývá téměř čtyři jedenáctileté periody sluneční aktivity, tudíž lze předpokládat, že jeho zatímní závěry věrně odrážejí specifika horských a podhorských oblastí.

Poděkování:

Provozovatelé experimentálních stanic vyjadřují poděkování všem pracovníkům, kteří se na založení staniční sítě, její vybavení a udržování v chodu dosud podíleli a podílejí. Velký dík patří dále vlastníkům pozemků, kteří umožnili osazení a provoz experimentálního vybavení a vstup na jejich pozemky, zejména Lesům ČR a Správě CHKO a NP Šumava, v neposlední řadě i členům Horské služby Šumava za pomoc s instalací a provozem některých stanic v extrémních podmínkách. Výzkum popsany v příspěvku je podporován ÚH AV ČR, v.v.i. (RVO 67985874) a v rámci programu AV ČR Strategie AV21.

Vybrané publikační výstupy:

- DOHNAL, M., ČERNÝ, T., VOTRUBOVÁ, J., TESAŘ, M., 2014. Rainfall interception and spatial variability of throughfall in spruce stand. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, Vol. **62**(4), s. 277–284.
- ELIÁŠ, V., TESAŘ, M., BUCHTELE, J., 1995. Occult precipitation: sampling, chemical analysis and process modelling in the Šumava Mts. (Czech Republic) and in the Taunus Mts. (Germany). *Journal of Hydrology*, Vol. **166**, s. 409–420.
- PRAŽÁK, J., ŠÍR, M., TESAŘ, M., 1994. Estimation of plant transpiration from meteorological data under conditions of sufficient soil moisture. *Journal of Hydrology*, Vol. **162**(6), s. 409–427.
- ŠÍPEK, V., TESAŘ, M., 2014. Seasonal snow accumulation in the mid-latitude forested catchment. *Biologia*, Vol. **69**(11), s.1562–1569.
- ŠÍPEK, V., TESAŘ, M., 2017. Year-round estimation of soil moisture content using temporally variable soil hydraulic parameters. *Hydrological Processes*, Vol. **31**(6), s. 1438–1452.
- NADEZHINA, N., DAVID, T., S., DAVID, J., S., FERREIRA, M., I., DOHNAL, M., TESAŘ, M., GARTNER, K., LEITGEB, E., NADEZHIN, V., ČERMAK, J., JIMENEZ, M., S., MORALES, D., 2010. Trees never rest: the multiple facets of hydraulic redistribution. *Ecohydrology*, Vol. **3**(4), s. 431–444.
- TESAŘ, M., BALEK, J., ŠÍR, M., 2006. Hydrologický výzkum v povodí Volyňky a autoregulace hydrologického cyklu v povodí Liz. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, Vol. **54**(2), s. 137–150.
- TESAŘ, M., ŠÍR, M., LICHNER, L., ZELENKOVÁ, E., 2006. Influence of vegetation cover on thermal regime of mountainous catchments. *Biologia*, Vol. **61**(Suppl. 19), s. S311–S314.
- VOGEL, T., DOHNAL, M., DUŠEK, J., VOTRUBOVÁ, J., TESAŘ, M., 2013. Macroscopic modeling of plant water uptake in a forest stand involving root-mediated soil-water redistribution. *Vadose Zone Journal*, Vol. **12**(1), ISSN 1539-1663.

Hydrologické sucho a významné srážkoodtokové události v období 2015–2018

PETR ŠERCL¹, MARTIN PECHA²

¹ Český hydrometeorologický ústav, Praha, petr.sercl@chmi.cz, ² martin.pecha@chmi.cz

Úvod

V posledním desetiletí jsme na území České republiky svědky obou dvou významných fenoménů. Zatímco v letech 2009 až 2013 se mnohem více hovořilo o povodních, jejich možnému předcházení a případnému zmenšování následků, od roku 2015 až do současnosti se mnohem více diskutuje o problémech se zvyrazňujícím se suchem a o tom, jak je možné suchu předcházet a zmírňovat jeho projevy, a také následky.

V roce 2013 vyvrcholilo několikaleté období vlhčího počasí, které bylo i odtokově bohatší. Po atypickém průběhu jara (dlouhá zima a poté chladné a srážkově bohaté počasí) se na přelomu května a června vyskytla na velkém území Čech velmi významná srážková a následně i odtoková událost. Jelikož nasycenost území byla velmi vysoká, tak se i po této události vyskytlo ještě několik dalších odtokových situací, ať už po významných srážkách přívalového či regionálního charakteru.

Od zimy 2013–2014 započalo období, které je charakteristické zejména teplotně nadnormálním a srážkově podnormálním zimním půlrokem, během kterého se sněh vyskytuje převážně pouze na horách a v nížinách se objevuje spíše pouze výjimečně a přechodně. Během jarního období sněh i na horách velmi rychle roztaje a nedokáže tak dostatečně dotovat zásoby podzemních vod, a tím i vodní toky. To vše je ještě umocňováno během letního půlroku, který je také převážně teplotně nadnormální a srážkově podnormální. Výpar tak výrazně převažuje nad srážkovou činností, která se velmi často odehrává pouze během několika dní v měsíci.

Tento článek se snaží ve stručnosti postihnout vliv velikosti předchozího nasycení a srážek na velikost odtokové odezvy v různých geografických oblastech ČR v období 2015–2018 na základě významných srážkových epizod, kterým se během tohoto období vyskytly. Ukazuje se totiž, že při porovnání s událostmi v roce 2013 je vliv předchozího nasycení půdy na odtokovou odezvu podstatně významnější, než se hydrologové a případně i další odborníci domnívali.

Předchozí nasycení je zde prezentováno ve formě ukazatele předchozích srážek za období 30 dnů (API_{30}) před výskytem uvedené srážkové situace.

Ukazatel předchozích srážek API_{30} je suma vážených denních úhrnů srážek za předchozích 30 dní, přičemž váha denního úhrnu srážek se zmenšuje s rostoucím počtem předcházejících dní. Je počítán ze vztahu:

$$API_{30} = \sum_{i=1}^{30} C^i \cdot P_i \text{ [mm]}$$

kde

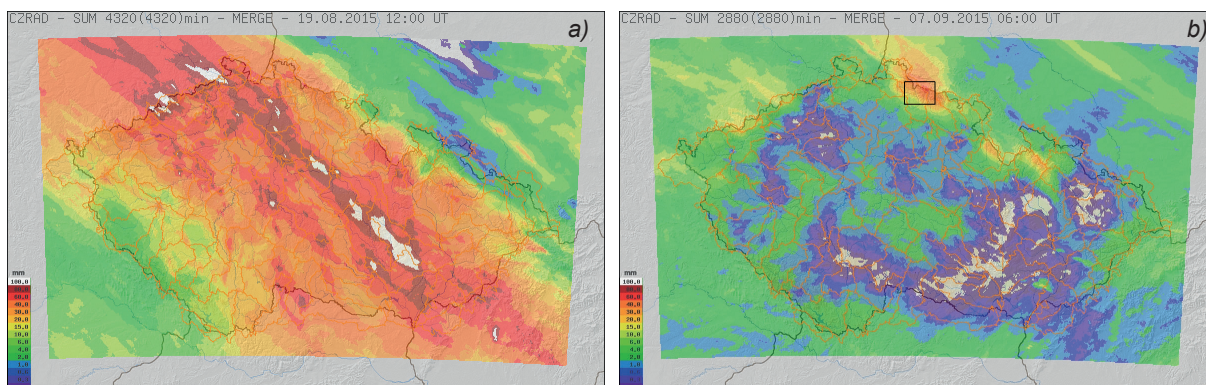
- i je pořadí dne počítané nazpět ode dne, ke kterému je API určován,
- C je evapotranspirační konstanta, pro naše podmínky obvykle $C = 0,93$,
- P je denní úhrn srážky v milimetrech v i -tém dni před výskytem příčinné srážky.

K tomuto podrobnému vyhodnocení jednotlivých výraznějších odtokových epizod během suchého období 2015–2018 jsme přistoupili také z toho důvodu, že se zhruba od roku 2015 můžeme každoročně dozvídat, a to nejen z mediálního prostředí, že dlouhé a významné období sucha zhoršuje odtokové poměry. Půda údajně není schopna pojmout vydatné a intenzivní srážky a většina vody tak odeče bez většího užítku po zemském povrchu do vodních toků a nezmírní se tak dopady sucha ba naopak, že hrozí přívalové povodně.

Vývoj hydrometeorologické situace v letech 2014–2015

Rok 2014 byl jako celek teplotně výrazně nadnormální, což vedlo ke zvýšenému celkovému výparu z půdy a rostlin. Srážkově byl rok z hlediska celorepublikového průměru normální, ale v severovýchodních Čechách již spíše podnormální. Odtokově už byl rok 2014 podprůměrný, a to zejména v důsledku malého jarního odtoku a nadprůměrné teploty vzduchu. Hladiny podzemních vod ještě neklesly pod hranici sucha. Dotace z podzemních vod do vodních toků byla po předchozích vodních letech ještě postačující k tomu, aby se jen ojediněle vyskytovaly ve vodních tocích průtoky pod hranici 355denního průtoku.

Z hlediska dlouhodobého pozorování je statisticky velmi zajímavá velikost průměrného ročního průtoku za rok 2014, který v povodí horního Labe a Sázavy nepřekročil 60 % průměrné hodnoty za období 1981–2010. Například



Obr. 1a, b Rozložení úhrnů srážek za 72 hodin od 16. 8. 2015 14:00 do 19. 8. 2015 14:00 SELČ vlevo a za 48 hodin od 5. 9. 2015 8:00 do 6. 9. 2015 8:00 SELČ vpravo, (c) 2017 CHMI Radar Department.

na Jizeře v Předměřicích šlo o třetí nejnižší hodnotu průměrného ročního průtoku od začátku systematického vyhodnocení průtoků v roce 1911. V roce 2014 se tak sice hydrologické sucho nevyskytlo, ale nedošlo k adekvátnímu doplnění zásob podzemních vod.

Přesto se v roce 2014 vyskytlo hned několik významných srážkových situací, po kterých následovaly, vzhledem ke stále převážně vysoké nasycenosti půdy, poměrně velmi významné odtokové odezvy.

Rok 2015 byl obdobně jako rok předchozí teplotně výrazně nadnormální a srážkově naopak silně až mimořádně podnormální, což negativně ovlivnilo celkovou vláhovou bilanci, a průměrné roční průtoky byly proto podprůměrné. Celková dotace do podzemních vod byla nevýrazná a úrovně hladin ve vrtech již poklesly výrazněji pod úroveň dlouhodobého měsíčního mediánu.

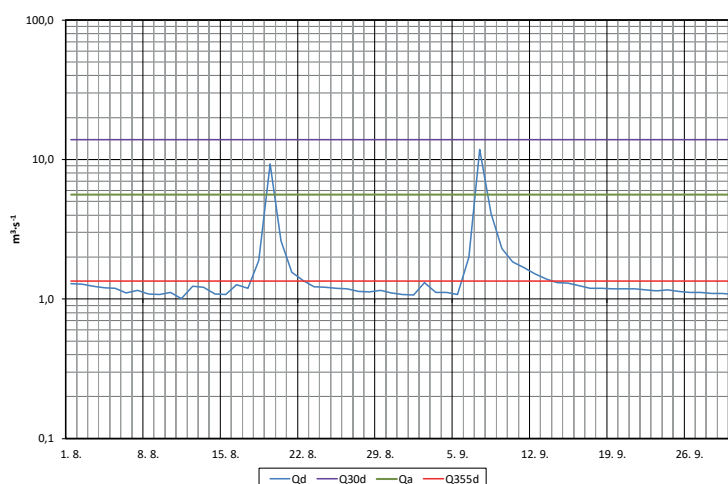
Zhruba od začátku července 2015 započalo velmi výrazné hydrologické sucho, doprovázené vlnami extrémních veder (teploty nad +35 °C) a nedostatkem srážek. Sucho vyvrcholilo v polovině srpna téhož roku, kdy se průtoky ve vodních tocích na většině území ČR pohybovaly významně pod úrovní průtoku Q_{355d} , případně došlo k jejich úplnému vyschnutí. Sucho bylo krátkodobě zmírněno vydatnými srážkami, které se na většině území České republiky vyskytly v období 15.–19. srpna 2015.

Po této události se obnovil příliv tropického vzduchu a vrátil se suchý ráz počasí, který byl ukončen až po 5. září 2015. Následné vlhké severozápadní proudění zapříčinilo orografické zesílení srážek v Jizerských horách, Krkonoších, Orlických horách. Vyhodnocení sucha v roce 2015 se podrobně věnuje zpráva (Daňhelka a kol., 2015).

Srážkové epizody v roce 2015

Významná srážková epizoda, která se vyskytla na začátku druhé poloviny srpna 2015, překvapila tím, že odtoky nedosahovaly ani zdaleka takových velikostí, které by odpovídaly extremitě spadlých srážek. Nejvyšší denní srážkové úhrny totiž přesahovaly 50 mm a místy dosáhly až 80 mm. Nejvydatnější srážky v těchto dnech spadly v pásmu táhnoucím se od Ústeckého kraje napříč územím ČR ke kraji Jihomoravskému a Zlínskému, viz obrázek 1a. Nejvyšší denní srážkový úhrn byl zaznamenán 17. srpna na stanici Bukovinky (ORP Blansko) a činil 81,4 mm, což odpovídá době opakování delší než 50 let. V případě dvou a třídních úhrnů srážek byly na některých stanicích překročeny i 100leté doby opakování.

Významné byly i plošné úhrny srážek. Například na povodí Svitavy k profilu Bílovice nad Svitavou, s plochou povodí 1 120 km², spadlo od 16. do 19. srpna 2015 v průměru 98 mm, z čehož však přímo odtoklo pouze 2,6 mm. Na levostranných přítocích Moravy (Moštěnka, Olšava, Velička) byla situace obdobná. Prakticky veškerá srážková voda se vsákla do půdy, nebo se vypařila. Odtok v podstatě nastal jen z nepropust-



Obr. 2 Průběh průměrných denních průtoků na Jizeře v profilu Jablonec nad Jizerou v roce 2015.

ných ploch. Stupně povodňové aktivity (dále SPA) s výjimkou jediného profilu (1. SPA) nebyly dosaženy. Podíl odtoku ze spadlých srážek byl v rozmezí 2–6 %. Ukazatel API_{30} se před událostí pohyboval v průměru pouze od 3 do 20 mm a jen ojediněle byl vyšší.

Další významnější srážková epizoda se vyskytla 6. září v Krkonoších a Jizerských horách, kdy při orograficky zesílených srážkách spadlo od 40 do 80 mm, což vyvolalo přechodné vzestupy hladin vodních toků, přičemž SPA nebyly dosaženy. Podíl odtoké vody se pohyboval v rozmezí 3–6 %. Ukazatel API_{30} se před událostí pohyboval v průměru od 15 do 35 mm.

Na obrázku 2 je znázorněn průběh průměrných denních průtoků na Jizeře v profilu Jablonec nad Jizerou od 1. srpna 2015 do 30. září 2015. Je zřejmé, že po přechodném zvětšení průtoků docházelo k jejich velmi rychlému zmenšování až pod hodnotu průtoků Q_{355d} , což svědčí o velmi malém podílu podpovrchového odtoku a výrazně zmenšené dotaci z podzemních vod.

Vývoj hydrometeorologické situace a významné srážkové epizody v roce 2016

Také rok 2016 byl jako celek teplotně výrazně nadnormální. Srážkově jej lze sice hodnotit v rámci celé ČR jako normální, ale zejména v povodí Labe nad soutokem s Vltavou došlo k prohloubení deficitu srážek. Úroveň hladin podzemních vod v povodí horního Labe zaklesly hlouběji než v roce 2015 a průtoky se znovu dostaly pod úroveň průtoků Q_{364d} . Vlivem nízkých úrovní hladin podzemních vod se průtoky i po srážkových epizodách rychle zmenšovaly k hodnotám průtoků Q_{355d} , a to i v jiných oblastech. Odtokově byl rok 2016 spíše podprůměrný, v povodí horního Labe dokonce velmi významně. Po počátečním nevýrazném vzrůstu zde pokračoval pokles hladiny podzemních vod na silně podnormální hodnoty.

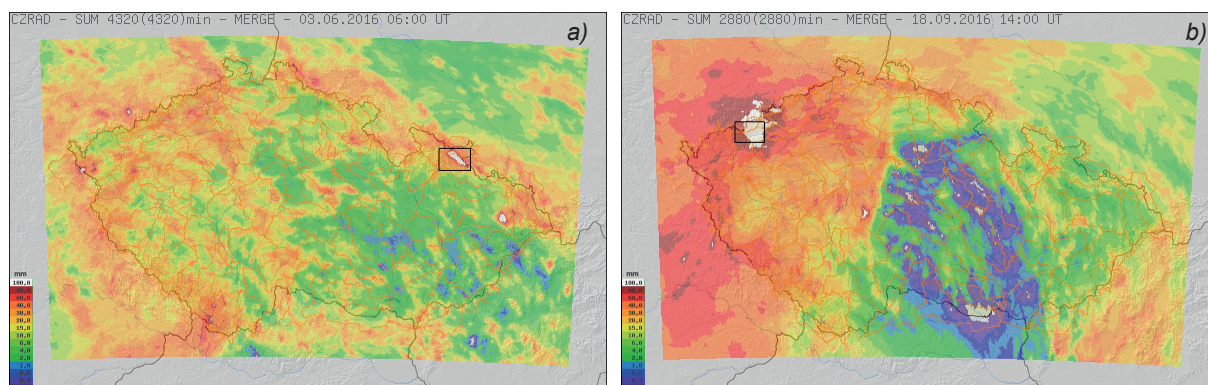
V roce 2016 se rovněž vyskytlo několik významných srážkových situací. Na konci května 2016, konkrétně 31. května v podvečerních hodinách se na srážkoměrné stanici Albrechtice-Žáry (Krnovsko, povodí Opavice) vyskytla velmi intenzivní bouřka s přivalovým deštěm. Za velmi krátkou dobu bylo naměřeno více než 120 mm srážek a v celkovém úhrnu 146 mm, což je v našich klimatických podmínkách výjimečná událost. Takto intenzivní srážky byly lokálního charakteru a například srážkoměr vzdálený jen několik kilometrů zaznamenal 70 mm a v širším okolí stanice se srážky pohybovaly od 10 do 50 mm (Kuba 2016).

Odtoková odezva nebyla vzhledem k extremitě zaznamenaných srážek významná, a to i přesto, že tři dny předtím, 28. května, spadlo na povodí Opavice od 40 do 80 mm srážek a na samotné stanici Albrechtice-Žáry 42 mm. Zatopeno bylo pouze několik sklepů a zahrad a byl zaznamenán odtok ze svažitého terénu v blízkém okolí. Opavice se ze svých břehů sice nevyčila, ale v Krnově byl krátkodobě překročen 2. SPA. Další, již méně významné srážky (do 20 mm), se vyskytly na povodí Opavice ve dnech 29. května a 2. a 3. června.

Od 28. května do 3. června na povodí Opavice spadlo odhadem v průměru až 150 mm srážek, avšak profilem vodoměrné stanice v Krnově na Opavici odtok do 10. června jen 37 mm, což je zhruba 25 % srážkové vody.

Jiná velmi významná srážková situace se vyskytla na začátku druhé poloviny září. Na obrázku 3b je znázorněna klouzavá suma srážek za 48 hodin od 16 hodin dne 16. září do 16 hodin 18. září 2016. Během tohoto období bylo naměřeno na stanici Stráž nad Ohří necelých 97 mm srážek a na stanici Měděnec v Krušných horách dokonce téměř 130 mm srážek. Nelze vyloučit, že lokálně mohlo spadnout na východním návětří Krušných hor i více srážek.

Podobně jako v předchozích srážkových epizodách byl ale vyhodnocen velmi malý odtok ze zasaženého povodí. Průměrná srážka na povodí Bystřice v Ostrově nad Ohří činila něco přes 84 mm, přičemž odtok pouhých 5 mm. Opět se tedy ukázalo, jak podstatný vliv má na následný odtok předchozí nasycenost území, protože ukazatel předchozího nasycení API_{30} se pohyboval pouze od 2 mm v Podkrušnohoří do 15 mm v Krušných horách.



Obr. 3a,b Rozložení úhrnů srážek za 72 hodin od 31. 5. 2016 08:00 do 3. 6. 2016 06:00 SELČ vlevo a za 48 hodin od 16. 9. 2016 16:00 do 18. 9. 2016 16:00 SELČ vpravo, (c) 2017 CHMI Radar Department.

Vývoj hydrometeorologické situace a významné srážkové epizody v roce 2017

Zimní období 2016–2017 bylo jako celek teplotně normální, zejména díky teplotně silně podnormálnímu lednu. Prosinec 2016 a únor 2017 byly ale teplotně slabě nadnormální a březen 2017 silně nadnormální. Z hlediska sněhových zásob lze hodnotit toto zimní období jako průměrné až nadprůměrné, zejména v lednu a únoru. K výraznému odtávání sněhu však došlo již ve třetí dekádě února. Vzhledem k silnému poklesu zásob podzemní vody během roku 2016, nebyla dotace do podzemních vod v zimním a jarním období dostatečná k tomu, aby se hladiny podzemních vod dostaly na své obvyklé hodnoty v tomto období, a většinou zůstaly až do konce roku 2017 silně podnormální.

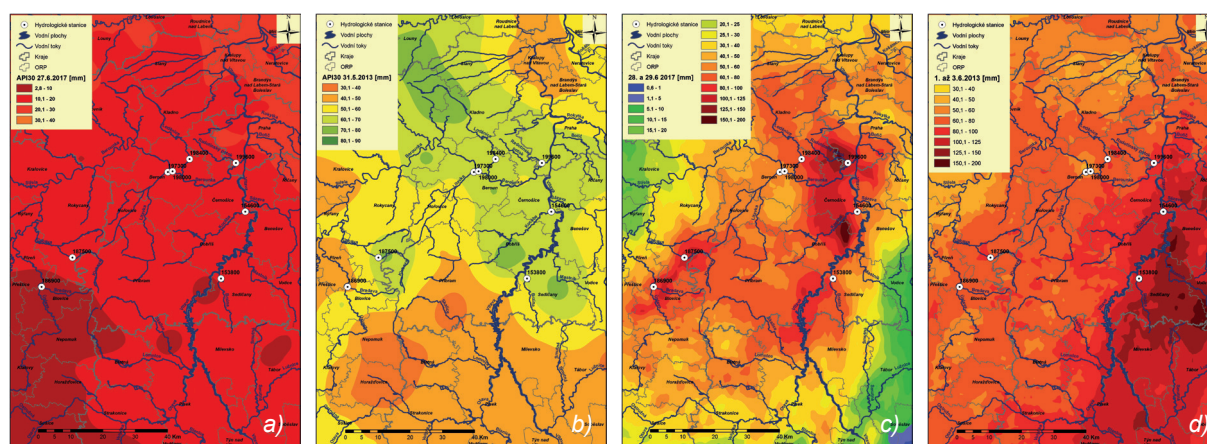
Rok 2017 byl jako celek teplotně nadnormální a srážkově, z pohledu celého území ČR, normální. Ke zmírnění hydrologického sucha došlo až v září a v říjnu v severní polovině území, vlivem vydatných srážek zejména v horských a podhorských oblastech, což se projevilo jak na vzrůstu průtoků, tak i hladin podzemních vod. Naopak k prohloubení hydrologického sucha došlo během roku 2017 na jižní Moravě, zejména v povodí Dyje, kde období od začátku ledna do konce srpna bylo druhé nejsušší od roku 1961.

K nejvýznamnější srážkové události v roce 2017 došlo v ranních a dopoledních hodinách dne 29. 6. 2017, kdy se vyskytly vydatné a velmi intenzivní srážky s úhrny i více než 100 mm za 12 hodin, a to zejména v povodí Radotínského potoka, Kocáby a některých dalších menších přítoků Berounky a Vltavy jižně a jihozápadně od Prahy. Intenzita srážek ojediněle překročila i 40 mm za hodinu. Extremita srážek byla mimořádná, například doba opakování plošných 24hodinových srážek na povodí Radotínského přesáhla 100 let. Podrobněji o této události referuje článek v Hydrologické ročence 2017 (Pecha, Šercl, 2018).

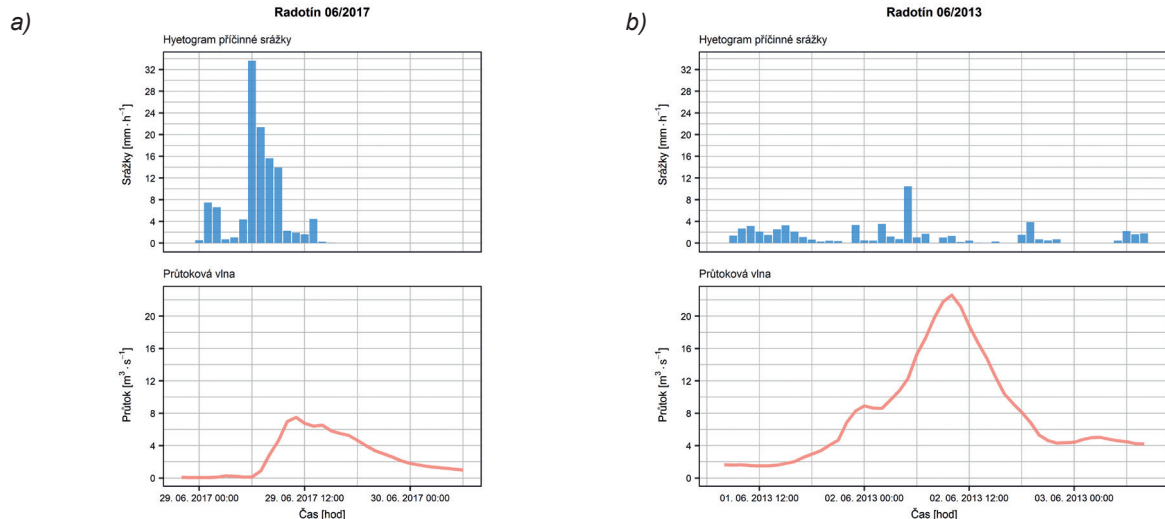
Srážková událost z 29. června 2017 patří z hlediska extremity deště k nejvýznamnějším událostem, které se za dobu pozorování na zasaženém území vyskytly. Přestože intenzita, celkové úhrny i extremita srážek byly velmi významné, následná odtoková reakce tomu neodpovídala. Na Kocábě ve Štěchovicích byl dosažen pouze 5letý průtok a překročen 2. SPA, na již zmíněném Radotínském potoce v profilu Praha-Radotín se jednalo dle vyhodnocení o 2–5letý průtok. V dalších sledovaných profilech byla extremita kulminačních průtoků ještě menší. Obecně

Tab. 1 Velikost API_{30} , příčné srážky, odtoku a podílu odtoku na vybraných povodích.

Id	Tok	Profil	Plocha povodí [km ²]	Událost	API_{30} [mm]	Srážky [mm]	Odtok [mm]	Podíl odtoku ze srážek [%]
153800	Brzina	Hrachov	133,24	2013	58,4	124,9	87,7	70
				2017	11,5	65	1,2	2
154600	Kocába	Štěchovice	308,59	2013	65,1	90,3	42,6	47
				2017	13,8	84	5,5	7
197300	Litavka	Beroun	625,49	2013	56,2	71,8	41,9	58
				2017	12,7	54,5	1,5	3
199600	Radotínský p.	Praha-Radotín	68,21	2013	67,9	73,7	34,1	46
				2017	16,5	116,1	5,2	4



Obr. 4a, b, c, d Ukazatel předchozích srážek API_{30} k 31. 5. 2013 a 27. 6. 2017 (vlevo) a rozložení úhrnů srážek za období 1.–3. 6. 2013 a 28.–29. 6. 2017 zpracované s využitím kombinace radarového měření a měření pozemními srážkoměry (vpravo).



Obr. 5a, b Hyetogram průměrných hodinových úhrnů srážek na povodí Radotínského potoka a hydrogram průměrných hodinových průtoků v profilu Praha-Radotín v červnu 2017 (vlevo) a v červnu 2013 (vpravo).

velmi malý byl podíl objemu odtoku vůči objemu spadlých srážek, který na vyhodnocených povodích nepřesáhl 8 %. Důvodem k relativně nevýznamné odtokové odezvě bylo zejména velmi nízké předchozí nasycení půdy (viz obrázek 4 b), do které se drtivá většina srážkové vody vsákla.

Úhrny srážek z 29. června 2017 byly svou velikostí srovnatelné se srážkovými úhrny z 1., resp. 2. června 2013 (obrázky 4 c, d), ale intenzita srážek byla podstatně menší, viz obrázek 5 a, b. Následná odtoková odezva byla velmi výrazná s výskytem kulminačních průtoků s dobou opakování 100 let. Důvodem bylo vysoké až extrémní nasycení půdy (obr. 4 a, tabulka 1).

Vývoj hydrometeorologické situace a významné srážkové epizody v roce 2018

Ani zimní období 2017–2018 dlouhodobě nepříznivou situaci příliš nezměnilo, zima sice trvala (po velmi teplém lednu) až do začátku dubna, ale vlivem teplotně silně nadnormálního dubna většina sněhu z horských poloh velmi rychle již během tohoto měsíce roztála. Navíc už od února byly na našem území podnormální srážky, a tak vzhledem k teplotám už od dubna převažoval, zejména v nižších polohách, výpar. Sucho se tak na většině území začalo opětovně prohlubovat od jarních měsíců. Také rok 2018 byl jako celek teplotně silně nadnormální a srážkově podnormální a z hlediska hydrologického sucha ještě významnější než rok 2015, viz zpráva (Daňhelka, Kubát, 2019).

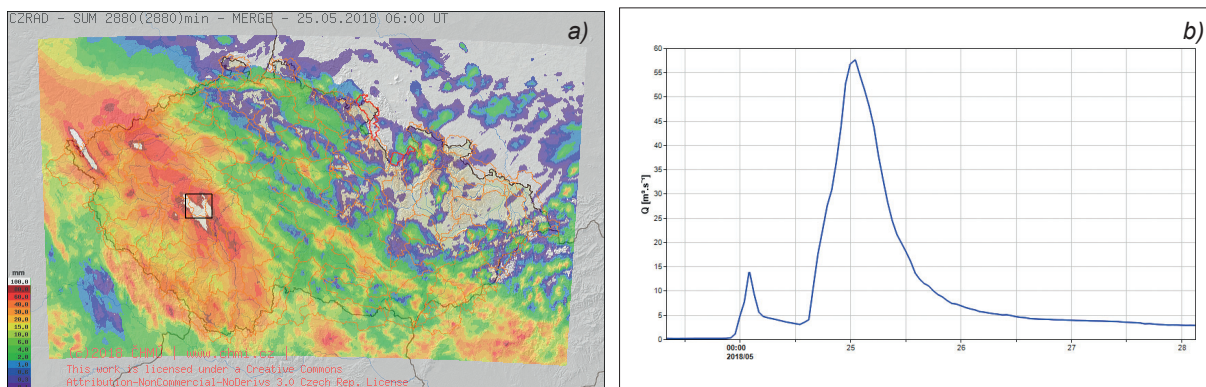
Během roku se vyskytlo opět několik významných srážkových epizod. Podrobněji je zmíněna významná srážkoodtoková událost, která zasáhla Brdy a blízké okolí ve třetí dekádě května (obrázek 6 a, b) a rozebrány jsou také extrémní srážkové situace z 12. června na Šumavě a z období od 17. do 19. července, kdy bylo zasaženo zejména severozápadní návětrí Beskyd, viz obrázek 7 a, b.

Během noci z 23. na 24. května se vyskytly intenzivní srážky v Brdech a jejich okolí, zejména v povodí Litavky. Ve srážkoměrných stanicích bylo naměřeno většinou od 30 do 50 mm, ale dle vyhodnocení radarových odrazů spadlo lokálně za několik hodin 60 až 80 mm. Tyto srážky vyvolaly v povodí Litavky první odtokovou odezvu, která však nebyla nijak významná (podíl odtoku činil zhruba 7 %), ale došlo k nasycení povodí. Již 24. května v odpoledních hodinách ale začalo v povodí Litavky pršet znovu. Zpočátku občasně a později trvalé a vydatné srážky se v tomto povodí vyskytovaly až do brzkých ranních hodin 25. května. Zhruba za 16. hodin napršelo, zejména v horní části povodí Litavky, 40 až 80 mm srážek a lokálně ještě více.

Nasycenost území byla již před první srážkovou epizodou v této oblasti poněkud vyšší než v okolí (10–25 mm), protože se zde již 9. května vyskytly srážky okolo 30 mm. Také v dalších dnech se v této oblasti vyskytovaly srážky občasněho charakteru a po první srážkové epizodě 24. května v ranních hodinách se ukazatel API_{30} pohyboval od 40 do 60 mm.

Vzhledem k vyšší nasycenosti povodí byla odtoková odezva po druhé vlně srážek podstatně významnější. Na povodí Litavky, k profilu vodoměrné stanice v Čenkově, spadlo za obě srážkové epizody v průměru 112 mm srážek a podíl odteklé vody činil 24 %. V profilu Čenkov byl překročen 3. SPA s dobou opakování kulminačního průtoku cca 20 let. SPA byly dosaženy i na některých jejích přítocích.

Jen na okraj je nutno zmínit, že zcela chybnou interpretaci příčin výskytu této povodňové situace přinesl článek v místním tisku „Bleskové povodně způsobilo především předchozí dlouhodobé sucho“ (Spáčilová 2018), který se drží některých stávajících teorií, že suchá půda přispívá k většímu odtoku při výskytu intenzivních srážek.



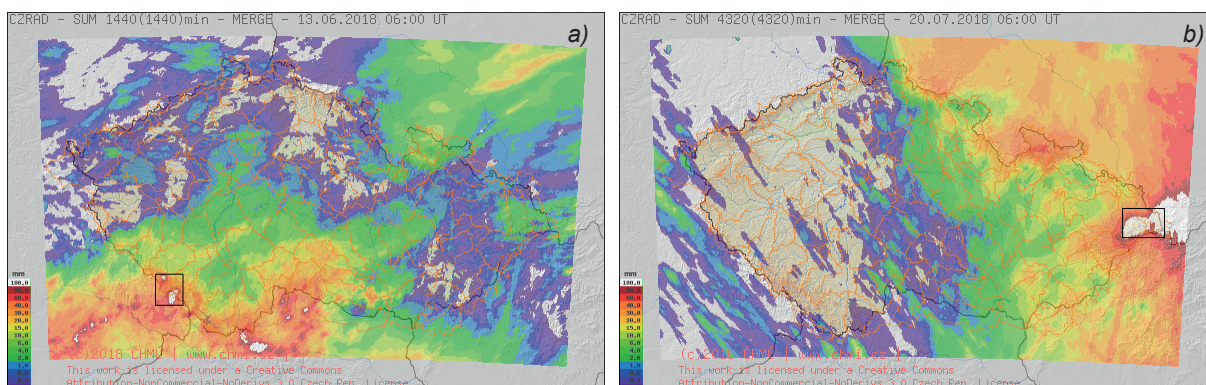
Obr. 6a, b Rozložení úhrnů srážek za 48 hodin od 23. 5. 2018 08:00 do 25. 5. 2018 08:00 SELČ, (c) 2017 CHMI Radar Department (vlevo) a hydrogram průměrných hodinových průtoků v profilu Čenkov-Litavka (vpravo).

Další významná srážkoodtoková událost se vyskytla 12. června 2018. Mezi 16. a 17. hodinou daného dne se nad Šumavou začaly vytvářet bouřky, které o hodinu později zesilovaly a na Plechém již bylo naměřeno za jednu hodinu více než 33 mm srážek. Bouřková jádra byla dlouhou dobu stacionární, což vedlo k velmi vysokým celkovým srážkovým úhrnům. Mezi 18. a 19. hodinou se vytvořily ještě další jádra a na Bučině bylo naměřeno za jednu hodinu i více než 60 mm srážek. Teprve mezi 19. a 20. hodinou začala bouřková jádra slábnout a rozlévat se do šířky a intenzita srážek výrazně poklesla. Přesto bylo naměřeno na Bučině dalších téměř 30 mm srážek a na stanici v Borových Ladech téměř 25 mm. Mezi 20. a 21. hodinou bouřková činnost sice dále slábla, ale i tak se ještě vytvořilo jedno významné bouřkové jádro o něco západněji, tentokrát v povodí Vydry. Jádro srážek přímo nezasáhlo žádnou srážkoměrnou stanici, takže úhrny v centru bouřkového jádra jsou jen velmi orientační. Odhadem spadlo během jedné hodiny přes 50 mm srážek. Srážkoměrná stanice ve Filipově Huti naměřila 14 mm. Také v další hodině intenzivní srážky z tohoto bouřkového jádra pokračovaly, stanice Filipova Huť naměřila téměř 20 mm a v centru jádra se opět mohlo jednat o dalších až 50 mm za hodinu.

Celkově bylo naměřeno na Plechém 82 mm, v Srní 99 mm srážek a na Bučině více než 127 mm. a Na ostatních stanicích v blízkém okolí bylo naměřeno většinou od 30 do 60 mm, přičemž drtivá většina srážek spadla během dvou až tří hodin, viz obrázek 7a.

Nasycenost území předchozími srážkami v oblasti Šumavy byla vyšší než u dříve zmíněných událostí, protože po dobu několika dní před výskytem této extrémní srážkové epizody se nad Šumavou vytvářely lokální přeháňky a bouřky. Den před událostí se navíc vyskytly i trvalejší srážky s úhrnem 10 až 30 mm. Hodnoty API_{30} se pohybovaly v rozmezí od 35 do 65 mm, ale například na Kvildě a v Srní činily 80–90 mm. Podíl odtoku se vzhledem k vyššímu předchozímu nasycení pohyboval v rozmezí 20–30 % a na některých tocích byly dosaženy SPA, konkrétně na Teplé Vltavě v Chlumu 2. SPA a na Otavě v Rejštejně dokonce 3. SPA.

Během července se vyskytla další, co do celkových úhrnů srážek, velmi významná srážková událost, tentokrát na severním a severozápadním návětrí Beskyd. Srážky začaly vypadávat 17. července a nejsilnější byly 18. a 19. července. Nejvydatnější byly na návětrí Moravskoslezských Beskyd, kde bylo naměřeno, konkrétně na Lysé hoře, až 230 mm a i stanice Nýdek-Filipka zaznamenala téměř 200 mm. Srážky se v oblasti Beskyd vyskytovaly i v týdnu před touto událostí. Nasycenost povodí dle API_{30} se pohybovala nejčastěji od 10 do 30 mm a na horských stanicích ojediněle až okolo 40 mm, viz obr 7 b.



Obr. 7 a, b Rozložení úhrnů srážek za 24 hodin od 12. 6. 2018 08:00 do 13. 6. 2018 08:00 SELČ (vlevo) a za 72 hodin od 17. 7. 2018 08:00 do 20. 7. 2018 08:00 SELČ (vpravo), (c) 2017 CHMI Radar Department.

Tab. 2 Velikost API_{30} , příčinné srážky, odtoku a podílu odtoku na vybraných povodích.

Lokalita	Datum	API_{30} [mm]	Srážky na povodí [mm]	Odtok [mm]	Podíl odtoku ze srážek [%]
střední Čechy	1.–2. 6. 2013	50–70	65–100	25–88	40–70
ČR	16.–19. 8. 2015	2–25	75–105	2–5	2–6
Jizerské hory	5.–6. 9. 2015	15–35	40–60	2–4	3–6
Krnovsko	5/31/2016	2–15	150	37	25
Krušné hory	16.–18. 9. 2016	2–15	84	5	6
střední Čechy	6/29/2017	8–16	50–100	1–6	2–8
Příbramsko	23.–24. 5. 2018	10–25	112	27	24
Šumava	6/12/2018	35–65 (80–90)	50–80	10–25	20–30
Beskydy	17.–19. 7. 2018	10–40	100–175	30–110	25–60

Následná odtoková odezva nebyla sice z hlediska dosažení stupňů povodňové aktivity výrazná (pouze na Ropičance byl dosažen 2. SPA), ale zvětšené průtoky setrvaly ve vodních tocích po dobu několika dní po události. Dominantní složku odtoku tvořil zřejmě podpoверхový svahový odtok. Podíl odtoku ze srážek na jednotlivých povodích se velmi lišil a pohyboval se od 25 do 60 %, na povodí Ropičanky i více, ale odhad výšky spadlých srážek byl na tomto malém povodí značně nejistý.

Shrnutí

Výsledky z hodnocených srážkoodtokových událostí obsahuje následující přehledná tabulka 2, kde je pro každou ze srážkových epizod uvedeno datum události, předchozí nasycení povodí v mm (API_{30}), rozpětí srážkových úhrnů a podíl odtokové vody z vybraných povodí.

Z tabulky je zřejmé, že vliv předchozího nasycení území, vyjádřeném zde hodnotou ukazatele předchozích srážek API_{30} , na následnou odtokovou odezvu je značný, a je dominantní i v horských oblastech.

Závěr

Období let 2014–2018 se vyznačovalo převážně nadnormální teplotou vzduchu a převážně podnormálními srážkami, což mělo za následek postupné prohlubování hydrologického sucha v povrchových i podzemních vodách na většině území České republiky, a to včetně horských oblastí. Během tohoto období se vyskytlo několik významných srážkových epizod, což mimo jiné umožnilo posoudit, jak vyschlá půda dokáže absorbovat srážkovou vodu. Znovu zde připomínáme, že v médiích můžeme velmi často slyšet tvrzení typu, že „suchá půda nebere vodu“.

Při rozboru vybraných srážkových epizod se tato tvrzení neprokázala. Naopak se jednoznačně ukázalo, že předchozí nasycení území hraje naprosto zásadní roli při formování přímého odtoku, a to i za situace vydatných a zároveň intenzivních srážek. Nasycení půdy v období 2015–2018 bylo převážně velmi malé a za této situace podíl odtokové vody obvykle nepřesahoval 10 %. Podíl odtoku byl vyšší pouze tehdy, pokud se v krátké době za sebou vyskytlo několik srážkových epizod. Významnější povodně, s dobou opakování více než 5 let, se až na řídké výjimky prakticky nevyskytly. Oproti tomu na začátku června 2013 bylo nasycení půdy extrémní, takže odtoky při srovnatelných srážkových úhrnech byly až několiknásobně větší a výsledkem byly katastrofální povodně s dobou opakování i více než 100 let.

Literatura:

- DAŇHELKA, J., a kol. 2015. Vyhodnocení sucha na území České republiky v roce 2015 (kompletní zpráva). Praha, ČHMÚ, MŽP, 204 s. [online]. [cit. 11. 3. 2019]. Dostupné z [www: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/zpravy/Sucho_2015_kompletni_zprava.pdf](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/zpravy/Sucho_2015_kompletni_zprava.pdf).
- DAŇHELKA, J., KUBÁT, J., 2019. Sucho v roce 2018 (předběžné hodnocení). Praha, ČHMÚ, 85 s. [online]. [cit. 11. 3. 2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2019/Predbezna_zprava_o_suchu_2018.pdf.
- KUBA, F., 2016. Žáry: za hodinu napršelo víc než za celý měsíc. [online]. [cit. 11. 3. 2019]. Dostupné z [www: https://bruntalsky.denik.cz/zpravy_region/zary-za-hodinu-naprshelo-vic-nez-za-cely-mesic-20160604.html](https://bruntalsky.denik.cz/zpravy_region/zary-za-hodinu-naprshelo-vic-nez-za-cely-mesic-20160604.html).
- PECHA, M., ŠERCL, P., 2018. Přívalové srážky 29. června 2017. Hydrologická ročenka České republiky 2017, Praha, s. 169–174. ISBN 978-80-87577-86-8. [online]. [cit. 11. 3. 2019]. Dostupné z: <http://voda.chmi.cz/hr17/pdf/kap5.pdf>.
- SPÁČILOVÁ, Š., 2018. Bleskové povodně na Příbramsku 26. 5. 2018. [online]. [cit. 11. 3. 2019]. Dostupné z [www: https://pribramsky.denik.cz/zpravy_region/bleskove-povodne-zpusobilo-predevsim-predchozi-dlouhodobu-sucho-20180526.html](https://pribramsky.denik.cz/zpravy_region/bleskove-povodne-zpusobilo-predevsim-predchozi-dlouhodobu-sucho-20180526.html).

Západní Šumava, její typické povodně a jejich příčiny

LIBOR ELLEDER¹, TOMÁŠ VLASÁK², JOLANA ŠÍROVÁ³

¹ Český hydrometeorologický ústav, Praha, libor.elleder@chmi.cz, ² Český hydrometeorologický ústav, pobočka České Budějovice, tomas.vlasak@chmi.cz, ³ Český hydrometeorologický ústav, Praha, jolana.sirova@chmi.cz

Úvod

Konference věnovaná Šumavě je příležitostí prezentovat i některé starší hydrologické práce dotýkající se Šumavy. Připomeneme disertační práce hydrologa pobočky CHMU v Českých Budějovicích T. Vlasáka (Vlasák, 2008), jejímž cílem byl přehledný archiv povodní sloužící k typizaci druhů povodní a příčinných povětrnostních situací pro období 1890–2008. Autor navrhl automatizovaný systém vyhledání analogu, u nějž lze očekávat podobnou odtokovou odezvu, případně poslouží při předpovědi povodně jako rychlá a užitečná informace. Druhá studie vznikla ve spolupráci Muzea Šumavy v Sušici (PhDr. Lhoták) a centrálního předpovědního pracoviště (CPP) v Praze. Byla věnována povodním v před instrumentálním (1432–1875), ranně instrumentálním (1875–1890) a zčásti instrumentálním období hydrologie (1890–1900). Smyslem bylo shromáždit co nejúplnější soubor dokumentárních zdrojů a provést jejich interpretaci a zhodnocení, a to z hlediska významnosti i sezonality povodní. Třetí, zatím nepublikovaná studie se dotýká výskytu sucha, přivalových povodní a jiných extrémů v Čechách, a také na Šumavě v letech 1861 až 1875 a jejich vlivu na vznik hydrografické komise království Českého. Studie není publikována (v recenzním řízení), proto se soustředujeme pouze na zprávy o povodních.

Metodika

Ve studii (Elleder, Lhoták 2013) bylo pro období mezi lety 1432 a 1900 doloženo 45 případů povodní v Sušici (z celkových 133 případů v celém povodí Otavy). Ty byly tříděny pro odlišení sezonality podle navrženého systému (Elleder 2016) v tab. 1. Rok je zde rozdělen na 11 období, z toho 6 letních (S) a 5 zimních (W). U letních povodní jsme pak dále rozlišovali regionální a přivalové povodně.

Aby bylo možné odlišit významnost jednotlivých povodní, byla nutná znalost současného i historického místopisu, kde jsme měli podporu zejména u PhDr. Lhotáka z muzea v Sušici. Jednotlivé povodně jsme mohli začlenit do kategorií 1–3, resp. 4, pro zcela mimořádnou událost (tab. 2). Absolutní výška některých povodní mohla být stanovena např. podle zatopení náměstí či kostela v Sušici, u starších povodní zejména podle škod.

Při vyhledávání povodňového analogu pro povodně v letech 1890–2008 použil Vlasák (2008) především následující ukazatele:

- Pořadové číslo dne v kalendářním roce
- Srážkové úhrny a rozložení srážek jeden či dva dny před povodní
- Ukazatel předchozích srážek (UPS resp. API)
- Průměrný průtok den před povodní.

K tomu je příslušná databáze povodní (1890–2008) v profilech: Sušice, Heřmaň, Katovice, Písek. Události jsou vybrány podle kritéria pro kulminační průtok při dosažení či překročení Q_1 v Písku. Každá událost má svůj list se stručným popisem a průběhem vybraných meteorologických a hydrologických, případně jejich rozložením (srážkový

Tab. 1 Období pro vyjádření sezonality povodní.

Typ	Období	Popis typu
W_{DE}	15.12.–10.1.	Období "vánočních" oblev,
W_{JF}	10.1.–9.2.	Obleva na přelomu leden/ únor
W_{F2}	10.2.–9.3.	Období kolem „sv. Matěje“
W_{M2}	10.3.–5.4.	Konec velmi dlouhých zim
W_{AP}	6.4.–25.4.	Přechodné období
S_{MA}	26.4.–9.6.	Období „časného“ léta
S_{JU}	10.6.–10.7.	„Medardovské“ povodně
S_{JL}	10.7.–5.8.	„Post medardovské“ období
S_{as}	5.8.–20.9.	Pozdní léto
S_L	10.9.–10.11.	Přechod léto–podzim
SW_{NO}	11.11.–14.12.	Přechod: letní, ale i zimní

Tab. 2 Užitá škála pro klasifikaci velkých vod (Sturm et al. 2001, Brázdil et al. 2006b). Pozn. Yf= extremita povodně.

Yf	Popis	Extremita
1	nižší povodeň (došlo k vybřežení a dochází k mírným škodám zejména na loukách a polích)	$> Q_{10}$
2	odpovídá významné povodni, kdy již dochází ke škodám na budovách	$> Q_{50}$
3	dochází k velkým škodám na budovách, stržení mostů aj.	Q_{50} , až Q_{100}
4	vyhrazen zcela mimořádné povodni na úrovni vymykající se srovnání	$> Q_{100}$

Tab. 3 Přehled povodní v Sušici na Otavě v letech 1432–1900 z hlediska jejich sezonality. Roky zimních povodní (modře), letních (červeně) a přivalových (menší kursiva), šedě povodně s nejvyšší extrémitou (3,4) a běžově (2). Sumace povodní: celkem/ (jen kategorie 3, 4). Povodně ve 20. století jsou vybrány nad průtokem Q_5 .

Typ Datum	W_{NO+DE} 11.11.–10.1.	W_{JF} 10.1.–9.2.	W_{F2} 10.2.–9.3.	W_{M2+AP} 10.3.–25.4.	S_{MA+JU} 26.4.–9.7.	S_{JL} 10.7.–5.8.	S_{as} 5.8.–20.9.	S_L 10.9.–10.11.
15. století	–	–	–	–	–		–	–
16. století	1559	–			1515	1572	1501	
					1582			
					1599			
17. století	1610		1655?			1626		
	1664							
18. století	1740		1718		1767			
	1779		1784		1783			
	1783		1799					
19. století	1869	1832	1810	1845	1829	1858	1888	1833
	1875	1834	1827		1854	1883	1890	
	1882	1862	1830		1856	1897	1899	
	1885		1876		1869			
	1890		1881		1875			
			1885		1876			
20. století	1993		2008	2009	1940	1980	2002	
	1998				1954			
	2003				2006			
	2015							
suma	16/4	3/0	11/1	2/0	6/0	6/0	5/1	1/0

úhrn). Jsou tak dostupné informace pro den povodně a předchozí 3 dny (synoptická situace, tlakové pole), resp. 5 dnů (synoptická typizace, rychlost a směr větru, průměrná denní teplota vzduchu, prostorové rozložení srážek) ve stanicích Churáňov, Strakonice a průběh odtoku ve výše zmíněných stanicích. Navíc je tu i rozložení příčinné dvoudenní srážky a schematicky oblast jádra srážek. Tento archiv tak nabízí užitečnou možnost intuitivního hledání jako alternativu k automatizovanému systému vyhledávání analogů.

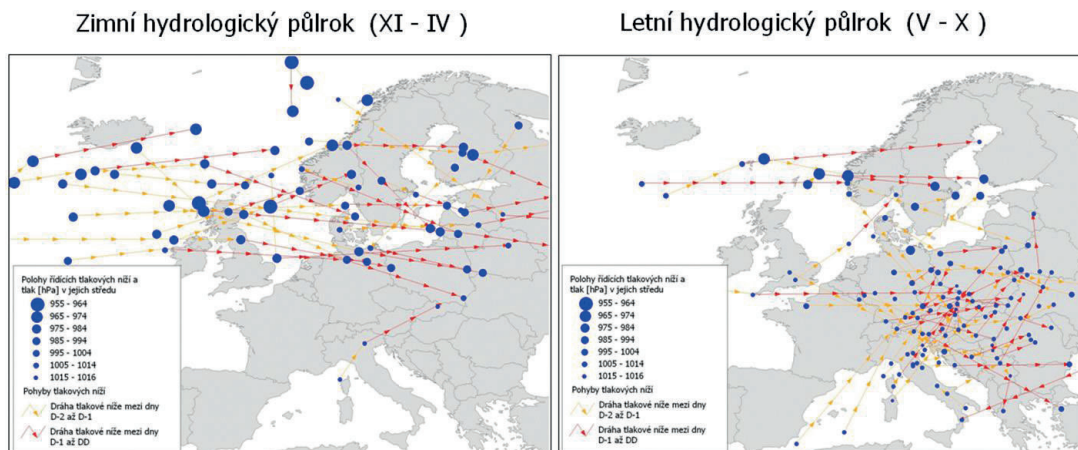
Pro zpracování celkového přehledu povodní horní Otavy jsme pak užili spojení souborů:

- Elleder, Lhoták (2013) pro roky 1432 až 1900,
- Vlasák (2008) pro roky 1890–2008,
- doplnění pro roky 2018–2019 podle databáze a podle povodňových zpráv dostupných na portálu ČHMU (Portál ČHMU-Povodňové zprávy).

Výsledky

Z doložených 45 případů významných povodní horní Otavy (ač některé jsou zatím doloženy nepřímo jako zimní povodeň 1655) jsou podle tab. 3 nejčtenější typy WNO a WDE (celkem 16 případů, 4 extrémní), tedy povodně v období časně zimy. Příčinou bývalo předcházející silné sněžení, vrstva nového sněhu, později vpád teplého vzduchu, vydatný déšť, silný vítr a pravděpodobně vysoká vlhkost vzduchu. Typický je příklad r. 1740, kdy tání bylo urychleno vichřicí z 20. prosince (Elleder, Lhoták 2013, Brázdil et al., 2017). Tato událost je zatím známější rozsáhlou větrnou kalamitou, která decimovala i šumavské lesy. Jedna z nejvýznamnějších sušických povodní, z 23. listopadu 1890, měla podobný scénář: „následkem bouře, která strašlivě burácela v pohoří Šumavském – hrom tloukl – silné proudy deště se lily, tak že se to podobalo průtrži mračen, liják strhl s sebou čerstvě napadlý sníh, kterého místem leželo až 1 metr vysoko“ (Elleder, Lhoták, 2013). V Sušici jsou doloženy i významné povodně po velmi tuhých zimách v letech 1784, 1830 a 1845. Tyto tři roky se u nás řadí mezi nejtěžší zimy vůbec (Munzar, Kakos, 2000).

Specifické byly i povodně roku 1882, 1885 a 1888, které vedly někdy k extrémnímu lokálnímu vzestupu hladin ovšem zčásti následkem ledové dřenice.



Obr. 1 Dráhy středu tlakových níží u povodní v zimní/letním hydrologickém půlroce (Vlasák, 2008).

Na druhém místě (celkem 11 případů, 1 extrémní) jsou povodně typu W_{F_2} (konec února až začátek března). Časnější lednové povodně W_{JF} (3 případy) i pozdní případy W_{M_2+AP} (2 případy) na konci března a v dubnu jsou méně četné. Celkem je tedy doloženo 32 případů zimních povodní z toho 6 extrémních.

Oblast Pošumaví trpěla i lokálními přívaly na přítocích horní Otavy, které připadají většinou na měsíc červen (8 případů). Na horní Otavě jsou poněkud méně četné významné letní povodně způsobené několikedenními dešti. Jejich počet je pro typy S_{MA+JU} (6 případů), S_{as} (4 případy) a S_{JL} (3 případy) výrazně nižší, jedná se o celkem 12 případů a jeden typ z pozdního léta, tedy 13 událostí. Z nich extrémní byla jen povodeň r. 1501 (doložena pro okolí Rabí). Tyto situace jsou totiž nebezpečnější pro povodní Blanice a dolní část povodí Otavy. V Písku patří mezi nejvýznamnější povodně v červenci 1432, srpnu 1501 a 1598 (nejisté), září 1890 a 1899 a srpnu 2002. Podobně jsou ale v Písku doloženy velké i zimní povodně v únoru 1655 a 1784 a únorový ledochod 1768. Sezonalita povodní je v Písku prostě mnohem bližší sezonalitě povodní typické pro dolní Vltavu v Praze. Má dva rovnocenné vrcholy četnosti: zimní a letní (Elleder 2016). Příčinné situace, jak potvrzují i dráhy řídicích tlakových níží (obr. 1) v zimním a letním období se odlišují v oblasti Šumavy podstatně.

Závěr

V povodí horní Otavy byly zaznamenávány nejvýznamnější povodňové situace v listopadu a prosinci. Jako rizikové je toto období potvrzeno spolehlivě daty získanými za uplynulých pět století, a to jako v období LIA, tak po jeho skončení po r. 1850. Na druhém místě je období druhé a třetí dekadý února a první dekadý března. Tím se tato oblast výrazně odlišuje jak od povodí dolní Otavy, tak patrně od většiny dalších oblastí u nás.

Literatura:

- Portál CHMU. Povodňové zprávy [online]. [cit. 11. 3. 2019]. Dostupné z [www: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/povodnove_zpravy.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/povodnove_zpravy.html).
- BRÁZDIL, R., KUNDZEWICZ, Z. W., BENITO, G., 2006. Historical hydrology for studying flood risk in Europe. *Hydrological Sciences Journal*, Vol. **51**, s. 739–763.
- BRÁZDIL, R., SZABÓ, P., DOBROVOLNÝ, P., ŘEZNÍČKOVÁ, L., KOTYZA, O., SUCHÁNKOVÁ, S., VALÁŠEK, H. 2017. Windstorm of the eighteenth century in the Czech Lands: course, extent, impacts. *Theoretical and Applied Climatology*. Roč. **129**, 1–2, s. 623–632. ISSN 0177-798X.
- ELLEDER, L., LHOTÁK, J., ŠÍROVÁ, J., DRAGON, Z. 2014. Historické povodně na Otavě v letech 1432 až 1900 a jejich dokumentární zdroje, Vlastivědný sborník Šumavy, VIII, s. 183–326.
- ELLEDER, L., 2016. Proxydata v hydrologii. Řada pražských průtokových kulminací 1118–1825, ČHMÚ Praha, 103 s. ISBN 978-80-87577-44-8.
- MUNZAR, J., KAKOS, V., 2000. Floods in Central Europe after the exceedingly severe winter season 1829/1830. *Moravian Geographical Reports*, Vol. **8**, s. 45–57.
- STURM, K., GLASER, R., JACOBET, J., DEUTSCH, M., BRÁZDIL, R., PFISTER, C., LUTERBACHER, J., WANNER, H., 2001. Hochwasser in Mitteleuropa seit 1500 und ihre Beziehung zur atmosphärischen Zirkulation. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, Vol. **145**, s. 14–23.
- VLASÁK, T. 2008. Návrh databanky povodní Otavy a její využití v protipovodňové ochraně, Praha 2008. Disertační práce, katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy.

Využití meteorologických dat v hydrologickém modelování na příkladu malého povodí horní Vydry

LUKÁŠ VLČEK¹, VÁCLAV ŠÍPEK²

¹ Ústav pro hydrodynamiku, AV ČR, v. v. i. Praha a Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha, vlcek@jh.cas.cz, ² Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha

Úvod

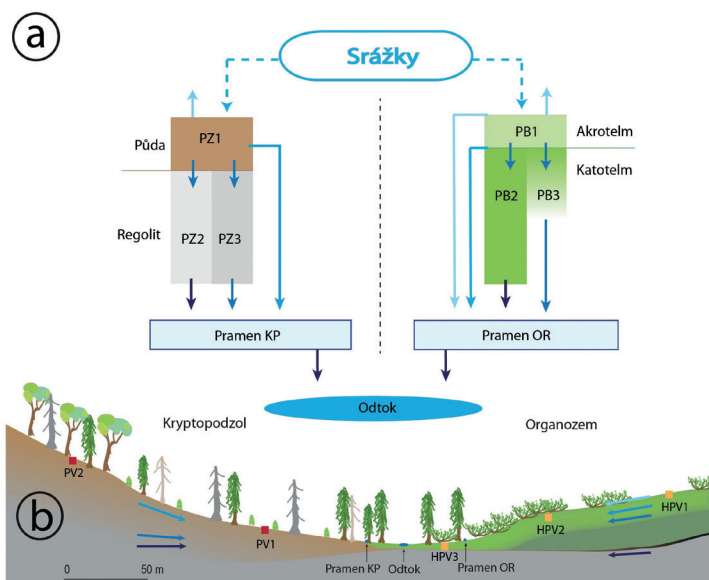
Pramenné oblasti vodních toků představují z důvodu zvýšených srážkových úhrnů zdrojová území formování odtoku. Tyto oblasti mohou být velmi heterogenní z hlediska řady fyzikogeografických aspektů. Pramenná oblast Vydry je tvořena poměrně homogenními, dobře vyvinutými, údolními s drobnými vodními toky. Z pohledu půd, které jsou jedním z hlavních faktorů tvorby odtoku z povodí, jsou zdejší povodí kryta dvěma dominantními půdními typy – kryptopodzol a organozem (rašelina). V podobných oblastech je proto klíčové se věnovat mimo jiné vlivu těchto půd na hydrologický režim zdejší krajiny a na tvorbu odtoku. Řada studií ohledně vrchovišť (rašelinišť) poukázovala na jejich významný vliv na hydrologické poměry v krajině. Jejich plošné zastoupení je v šumavských povodích značně variabilní – od nepatrných ploch až po majoritní zastoupení s ohledem na velikost zájmového území. V pramenné oblasti Vydry se jejich podíl na celkové rozloze pohybuje v průměru mezi 20–30 % (Buřková 2013; rašelinná ložiska databáze VÚMOP). Hydrologickou funkcí rašelinišť se ve světě i doma zabývala řada autorů. Jejich práce se ale zaměřují převážně na čisté rašeliništní plochy. Naproti tomu bylo v oblasti Otavy provedeno několik studií, které hydrologický význam rašelinišť zkoumaly z širšího pohledu, resp. na větším území (Ferda, 1971; Janský, 2008). Tyto práce ale mimo hlavní závěry v jisté míře poukázaly na nedostatek informací o vlastnostech a stavu zájmového území, které jsou nezbytné pro hodnocení vodního režimu (například režim půdní a podzemní vody nebo výpar).

Tento příspěvek se zabývá hodnocením malého výzkumného povodí tvořeným dvěma dominantními půdními typy pramenné oblasti Vydry. Díky tomu lze lépe studovat jednotlivé aspekty formování odtoku v této oblasti. Hydrometeorologická měření jsou doplněna hydrologickým modelem ve snaze odhadnout míru zapojení různých složek povrchového a podpovrchového proudění a jeho vliv na odtokový proces.

Metodika

Popis povodí

Zájmová lokalita se nachází v západní části povodí Vydry a je součástí pramenné části potoku Rokytky. Plocha povodí činí cca 0,6 km². Nadmořská výška se pohybuje přibližně v rozmezí 1 100 až 1 200 m n. m. Povodí je i přes svoji horskou polohu poměrně ploché. Průměrný sklon svahů dosahuje pouhých 4°. Povodí pokrývá z 60 % organozem v různých formách, zbylých 40 % je tvořeno převážně kryptopodzolem. Jen malé plochy jsou pak pokryty méně vyvinutými půdami např. rankery. V rašeliništní vegetaci lze jasně vymezit vrchoviště horského typu, které je obklopeno podmáčenými smrčínami a minerotrofními ostřicovými rašeliništi. V centrální části těchto vrchovišť jsou zachované přirozeně nelesní partie. Při okraji rašelinišť se nachází menší plochy rašelinných a podmáčených smrčín (Buřková 2009). Zbylou lesní vegetaci tvoří hlavně smrkový les s příměsí jedle a buku. V současnosti dominuje tzv. „mrtvý“ les, který se pomalu zaplňuje převážně smrkovým náletem a travinami.



Obr. 1 Převládající směry proudění v odtokovém procesu v povodí; a) schéma toku vody; PZ/PB – složky půdního systému z hydrologického pohledu: PZ1 – půda, PZ2 – regolit (zvětralina) s dominantním preferenčním prouděním, PZ3 – regolit (zvětralina) s dominantní pomalou redistribucí vody, PB1 – vrchní vrstva organozemi do cca 70 cm, PB2 – katotelm s pomalou redistribucí vody do toku, PB3 – katotelm s preferenčním prouděním; b) příčný profil zájmovým povodím: PV – místo měření tlaku půdní vody; HVP – místo měření podzemní vody ve vrchovišti; šipky naznačují odhadnutý směr proudění vody do toku.

Vstupní data

Hydrologická / pedologická data byla získána přímým měřením v terénu v průběhu 5 hydrologických let (2013 až 2017). Jde o data půdní vlhkosti odvozené z retenčních křivek a z měření potenciálu půdní vody ve dvou hloubkách (20 a 60 cm) na dvou lokalitách (PV1, PV2, obr.1), hladiny podzemní vody na 5 místech ve vrchovišti: 1x HPV1 v horní části vrchoviště, 2x HPV2 ve střední části, 2x HPV3 v dolní části vrchoviště, resp. v podmáčené smrčtině. Vodní stav byl měřen automaticky v závěrovém profilu (Odtok, obr. 1) a také manuálně jediných dvou pramenů (pramen KP a OR na obr. 1). Teploty a vlhkosti vzduchu byly měřeny cca 300 m od povodí automatickými stanicemi. Rychlost větru a sluneční radiace musely být převzaty ze stanice na Modravě (cca 8 km). Veškeré zde zmíněné stanice provozuje Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy. Odhad dominantního směru proudění vychází z klasifikace hydrologických skupin půd (Boorman 1995) a klasifikace dominantního směru proudění (Scherrer 2003).

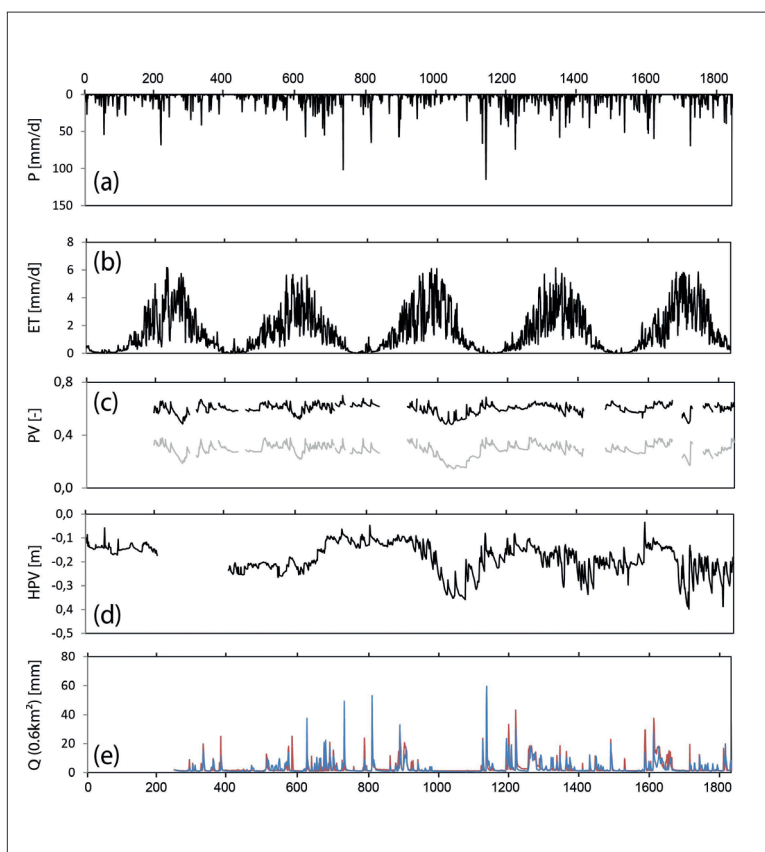
Odhad množství srážek

Z hlediska modelového zpracování režimu odtoku bylo nutné upravit pozorované řady srážek. V zájmovém období (2014–2017) byl pozorován průměrný roční srážkový úhrn o velikosti 1 081 mm.rok⁻¹ a odtok byl roven 1 257 mm.rok⁻¹. Odtokový koeficient se tedy rovnal 116 %. Vzhledem k hydrogeologické situaci nelze předpokládat dotaci odtoku z hlubších zvodní a je tedy pravděpodobné, že srážkové úhrny jsou značně podhodnoceny. Starostová (2012) udává pro Rokytskou slat' průměrný roční úhrn srážek rovný 1 695 mm.rok⁻¹. Jedná se o měření z totalizátoru umístěném na okraji povodí za referenční období 1981–2010. Při porovnání tohoto referenčního období se zájmovým obdobím 2014–2017 ze stanic Churáňov (ČHMÚ) a Liz (ÚH AV ČR) se průměrné roční srážkové úhrny rovnaly 88 % úhrnů z let 1981–2010. Na podkladě tohoto poměru byly srážkové řady na povodí Rokytky zvýšeny tak, aby se průměrný roční srážkový úhrn rovnal 1 488 mm (88 % procentům dlouhodobého průměru získaného z totalizátoru).

Popis modelu

Pro modelování odtoku z území byl použit modifikovaný konceptuální model HBV (Bergström 1992). Koncepte modelu odpovídá dvěma odlišným částem povodí – rašelinisté a minerální půda. Každá ze dvou částí povodí je reprezentována vlastní strukturou modelu, které se odlišují zejména v dynamice odezvy na srážkovou událost (obr. 1). Svah pokrytý minerální půdou, je v modelu reprezentován třemi výpočetními doménami (nádržemi), kdy jedna představuje svrchní část půdního profilu (do hloubky 70 cm) a dvě zbývající proudění vody v hlubších horizontech (rychlou a pomalou odezvu). Hlubší nádrže jsou plněny ze srážek ve chvíli, kdy půda je dostatečně nasycená vodou. Pomalá odezva třetí nádrže je kromě výtokového koeficientu dána i zpožděním, které způsobuje rovnoměrnější rozložení přítoku do nádrže v čase. Odtok se tvoří ze všech tří domén a je buď lineárně, nebo exponenciálně závislý na naplnění jednotlivých nádrží.

Druhá část modelu (reprezentující rašelinisté) se skládá také ze tří výpočetních domén. Jedna z nich představuje svrchní část rašeliny ovlivněnou evapotranspirací a tvořící rychlou odtokovou odezvu (akrotelm), druhá spodní část rašelinisté s pomalým a stabilním odtokem (katotelm) a třetí je nádrž reprezentující rychlý odtok preferenčními cestami z rašelinisté



Obr. 2 Vstupové hodnoty a simulace odtoku z povodí. a) odhad srážek po přepočtu uvedený v metodice; b) potenciální evapotranspirace; c) půdní vlhkost v hloubce 20 cm (černá) a 60 cm (šedá); d) průměr hladin podzemní vody z 5 stanovišť; e) měřená odtoková výška (modře) a simulovaná odtoková výška (červeně).

přímo do vodního toku. Z akrotelmu se odtok tvoří dvojím způsobem – povrchově v případě plného nasycení rašeliniště a podpovrchově při překročení určité retenční kapacity. Pro obě části povodí je společný výpočet referenční evapotranspirace (rovnice Penman-Monteith), která je krácena na evapotranspiraci aktuální na základě dostupnosti vody ve svrchní části půdy nebo akrotelmu.

Výsledky

Vstupové hodnoty spolu s výslednou simulací jsou zobrazeny v obr. 1. Celková chyba simulovaného průtoku se v průměru 5ti let pohybovala kolem 4 %. Celková vodní bilance povodí byla slabě záporná, což odpovídá 3 suchým rokům v době měření. Největší odchylky měřeného průtoku od simulovaného vycházeli na konci zimního období, respektive během tání sněhové pokrývky (například kolem dne 1 600). Simulace také odhadla zvýšený odtok během několika srážkových událostí, kdy byl měřený průtok navýšen jen lehce (například den 590). Zde se zřejmě jednalo o srážku, která postihla jen část povodí v místě se srážkoměrem.

Závěr

Pomocí hydrologického modelu došlo k uspokojivé reprezentaci srážko-odtokového procesu v povodí, režimu půdní vody i kolísání podzemní vody ve svrchní části rašeliniště. Celkově je větší množství odtoku z povodí generováno z rašelinné části a to zejména díky nižší evapotranspiraci rašeliniště oproti minerální půdě. V suchých periodách naopak většina odtoku pochází z minerální půdy a rašeliniště se na odtoku podílí jen pomalým výtokem ze spodní, trvale nasycené zóny (katotelmu).

Poděkování:

Autoři příspěvku děkují Katedře fyzické geografie PřF UK za poskytnutí dat.

Literatura:

- BUFKOVÁ, 2013. Šumavská rašeliniště a jejich ochrana, Živa, 5, Academia, 220–222.
- FERDA., J, HLADNÝ, J., BUBENÍČKOVÁ, L., PEŠEK, J., 1971. Odtokový režim a chemismus vod v povodí Horní Otavy se zaměřením na výskyt rašelinišť. Sborník prací HMÚ, sv. 17. HMÚ, Praha, s. 22–126.
- JANSKÝ, B., KOCUM, J., 2008. Peat bogs influence on runoff process: case study of the Vydra and Křemelná River basins in the Šumava Mountains, southwestern Czechia. Geografie. Sborník ČGS, Praha, 113, 4, pp. 383–399. ISSN 1212-0014.
- SCHERRER, S. and NAEF, F., 2003. A decision scheme to indicate dominant hydrological flow processes on temperate grassland, Hydrol. Process., 17(2), 391–401, doi:10.1002/hyp.1131.
- BOORMAN, D. B., HOLLIS, J. M., LILLY, A., 1995. Hydrology of soil types: a hydrologically-based classification of the soils of the United Kingdom, Institute of Hydrology report No. 126.
- BERGSTRÖM, S., 1992. The HBV Model: Its Structure and Applications. Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI), Hydrology, Norrköping, 35 s.
- STAROSTOVÁ, M., 2012. Měření srážek totalizátory na Šumavě. *Meteorologické zprávy*, roč. 65, č. 6, s. 180–183. ISSN 0026-1173.

Kvalita ovzduší na Šumavě a jiných horských lokalitách

VLADIMÍRA VOLNÁ¹, MAREK HLADÍK²

¹ Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, vladimira.volna@chmi.cz, ² Český hydrometeorologický ústav, pobočka Plzeň, marek.hladik@chmi.cz

Úvod

Cílem příspěvku je zabývat se kvalitou ovzduší odlehlých pozadových lokalit v horských oblastech se zaměřením na oblast Šumavy. Oblast Šumavy je z hlediska kvality ovzduší řazena mezi nejčistší části České republiky. Přestože koncentrace znečišťujících látek, např. suspendovaných částic PM₁₀, oxidu siřičitého a oxidů dusíku, se pohybují v nízkých hodnotách a nedochází k překračování platných imisních limitů, u koncentrací přízemního ozonu je tomu jinak. Stanice na Churáňově je v současné době jedinou lokalitou měřící znečištění ovzduší na Šumavě.

Stanice Churáňov

Nejbližší měřící lokalitou kvality ovzduší, od místa konání této konference na Horské Kvildě, je ve vzdálenosti zhruba 4,2 km stanice CCHU-Churáňov¹ (obr. 2). Zároveň je Churáňov s nadmořskou výškou 1 118 m n. m. aktuálně nejvýše položenou stanicí ČHMÚ s měřením znečištění ovzduší v České republice. Kontejner s automatickými analyzátory kvality ovzduší je umístěn v areálu profesionální meteorologické stanice, asi 20 m severovýchodně od budovy.

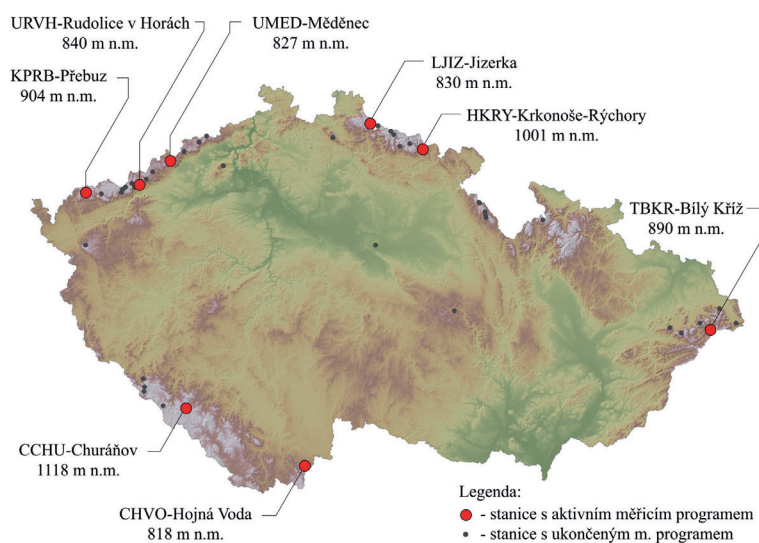
Stanice Churáňov je součástí Státní sítě imisního monitoringu (SSIM) a provozuje ji Český hydrometeorologický ústav (dále jen ČHMÚ). ČHMÚ je autorizován k měření imisí znečišťujících látek Ministerstvem životního prostředí ČR dle osvědčení o autorizaci k měření imisí č. j. 45629/ENV/14 ze dne 20. srpna 2014. Měření probíhají

v souladu s pravidly Imisního monitoringu ČHMÚ, který je zkušební laboratoří č. 1460 akreditovanou ČIA, o. p. s. pro zkoušky a odběry uvedené v Příloze Osvědčení o akreditaci (viz www.cai.cz v sekci Akreditované subjekty). Verifikovaná data jsou uložena v Informačním systému kvality ovzduší České republiky (ISKO), který provozuje ČHMÚ na základě pověření Ministerstva životního prostředí.

Měřené škodliviny a metody měření

Stanice kvality ovzduší na Churáňově vznikla v roce 1988 a první měřenou škodlivinou v manuálním programu byl oxid siřičitý (SO₂). 24hodinové koncentrace SO₂ se tehdy až do roku 1994 vyhodnocovaly metodou thorinové spektrofotometrie. Nasátý vzduch procházel přes filtr pro zachycení částic síranů a přes další filtr impregnovaný louhem pro stanovení oxidu siřičitého. Síranové ionty se po extrakci z filtrů vysrážely chloristanem barnatým. Přebytek barnatých iontů se stanovoval spektrofotometricky při 520 nm po reakci s thorinem.

V roce 1994 bylo na Churáňově zavedeno automatické měření. Vyhodnocování SO₂ do automatického měřicího programu, z něhož byly získávány hodino-



Obr. 1 Měřící stanice kvality ovzduší s nadmořskou výškou > 500 m n. m.



Obr. 2 Stanice CCHU-Churáňov, kontejner a dvě sekvenční odběrová zařízení (foto: ČHMÚ).

¹ Bližší informace o stanici Churáňov: www.chmi.cz/files/porta/docs/uoco/web_generator/aqindex_slide1/mp_CCHUA_CZ.html

vé koncentrace metodou ultrafialové fluorescence. Principem této metody je ozařování vzorku UV-lampou. Při ozařování dochází k energetické excitaci molekuly SO_2 , přičemž při zpětném přechodu molekuly do základního energetického stavu dochází k uvolnění energie ve formě fluorescenčního záření. Toto fluorescenční záření, které je úměrné koncentraci oxidu siřičitého, je následně detekováno fotonásobičem.

Kromě automatického měření SO_2 začalo v roce 1994 měření i dalších škodlivin, konkrétně oxidu dusnatého (NO), oxidu dusičitého (NO_2), oxidů dusíku (NO_x), suspendovaných částic SPM (bez rozlišení velikosti částic). Koncentrace oxidů dusíku jsou analyzovány chemiluminiscenční metodou, kdy je princip metody založen na excitaci molekul dusíku ozónem. Při přechodu molekul z excitovaného do základního energetického stavu dochází k uvolnění záření ve formě chemiluminiscence, které je dále detekováno fotonásobičem.

V roce 1995 bylo ukončeno měření SPM a začalo měření suspendovaných částic PM_{10} , tedy částic o aerodynamickém průměru do 10 μm . Koncentrace suspendovaných částic na Churáňově byly a jsou zjišťovány tzv. radiometrickou metodou, která je založena na absorpci beta záření ve vzorku zachyceném na filtračním materiálu. Z rozdílu absorpce beta záření mezi exponovaným a neexponovaným filtračním materiálem, který je úměrný hmotnosti zachyceného prашného aerosolu, je tak odvozen údaj o jeho koncentraci.

V roce 1995 bylo přidáno také měření koncentrací přízemního ozonu (O_3). Metodou analýzy O_3 je UV-absorpce spočívající v absorpci záření o vlnové délce 254 nm ozonem přítomným v analyzovaném vzorku. Zdrojem záření je UV lampa, přičemž je střídavě v kyvetách měřen nulový – čistý vzduch a vlastní vzorek.

S několika časovými přestávkami se od roku 1988 na stanici Churáňov odebírají také vzorky srážek a následně se provádí jejich kvalitativní rozbor. Od roku 2003 se systematicky vyhodnocují koncentrace těžkých kovů (např. arsen, chrom, kadmium, vanad) v suspendovaných částicích PM_{10} .

Hodnocení kvality ovzduší

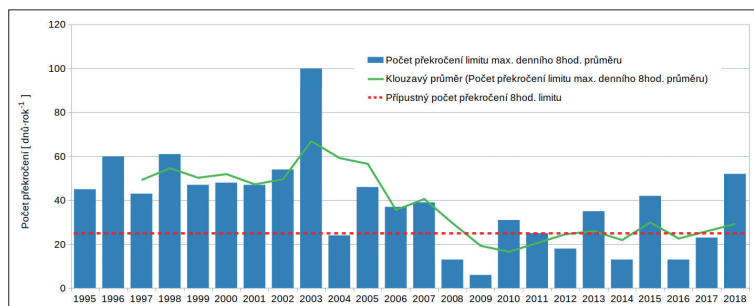
Hodnoty průměrných ročních koncentrací oxidu siřičitého, suspendovaných částic PM_{10} i oxidů dusíku (NO_x , NO_2 , NO) v průběhu celého období měření na stanici Churáňov byly nízké a nedošlo k překročení imisních limitů pro uvedené látky dle platné legislativy. Dostupné průměrné roční koncentrace SO_2 se od roku 1995 pohybují v hodnotách do 9 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, od roku 1998 nepřesáhly hodnotu 3 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Průměrné roční koncentrace PM_{10} se pohybují v hodnotách pod 10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a nedošlo k překročení ani jeho 24hodinového limitu. Vzhledem k výsledkům měření benzo[*a*]pyrenu na nejbližších stanicích a plošného modelování popsaného v grafických ročenkách ČHMÚ nepředpokládáme ani nadlimitní koncentrace této problematické škodliviny.

Jedinou problematickou škodlivinou na této lokalitě je přízemní ozon O_3 . Jedná se o tzv. sekundární látku, která nemá v atmosféře vlastní významný zdroj a vzniká složitými fotochemickými reakcemi z prekurzorů (důležitou roli hraje intenzita slunečního záření), jako jsou např. oxidy dusíku a nemetanické těkavé organické látky. Maximální denní 8hodinové koncentrace O_3 na Churáňově překračují hodnotu imisního limitu 120 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ každoročně. Za překročení imisního limitu pro ochranu zdraví je však považován případ, kdy je přípustný počet překročení této limitní hodnoty větší než 25 v průměru za 3 roky (klouzávě). Za hodnocené období 1995–2018 došlo k překročení tohoto imisního limitu pro přízemní ozon pro ochranu lidského zdraví 16 krát (obr. 3).

Znečištění ovzduší na vybraných horských lokalitách

Staniční síť

Staniční síť kvality ovzduší, rozmístění stanic, období měření, ale i skladba měřených veličin se od počátku měření kvality ovzduší (od konce 60. let minulého století) do současnosti měnila. Současné rozmístění stanic Státní sítě imisního monitoringu vychází z koncepce sítě, která zohledňuje nároky platné české i evropské legislativy. V základním konceptu sítě jsou zohledněny legislativní nároky přímo definující minimální počty stanic ve smyslu umístění, případně v závislosti na klasifikaci těchto stanic. Do databáze Informačního systému kvality ovzduší jsou přijímána i data ze stanic jiných vlastníků (např. zdravotní ústavy, ČEZ, a. s., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Česká geologická služba, Hydrobiologický ústav, ORGREZ, EKOTOXA, Výzkumný ústav rostlinné výroby a další), kteří splní kritéria kvality měření. Umístění stanic je vždy pečlivě zvažováno jak z hlediska účelnosti a souladu s konceptem monitoringu, tak i z hlediska ekonomického.



Obr. 3 Počet překročení maximálního 8hodinového limitu O_3 , Churáňov, 1995–2018.

Hustota umístění stanic kvality ovzduší v horských oblastech, polohách nad 500 m n. m., je menší než ve větších městech a aglomeracích, kde je rovněž vyšší hustota osídlení obyvatel. Největší počet stanic s nadmořskou výškou nad 500 m n. m. se aktuálně vyskytuje v oblasti Krušných hor. Na Šumavě se kvalita ovzduší měří pouze na stanici Churáňov (obr. 1). Nejbližší lokalitou měření znečištění ovzduší od Churáňova jsou Prachatice².

Vývoj a stav znečištění ovzduší

Zjednodušeně lze konstatovat, že koncentrace suspendovaných částic PM_{10} , SO_2 , NO_x a dalších látek znečišťujících ovzduší v České republice, významně poklesly v 90. letech minulého století, a to na všech lokalitách ČR. Důvodem bylo výrazné snížení emisí tuhých znečišťujících látek a prekurzorů suspendovaných částic v důsledku legislativních změn, restrukturalizace hospodářství a modernizace nebo ukončení provozů zdrojů. Snížení koncentrací SO_2 nastalo především díky odsíření uhelných elektráren a změnou používaných paliv. U NO_x se na snížení emisí podílela výrazně změna skladby průmyslové výroby, vozového parku a složení pohonných hmot. V následujících letech již pokles emisí škodlivin pokračoval pomaleji nebo se vyvíjel převážně v závislosti na meteorologických podmínkách v daném roce. Obvykle v chladných obdobích se vytváří nepříznivé podmínky pro rozptýlení koncentrací škodlivin v ovzduší (nízké teploty, teplotní inverze, nízká výška směšovací vrstvy, nízká rychlost větru, apod.). Chladná období jsou spojena také s vyšší potřebou vytápění domácností, na rozdíl od zdrojů znečišťování s celoročním provozem.

Příklad na obr. 4 ukazuje vývoj ročních průměrných koncentrací SO_2 na horských lokalitách v ČR od roku 2003 do roku 2016. Nejnižší průměrné roční koncentrace SO_2 jsou měřeny na Šumavě. Naopak nejvyšší koncentrace jsou v období 2003–2016 většinou dosahovány v Krušných horách. V posledních dvou desetiletích jsou průměrné roční koncentrace SO_2 na horských stanicích nízké a nedosahují ani hodnoty $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Průměrné roční koncentrace PM_{10} za období 2003–2016 na Šumavě se pohybují zhruba na poloviční úrovni průměrných ročních koncentrací PM_{10} oblastí ČR pod 900 m n. m., jak je patrné z obr. 5.

Závěr

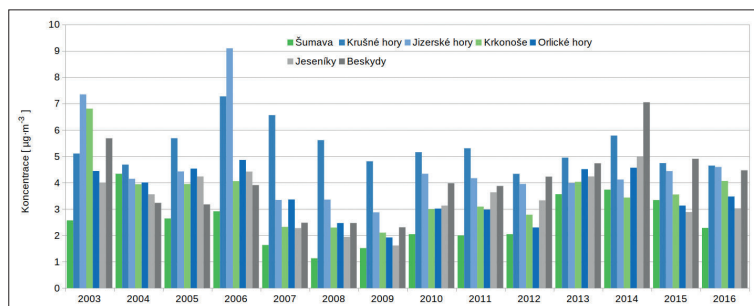
Na lokalitě Churáňov nedochází k výskytu vysokých koncentrací měřených znečišťujících látek PM_{10} , $PM_{2,5}$, SO_2 , oxidů dusíku NO_x , NO_2 , NO , koncentrace těchto látek jsou podlimitní a nepředpokládáme překračování imisních limitů ani pro ostatní znečišťující látky (např. benzo[a]pyren), s výjimkou O_3 . K nárůstu koncentrací O_3 a překračování maximální denní 8hodinové limitní hodnoty dochází v teplé části roku (v měsících duben až září).

Oblast Šumavy je z hlediska kvality ovzduší specifická v tom, že zde není vysoký výskyt zdrojů s individuálním vytápěním na tuhá paliva, průmyslové zdroje jsou vzdáleny, ovlivnění dopravou je nízké a navazující území sousedního Rakouska má obdobný charakter, přičemž nedochází k významnému přeshraničnímu přenosu škodlivin. Kvalita ovzduší dalších horských lokalit a oblastí se vzájemně liší v návaznosti na výše popsané charakteristiky (skladba a vzdálenost od zdrojů znečišťování obvykle vázaná na hustotu osídlení obyvatel, dopravní infrastrukturu a průmysl).

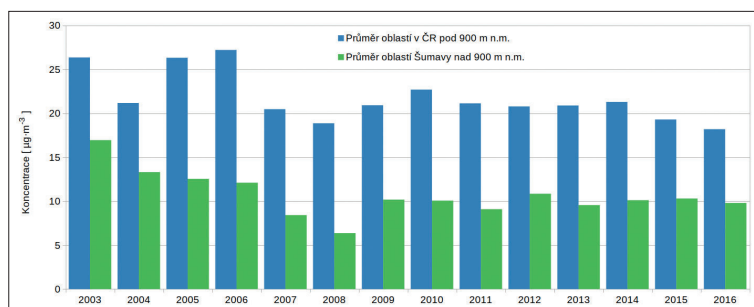
Literatura:

ČR, 2012. Zákon č. 201/2012 Sb. ze dne 2. května 2012 o ochraně ovzduší.

ČHMÚ, 2018. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2017. Praha: ČHMÚ. ISBN 978-80-87577-83-7.



Obr. 4 Roční průměrné koncentrace SO_2 na horských lokalitách v polohách nad 900 m n. m.



Obr. 5 Průměrné roční koncentrace PM_{10} na Šumavě ve srovnání s průměrem PM_{10} oblastí pod 900 m n. m., 2003–2016.

² Blíže informace o stanici Prachatice: www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/raqindex_slide1/mp_CPRAA_CZ.html

Kontakty na účastníky konference

EVA PLÁŠILOVÁ ¹, MILOSLAVA STAROSTOVÁ ², PAVEL LIPINA ³

¹ Český hydrometeorologický ústav, pobočka České Budějovice, eva.plasilova@chmi.cz,

² miloslava.starostova@chmi.cz, ³ Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, pavel.lipina@chmi.cz

Příjmení	Jméno	Titul	Zaměstnání / místo	E-mail
Augustinová	Markéta	Bc.	ČHMÚ	marketa.augustinova@email.cz
Balík	Martin		Žamberk	klimatic@centrum.cz
Bařinka	Pavel	Ing.	ČHMÚ	pvb@volny.cz, pavel.barinka@chmi.cz
Bednařík	Jan	Ing.	ČHMÚ	jan.bednarik@chmi.cz
Bercha	Šimon	Mgr.	ČHMÚ	simon.bercha@chmi.cz
Bližňák	Vojtěch	RNDr., Ph.D.	ÚFA AV ČR, v.v.i.	bliznak@ufa.cas.cz
Bochníček	Oliver	RNDr., Ph.D.	SHMÚ	oliver.bochnicek@shmu.sk
Bufková	Ivana	Ph.D.	NP Šumava	ivana.bufkova@npsumava.cz
Čermák	Milan		ČHMÚ	mil.cermak@seznam.cz
Černíkovský	Libor	Mgr.	ČHMÚ	libor.cernikovsky@chmi.cz
Dancewicz	Andrzej	Mgr.	IMGW Wroclaw	andrzej.dancewicz@imgw.pl
Dušák	Radim	Ing.	Veselí nad Lužnicí	dusak4@seznam.cz
Dušák	Tomáš		Borkovice	dusak.t@seznam.cz
Elleder	Libor	Ing., Ph.D.	ČHMÚ	libor.elleder@chmi.cz
Fiřka	Ivan	Ing.	student, Bratislava	ivan.fitka@stuba.sk
Flám	Jakub		student, Držková	jakub.flam@seznam.cz
Fryč	Tomáš	Ing.	ČHMÚ	tomas.fryc@chmi.cz
Gregar	František	Ing.	Lysá nad Labem	gregar@tiscali.cz
Habrdoová	Kateřina		ČHMÚ	katerina.habrdova@chmi.cz
Halenka	Tomáš	doc., RNDr., CSc.	MFF UK	tomas.halenka@mff.cuni.cz
Hamáček	Jaroslav		ČHMÚ	jaroslavhamacek@seznam.cz
Hejkrlík	Libor	RNDr., CSc.	ČHMÚ	libor.hejkrlik@chmi.cz
Hintermuller	Jaroslav	Ing.	ČHMÚ	jaroslav.hinter@seznam.cz
Hostýnek	Jiří	RNDr.	ČHMÚ	jiri.hostynek@chmi.cz
Hotový	Ondřej	Mgr.	PřF UK	hotovyo@natur.cuni.cz
Hrubalová	Monika	MgA.	ČHMÚ	monika.hrubalova@chmi.cz
Janík	Tomáš		ČHMÚ	jazzzer@centrum.cz
Jeníček	Michal	RNDr., Ph.D.	PřF UK	michal.jenicek@natur.cuni.cz
Jež	Jaroslav	Ing.	INVT s.r.o.	jarek.jez@virga.cz
Jindra	Josef		SUMAVA.EU	jindrova.jana@tiscali.cz
Jiráček	Jan	Mgr.	ČHMÚ	jan.jirak@chmi.cz
Jiroušek	Jiří		fotograf, Kotenčice	jirka@nebeske.cz
Juras	Roman	Ing., Ph.D.	KVHEM FŽP, ČZU	juras@fzp.czu.cz
Jůza	Pavel	RNDr.	ČHMÚ	pavel.juza@chmi.cz

Příjmení	Jméno	Titul	Zaměstnání / místo	E-mail
Kajaba	Peter	Mgr.	SHMÚ	peter.kajaba@shmu.sk
Kamínková	Alena	Mgr.	ČHMÚ	alena.kaminkova@chmi.cz
Karger	Milan		Náměšť na Hané	KargerMilan@seznam.cz
Kocián	Bohdan		ČHMÚ	kocian.bohdan@seznam.cz
Křenek	Radek		ČHMÚ	radek.krenek@tiscali.cz
Křivancová	Svatava	RNDr.	důchodce, ČHMÚ	svatava.krivancova@seznam.cz
Křížová	Milada	RNDr.	ČHMÚ	milada.sandova@gmail.com
Kubačka	Libor	RNDr., Ing., Ph.D.	KRNAP	libor.kukacka@gmail.com, lkukacka@krnap.cz
Kubišta	Václav	Ing.	ČHMÚ	vaclav.kubista@chmi.cz
Kvak	Róbert	Mgr.	ÚFA AV ČR, v.v.i.	kvak@ufa.cas.cz
Lahuta	Jaroslav		důchodce, Bojkovice	lahutasro@seznam.cz
Lipina	Pavel	Ing.	ČHMÚ	pavel.lipina@chmi.cz
Mairich	Pavel	Ing.	ČHMÚ	pmairixh@iol.cz
Maňhal	Daniel	Mgr.	ČHMÚ	daniel.manhal@chmi.cz
Markovič	Ladislav	Mgr.	SHMÚ	ladislav.markovic@shmu.sk
Meszaros	Jakub	Mgr.	Ústav hydrologie SAV	jakubmeszaros@uh.savba.sk
Míková	Tatána	RNDr.	Česká televize	tatana11@seznam.cz
Mráz	Arnošt	Ing., CSc., MBA	Ekotechnika s.r.o.	marketing@ekotechnika.cz
Němec	Luboš	RNDr., Ph.D.	ČHMÚ	Lubos.Nemec@chmi.cz
Novák	Martin	Mgr.	ČHMÚ	martin.novak@chmi.cz
Novák	Petr	RNDr., Ph.D.	ČHMÚ	petr.novak@chmi.cz
Palenčár	Jakub	Ing., Ph.D.	SF STU Bratislava	jakub.palencar@stuba.sk
Pecha	Martin	Mgr.	ČHMÚ	martin.pecha@chmi.cz
Pecho	Jozef	Mgr.	SHMÚ	jozef.pecho@shmu.sk
Pešice	Petr	RNDr., Ph.D.	ÚFA AV ČR v.v.i.	pesice@ufa.cas.cz
Plášilová	Eva	RNDr.	ČHMÚ	eva.plasilova@chmi.cz
Polcar	Pavel	Ing.	ČHMÚ	pavel.polcar@chmi.cz
Polčák	Norbert	RNDr., Ph.D.	SHMÚ	norbert.polcak@shmu.sk
Prantl	David	Ing.	InMeteo	info@inmeteo.cz
Procházka	Jan	Ing. Ph.D.	ZF JČU	prochaz@zf.jcu.cz
Přibyllová	Květa	MgA., Bc.	dokumentaristka	qtapribylova@gmail.com
Putala	František	Ing.	ČHMÚ	f.putala@seznam.cz
Richterová	Dáša	Ing.	ČHMÚ	dasa.richterova@chmi.cz
Rieder	Mark	Mgr.	ČHMÚ	mark.rieder@chmi.cz
Rolčík	Ivo	DiS.	SUMAVA.EU	ivo.rolcik@seznam.cz
Roubínek	Jiří		NP Šumava	jiri.roubinek@gmail.cz
Rybář	Jan	Mgr., Ing.	SF STU Bratislava	jan.rybar@stuba.cz
Řepka	Miroslav	Mgr.	ČHMÚ	miroslav.repka@chmi.cz
Sedláková	Klára	Mgr.	ČHMÚ	klara.sedlakova@chmi.cz
Skřivánková	Pavla	RNDr.	ČHMÚ	pavla.skrivankova@chmi.cz
Slabá	Nataša	p.g.	důchodce, ČHMÚ	gidnatalie@seznam.cz

Příjmení	Jméno	Titul	Zaměstnání / místo	E-mail
Slavík	Josef	Ing.	Šindlovy Dvory	Josef.slavik@centrum.cz
Slezák	Jan	Mgr.	CROSS Zlín, a. s.	slezak@cross.cz
Slouka	Michal		ČHMÚ	michal.slouka@chmi.cz
Stach	Jaroslav	Ing.	ČHMÚ	jaroslav.stach@chmi.cz
Starostová	Miloslava	RNDr.	ČHMÚ	miloslava.starostova@chmi.cz
Stehlíková	Hana	DiS.	ČHMÚ	hanka.stehlikova@chmi.cz
Szumiejko	Franciszek	Mgr.	IMGW Wroclaw	franciszek.szumiejko@imgw.pl
Šercl	Petr	Ing., Ph.D.	ČHMÚ	petr.sercl@chmi.cz
Šlezinger	Josef		důchodce, ČHMÚ	josefslezinger@seznam.cz
Šlofar	Otakar		ČHMÚ	slofar.o@seznam.cz
Šťastný	Pavel	Dr.	SHMÚ	pavel.stastny@shmu.sk
Šustková	Veronika	Ing. et Ing.	ČHMÚ	veronika.sustkova@chmi.cz
Tesař	Miroslav	Ing.	ÚH AV ČR	miroslav.tesar@iol.cz
Tichá	Petra		ČHMÚ	petra.ticha@chmi.cz
Tolasz	Radim	RNDr., Ph.D.	ČHMÚ	radim.tolasz@chmi.cz
Turňa	Maroš	Mgr.	SHMÚ	maros.turna@shmu.sk
Vajskebr	Václav	Mgr.	ČHMÚ	vaclav.vajskebr@chmi.cz
Valeriánová	Anna	RNDr.	ČHMÚ	anna.valerianova@chmi.cz
Valík	Adam	Mgr.	ČHMÚ	ValikAdam@seznam.cz
Vlček	Lukáš	RNDr., Ph.D.	ÚH AV ČR	vlcek@ih.cas.cz, vlcek@natur.cuni.cz
Vojvodík	Antonín		SUMAVA.EU	antonin.vojvodik@seznam.cz
Vokoun	Martin	Ing.	KVHEM FŽP, ČZU	vokounm@fzp.czu.cz
Volná	Vladimíra	RNDr.	ČHMÚ	vladimira.volna@chmi.cz
Volný	Roman	RNDr.	ČHMÚ	roman.volny@chmi.cz
Vondráček	František	Ing.	Praha	haf.vondracek@quick.cz
Vondráčková	Helena	RNDr.	důchodce ČHMÚ	haf.vondracek@quick.cz
Weinreb	Tomáš		režisér	tomas.weinreb@seznam.cz
Zacharov	Petr	RNDr., Ph.D.	ÚFA AV ČR v.v.i.	petas@ufa.cas.cz
Zelenková	Eva	Ing.	NP Šumava	eva.zelenkova@npsumava.cz
Zezulová	Lenka		ČHMÚ	lenka.zezulová@chmi.cz
Zusková	Ilona	Mgr.	ČHMÚ	ilona.zuskova@chmi.cz
Zývalová	Dana	Mgr.	NP Šumava	iskvilda@npsumava.cz
Žák	Michal	Mgr., Ph.D.	MFF UK	xamicus@gmail.com

METEOROLOGICKÁ KONFERENCE ŠUMAVA 2019

Sborník příspěvků z konference pořádané Českým hydrometeorologickým ústavem, Českou meteorologickou společností a neformálním spolkem SUMAVA.EU ve spolupráci s Národním parkem Šumava a obcí Kvilda konané ve dnech 14.–16. května 2019 v Obecním sále na Kvildě

Pavel Lipina a Jan Procházka (ed.)

Vydalo nakladatelství Český hydrometeorologický ústav, Praha 2019

1. vydání, 148 stran, náklad 150 výtisků

Vytiskla tiskárna Českého hydrometeorologického ústavu, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4

Publikace neprošla jazykovou úpravou, za obsah příspěvků odpovídají autoři.

ISBN 978-80-87577-87-5