

JESENÍKY 2024

sborník příspěvků z meteorologické konference



vlasti
vědné muzeum
ješenicka



Český
hydrometeorologický
ústav



JESENÍKY 2024

meteorologická konference

Sborník příspěvků z konference pořádané
Českým hydrometeorologickým ústavem,
Českou meteorologickou společností
a Vlastivědným muzeem Jesenicka konané

**ve dnech 14. až 16. května 2024
v hotelu Franz na Rejvízu v Jeseníkách**

Na konferenci byly prezentovány příspěvky zabývající se převážně problematikou meteorologie, klimatologie, hydrologie a kvality ovzduší ve středních a vyšších polohách Česka a střední Evropy nebo také příspěvky, které mají vztah k Jeseníkům a počasí

Pavel Lipina a Jan Procházka, editoři sborníku

Praha 2024

Fotografie na obálce sborníku:

Letecký pohled na vrchol Pradědu, autor: Jiří Jiroušek, 2023, www.nebeske.cz

Poděkování:

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

Hotelu Franz na Rejvízu za poskytnutí prostor pro konání této konference

Tiskovému a informačnímu oddělení ČHMÚ za vydání sborníku příspěvků z konference, grafické provedení a připomínky k textům

Všem, kteří se podíleli na přípravě a průběhu konference

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

Obsah

Úvod.....	5
I. Jeseníky – historie, současnost a budoucnost.....	7
1. Pavel Lipina: Horská osada Rejvíz	8
2. Pavel Macháček: Stručný nástin historie Jesenicka	13
3. Ludmila Slezáková: Adaptace vybraných živočichů a rostlin z jesenické přírody na místní klimatické podmínky	16
4. Filip Beneš: Rozbor těžeb na LHC Jeseník v letech 2018–2023	20
5. Jiří Jiroušek: Nebeske.cz nad Hrubými Jeseníky	23
II. Meteorologie a klimatologie ve vyšších a horských polohách.....	29
1. Miroslav Řepka, Pavel Lipina, Veronika Šustková: Historie meteorologických pozorování v oblasti Jeseníků.....	30
2. Pavel Lipina, Veronika Šustková, Jan Procházka: Klima Rejvízu – jak to zde bylo, je a bude s počasím a podnebím	35
3. Pavel Lipina, Veronika Šustková: Teplota vzduchu a úhrn srážek v Jeseníkách	41
4. Radim Tolasz, Adam Valík, Veronika Šustková, Iryna Dvoretzka: Scénáře budoucího vývoje klimatu v Jeseníkách podle modelu Aladin-CLIMATE/CZ	46
5. Lukáš Dolák, Jan Řehoř, Kamil Lásk, Petr Štěpánek, Pavel Zahradníček: Variabilita teploty vzduchu v Hrubém Jeseníku a Králickém Sněžníku	50
6. David Tichopád, Jan Řehoř, Lukáš Dolák: Vliv atmosférické cirkulace na teplotní extrémy v Hrubém Jeseníku v období 1961–2022.....	55
7. Marie Novotná, Kamil Lásk, Klára Čížková, Ladislav Metelka, Martin Staněk: Proměnlivost slunečního UV záření na vybraných stanicích v oblasti Jeseníků a v Krkonoších v letech 2020–2021	60
8. Martin Hynčica, Martin Novák, Simona Procházková: Tepelný komfort/diskomfort vyjádřený UTCI (Universal Thermal Climate Index) pro vybraná pohoří v Česku	64
9. Grażyna Knozová: Proudění vzduchu v oblasti Žďárských vrchů	67
10. Grzegorz Urban: Zmienność ekwiwalentu wodnego śniegu w Karkonoszach i Górach Izerskich	70
11. Olga Halášová: Návštěvnost Lysé hory a počasí	74
12. Miroslav Vysoudil, Vojtěch Jurník: Klimatologická měření v NPR Rejvíz.....	77
13. Pavel Jůza: Výskyt zimních bouřek na některých horských stanicích.....	81
14. Jan Rybář, Peter Onderčo: Když zamrzne trolejové vedení.....	83
III. Problematika měření na horách – horské stanice a meteorologické jevy	86
1. Otakar Šlofar, Milan Čermák, Radek Křenek, Marek Brosch: 70 let civilní synoptické stanice na Lysé hoře.....	87
2. Rastislav Mačura: Problematika merania vo vyšších horských polohách z hľadiska historických údajov meteorologickej stanice Lomnický štít.....	91
3. Jan Procházka, Pavel Lipina, Veronika Šustková, Ivo Rolčík, Antonín Vojvodík, Sláva Čáp: Významná sněhová epizoda v prosinci 2023 v oblasti Šumavy	97
4. Václav Vajskebr: Porovnání srážkoměrů Meteoservis, typ MW7 a MR3 na lokalitě Rozmezí v Jizerských horách.....	102
5. Petr Novák, Hana Kyznarová: Úskalí kombinovaných odhadů srážek v závislosti na lokalitě, trvání a intenzitě srážek.....	104
6. Svetlana Varšová, Veronika Lukášová, Milan Onderka, Dušan Bilčík: Porovnanie konvenčných a automatických meraní teploty vzduchu a atmosférických zrážok na observatóriu pri Skalnatom plese	109

IV. Hydrologie a kvalita ovzduší vyšších a horských poloh	113
1. Blanka Krejčí, Vladimíra Volná: Splňují horské lázně v Česku standardy kvality ovzduší?	114
2. Veronika Mináriková: Hydrochemická charakteristika zrážek na Slovensku	117
3. Martin Adamec, Milan Gregořica, Antonín Kohut, Tereza Macurová, Irena Pavlíková, Marek Strachota, Jan Unucka: Hydrologické výzkumy na Rejvízu a okolí. Staré náhony, rašeliniště a lesní experimentální povodí	121
4. Pavel Kukla, Hana Kourková: Změny základních hydrologických údajů v horských povodích ČR.....	125
5. Alena Kamínková, Jarmila Šustková: Výskyt povodňových stavů na tocích odvodňujících Jeseníky a Králický Sněžník během zimního období v letech 2019 až 2024	128
6. Kateřina Neudertová Hellebrandová, Vít Šrámek, Věra Fadrhonsová, Jan Unucka: Vliv odlesnění na vodní režim malých povodí – představení probíhajícího lesnicko-hydrologického výzkumu v povodí Černé Opavy.....	132

Úvod

Vážené dámy a pánové, příznivci meteorologie, klimatologie a dalších spřízněných oborů. Máte před sebou v pořadí již čtvrtý sborník z „horské“ konference pořádané v posledních letech.

Uběhlo již sedm let od doby, kdy jsme se potkali na první takové akci a měli před sebou podobný sborník. Myšlenka pořádání těchto konferencí se zrodila potřebou setkávání odborníků a výměnou zkušeností v problematice provozní meteorologie zejména v horských oblastech. Podoba obdobných akcí má kořeny v tehdejší Československu, kdy se již v roce 1965 konala první československá horská meteorologická konference v Tatranské Lomnici. Na stejném místě se konala v roce 1980 i druhá, a třetí taková byla v roce 2001 ve Staré Lesné. V podstatě k obnovení tradice těchto konferencí došlo v roce 2017, kdy se v termínu 14. a 15. května podařilo zorganizovat konferenci na Lysé hoře v Beskydech pod názvem Lysá hora – 120 let meteorologických měření a pozorování. Na ni navázala konference, kterou jsme uspořádali ve dnech 14. až 16. května 2019 na šumavské Kvildě pod názvem Šumava 2019. Po vynucené roční covidové pauze se ve dnech 17. až 19. května 2022 konala třetí horská konference pod názvem Jizerka 2022. Oproti původnímu, spíše provozně meteorologickému záměru, se díky nečekanému zájmu už od roku 2017 jednalo o konference se širším zaměřením na meteorologii, klimatologii a kvalitu ovzduší ve středních, vyšších a horských polohách Česka a střední Evropy.

Konference v Beskydech se věnovala také výročí 120 let pozorování na Lysé hoře a v neposlední řadě vzpomínce náhlého úmrtí našeho kamaráda, dlouholetého tamního pozorovatele, Vladimíra Ondrucha. Tuto akci pořádal Český hydrometeorologický ústav ve spolupráci s Českou meteorologickou společností a neformálním sdružením Lysá hora. Dvoudenní konference měla velký ohlas, zaznělo tam 48 příspěvků pro 105 účastníků. Konferenci na šumavské Kvildě pořádal Český hydrometeorologický ústav ve spolupráci s Českou meteorologickou společností, neformálním spolkem SUMAVA.EU, Správou NP Šumava a Obcí Kvilda. Během třídní akce zaznělo 44 příspěvků pro 105 účastníků, součástí byly terénní exkurze na zajímavá místa. Konferenci Jizerka 2022 pořádal Český hydrometeorologický ústav ve spolupráci s Českou meteorologickou společností, na akci provázené odbornými prezentacemi přednášejících a exkurzemi bylo přihlášeno 107 účastníků a 49 příspěvků.

Výběr místa konání konference v Jeseníkách se zrodil před rokem a nebyl náhodný. Jeseníky jsou významným českým pohořím s bohatou meteorologickou a také hydrologickou tradicí, s velkým množstvím hydrometeorologických extrémů včetně povodní. Samotný Rejvíz, kde probíhá tato konference, je místem dřívějšího i současného meteorologického pozorování. Příznivé je zde také v této souvislosti každoroční konání akce s názvem Vodohospodářská třicítka, což je zimní setkání pracovníků v oboru, často na běžkách. V lednu příštího roku by se zde měl konat její již padesátý ročník.

Potěšil nás zájem o účast i na letošní konferenci, kdy bylo k 31. březnu 2024 přihlášeno celkem 83 účastníků, 35 příspěvků a 8 posterů. Pro organizátory jsou to opět radostná čísla, ale zároveň velký závazek k tomu, aby vše proběhlo co nejlépe. Hlavním cílem pořádání konference je setkání zájemců a kolegů z příslušných oborů, vzájemná výměna nových poznatků a výsledků výzkumu, navázání pracovních či osobních kontaktů včetně diskuse nad odbornými tématy, v neposlední řadě poznání meteorologicky a hydrologicky zajímavých lokalit Jeseníků. Jsme rádi, že konference má i mezinárodní ohlas, účastní se také přednášející z Polska a Slovenska.

V pozvánce na konferenci jsme zájemce vyzývali také k zaslání příspěvku do sborníku. Tímto všem, kteří tak učinili, patří náš dík. Na oplátku Vám můžeme přímo na konferenci poskytnout tento sborník, který je k dispozici jak v tištěné, tak digitální podobě. Naleznete v něm celkem 31 zajímavých příspěvků. Věříme, že konference bude důstojným připomenutím dlouhé historie měření a pozorování, přinese účastníkům mnoho nových podnětů a zajímavých informací. K tomu by měl přispět i tento sborník a informace v něm obsažené, proto necht' poslouží ku prospěchu mnoha čtenářů.

Editori sborníku

Pavel Lipina a Jan Procházka

I. Jeseníky – historie, současnost a budoucnost

Horská osada Rejvív

Pavel Lipina

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, K Myslivně 2182/3, Ostrava-Poruba, pavel.lipina@chmi.cz

Rejvív je malebná horská osada a část města Zlaté Hory v okrese Jeseník v Olomouckém kraji. Leží v pohoří Zlatohorská vrchovina ve Slezsku v nadmořské výšce 780 m n. m. Nachází se osm kilometrů východně od okresního města Jeseník. Jedná se o nejvýše položenou osadu v českém Slezsku. V roce 2021 bylo v osadě evidováno 81 obyvatel a 71 budov. Katastrální rozloha Rejvízu je 9,14 km².

Rejvív označovaný znalci jako nejkouzelnější lokalita v Jeseníkách je ideálním místem pro klidnou dovolenou. Horská osada ležící na náhorní plošině dříve uprostřed hlubokých lesů je velmi vhodná pro cykloturistiku, turistiku, běžky, procházky, houbaření. Na Rejvízu začíná, nebo spíše začínal, nejrozsáhlejší souvislý lesní komplex v Jeseníkách, lesem z Rejvízu dorazíte pěšky, na kole nebo běžkách na Švýcárnu a Praděd po cca 15 km. Největší místní atrakce, Velké mechové jezírko, je druhým nejnavštěvovanějším místem v Jeseníkách (1. místo Praděd).

Na Rejvízu se nachází řada přírodních skvostů, Národní přírodní rezervace Rejvív, je největším moravským rašeliništěm o rozloze 396,63 ha. 1. 1. 2005 byl Rejvív vyhlášen vesnickou památkovou zónou. S ohledem na dochovanou dřevěnou lidovou architekturou převážně 19. století, nenarušenou nevhodnými dostavbami, typickou pro Jesenícko – roubený dům se svisle bedněným štítem a vyřezávanými barevnými šambránami kolem oken, ...

1. Historie Rejvízu

Kolem poloviny 16. století byly v rejvízkém prostoru hluboké lesy a kolem říčky Černé Opavy se táhly holé louky až k Vrbnu pod Pradědem (Würbenthal). Tyto louky se krátkou dobu nazývaly také sklářské louky (Glasswiese). Je velmi pravděpodobné, že na nich skláři těžili písek nebo křemenný kámen, který drtili pro potřeby sklárny ve Vrbně pod Pradě-



Obr. 1 Letecký pohled na Rejvív od východu, 2024. Foto: Jiří Jiroušek – Nebeské.cz.

dem (zanikla v r. 1741) a později od roku 1749 do roku 1769 pro sklárnu ve Filipově údolí, která se nacházela v prostoru dnešního hřbitova ruských zajatců. V 17. století byl dnešní prostor volných luk na Rejvízu nezalesněný. I mokřiny a bažiny kolem kyselých horských luk byly bez stromů. S příchodem nových obyvatel koncem 18. stol. se sice něco málo lesů spálilo, aby se vytvořila pole, ale většinou to nebylo zapotřebí. Volných luk, které mohly být změněny v pole, bylo dostatek. Ještě před 2. světovou válkou svahovitá pole zasahovala vysoko k hřebenům kopců do dnes již znovu zalesněných lokalit.

V roce 1793 byly na Rejvízu všeho všudy tři domy. V rámci velkorysé akce vratislavského biskupa Filipa Gottharda Schaffgotsche, jednoho z čelných představitelů osvěcenství v habsburské monarchii, došlo na biskupských statcích k rozprodeji velkých ploch za mírný poplatek. Vznikla tak řada nových osad zvaných kolonie a v rámci této kolonizace se začal od roku 1793 zvětšovat i Rejvíz. Nejdříve přišli noví osadníci českého původu z Moravy, Čech a Kladska, jak svědčí jména Svatoš, Rozsival, Formánek, Hubený či Kadlec. V témže roce se však do těchto příhraničních oblastí přistěhovalo i velmi mnoho německých rodin. Mnozí z nich se však o něco později pro drsné horské klima vrátili do svých rodišť nebo se odstěhovali jinam. K rozvoji nové kolonie přispívala těžba železné rudy kolem Rejvízu, dodávané do tehdy vzrůstajících železáren v Ondřejovicích. Těžba rudy pokračovala až do roku 1867. Nové osídlování kraje koncem 18. stol. bylo vyvoláno a podporováno císařem Josefem II. (1780–1790). Mělo strategický význam ochrany severní hranice Rakouska proti Prusku. S centralistickou populární hospodářskou politikou jeho vlády šla ruka v ruce germanizace, ohrožující rozvoj českého národního vědomí.

V posledním desetiletí 18. stol. a začátkem 19. stol. noví němečtí obyvatelé velmi intenzivně obsazovali Slezsko, moravské pohraničí, zakládali zde nové osady, vesnice. Mýtili lesy a zřizovali pole, nebo pastviny. Na okrajích slezských a také příhraničních českých a moravských měst budovali nové domy a ulice. Vzniklo tak souvislé německé osídlení, které mělo počátky již ve třináctém století a trvalo do konce druhé světové války. Německy mluvícím obyvatelstvem byla rozšířena Ostrava, Opava (Troppau), Krnov (Jägerndorf), Bruntál (Freudenthal), Vrbno (Würibenthal), Rýmařov (Römerstadt) a dále Šternberk, Šumperk, Hanušovice, Králíky, Žamberk. V tomto území, tam kde ještě byly české názvy, byla jména měst a vesnic poněmčena, nebo nově německy přejmenována.

V samotném Rejvízu byl před druhou světovou válkou jen jediný občan české národnosti, a to rejvízský farář Jeroným Pavlík, který se vlivem svého okolí jen málokdy projevoval česky. Budování Rejvízu bylo nejrychlejší v letech 1793 až 1796. Během těchto čtyř let se zde postavilo 46 domů a domků. Při sčítání domů v roce 1850 měl již Rejvíz 66 domovních čísel, v roce 1900 měl 74 domovních čísel, v roce 1930 zde bylo 82 postavených budov a v roce 1938 90 domků. Na začátku 19. stol. byla postavena první rejvízská farní škola, v roce 1809 kostel a o rok později fara. Teprve s rozvojem turistiky koncem 19. stol. a začátkem 20. stol. se Rejvíz opět rozrůstal. Rozšiřovala se Braunerova chata (dnešní Penzion Rejvíz) i Chata Svoboda (nyní hotel Franz), vybudovala se nová arcibiskupská lesní správa, byly zřizovány obchody, rozvíjela se řemesla, ale převládalo zde stále zemědělství.

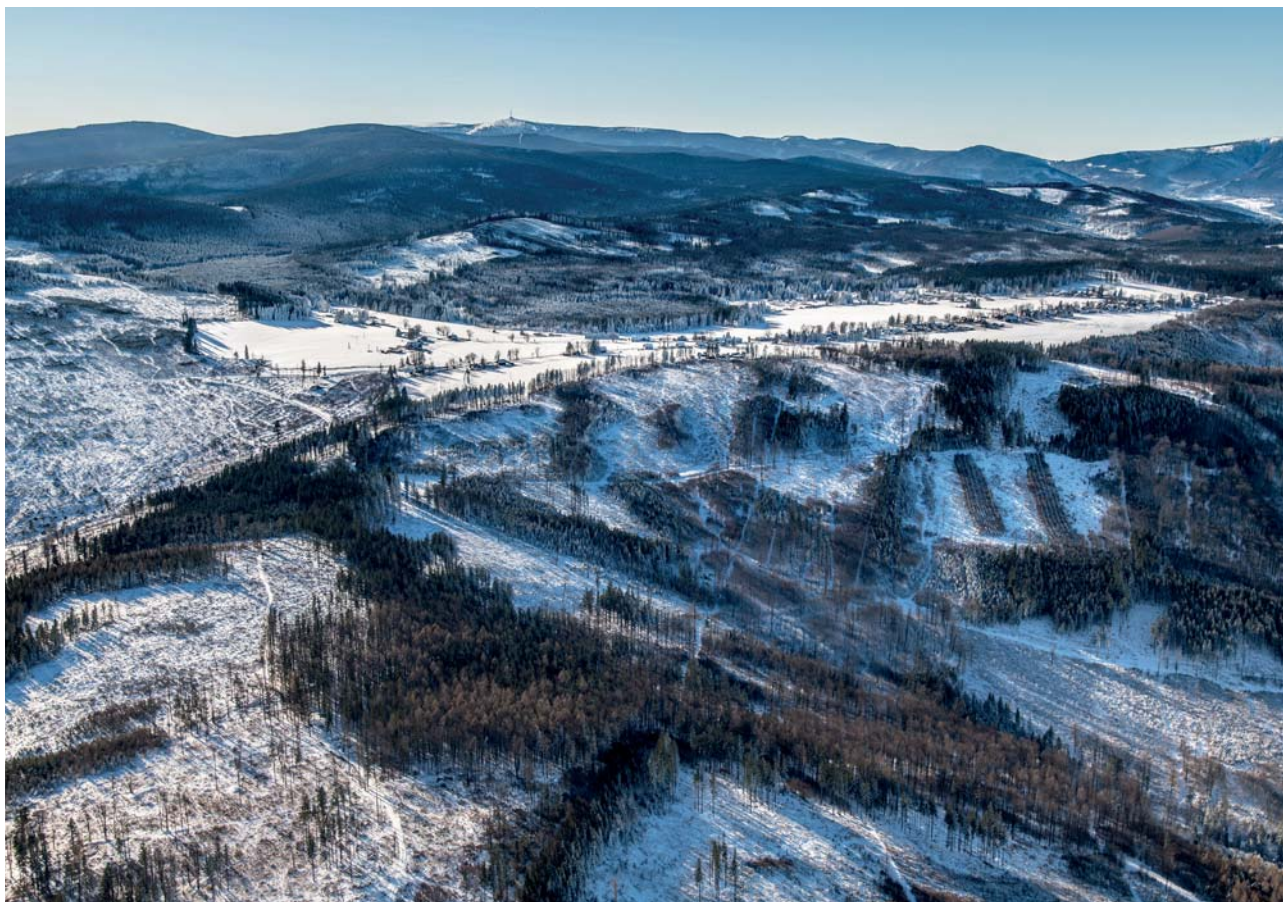
V roce 1931 byl dobudován obecní vodovod s vodárnou a sběrnými studněmi, které jsou také na úpatí kopce U Vodárny (Zeichenberg), již na katastrálním území obce Dětrichova, osady Seče v okrese Jeseník. Postavily se dvě sběrné studny, jejichž vody, které dříve tekly volně, se ocelolitinovými trubkami vedly do nové vodárny. Ještě dnes bychom při návštěvě dvou sběrných štol zůstali příjemně překvapeni. Štoly jsou vysoké kolem 180 cm, s gotickou klenbou, dokonale obložené kamenným zdívem. Podlaha je posypaná bílou kamennou drtí, která dodnes není nijak znečištěná. Na celé délce třicetimetrové štoly je spadlý jen jediný kámen velký jako pěst.

Rejvíz se velmi brzy rozvinul. Pak ale počet obyvatel trvale stagnoval. Obecní škola se připomíná roku 1848 a roku 1901 měla jednu třídu.

Zemědělství bylo obtížné, avšak okolo obce se do roku 1867 těžila železná ruda pro železářny v Železně (Vrbno pod Pradědem) a v Ondřejovicích a důležité bylo též lesnictví (v obci sídlila biskupská lesní správa). Před rokem 1863 dolování železné rudy zaniklo. K roku 1935 se připomíná pila. Obyvatelstvo se živilo i dřevařstvím a plátenictvím. Od počátku 20. století se objevuje v obci i turistika. Proto se v této malé obci velmi brzy objevuje i moderní infrastruktura a služby. Roku 1924 benzinová čerpací stanice, roku 1925 záložna, roku 1926 místní elektrárna, roku 1928 telefon, roku 1931 obecní vodovod. Roku 1900 se zde uvádí hasičský spolek a roku 1925 Deutscher Kulturverband.

Po první světové válce byla na Rejvízu rozšířena telefonní síť a zaveden elektrický proud vyráběný naftovými nebo benzinovými agregáty a dodávaný místním obyvatelům. V roce 1938 bylo na Rejvízu devadesát domků a kolem 390 obyvatel. Od r. 1940 do 1954 se v obci nepostavila žádná nová stavba mimo ruského zajateckého tábora. Naopak. V letech 1953 až 1959 byly zbourány všechny starší neobývané a mnohdy neobývatelné chalupy v počtu dvaceti devíti.

5. května 1945 byla obec obsazena Rudou armádou. Do roku 1945 byla obec čistě německou, po válce následovalo vysídlení. Po roce 1945 byl Rejvíz dosídlen mj. slovenskými migranty z Rumunska a Řeky, kteří se uchýlili do Československa v důsledku občanské války. Mnozí z nich se však po roce 1975 vrátili do vlasti, a i další obyvatelé Rejvízu opustili. Od 50. let nahradil cestovní ruch definitivně nevýnosné zemědělství jako hlavní aktivita v obci (Rejvíz 2024).



Obr. 2 Letecký pohled na Rejvíz os severovýchodu, 2024. Foto: Jiří Jiroušek – Nebeské.cz.

2. Kostel a farnost

V letech 1808–1809 byl postaven kostel a u něj zřízena škola a roku 1810 i fara. Ve čtvrtek 20. října 1808 byl slavnostně položen základní kámen za přítomnosti komisaře Rothera a kněží z okolí za velkého jásotu obyvatelstva. Základní kámen je vidět na vnější straně vedle vchodu kostela, je na něm nápis: „Grundstein im Jahre 1808“. Na protější straně je mramorová pamětní deska patrona kostela s nápisem: „Unter seiner fürstlichen Durchlout Josef Christian von Hohenlohe“ (pod patronací knížecí Jasnosti J. CH. Hohenlohe). Kostel byl za asistence šesti farářů z okolí v neděli 24. září 1809 vysvěcen a pokřtěn na Jméno Panny Marie. V tento den se také sloužila v kostele první mše. Někdy po roce 1973 byla zrušena rovněž zdejší farnost, od II. světové války neobsazená (Joanis 2006).

3. Významná místa Rejvízu

Rejvíz nabízí návštěvníkům celou řadu přírodních i historických zajímavostí, nejen rašeliniště a mechová jezírka. Řada z nich se řadí k nejnavštěvovanějším v Jeseníkách, i ty méně známé ale určitě stojí za návštěvu.

3.1 Kobrštejn

Zřícenina raně gotického hradu vratislavských biskupů z 2. pol. 13 stol. s nádhernou vyhlídkou po okolí. Po červené turistické značce dorazíte z Rejvízu cca po 4 km převýšení cca 180 m) ke zřícenině raně gotického hradu vratislavských biskupů z 2. pol. 13 stol. (Rejvíz 2024).

Hrad byl postaven na severovýchodním svahu Zámecké hory (934 m n. m.) ve směru do údolí Černé Opavice. Hrad střežil zemskou stezku mezi Zlatými Horami a Vrbnem (Nisa – Olomouc). Současně byl jednou z pohraničních pevností a celních bodů Vratislavského biskupství a sloužil na obranu jeho majetku. Doba zániku hradu není známa, zanikl pravděpodobně ve válkách v 15. století. V písemných zprávách se vyskytuje až v roce 1687 jako pustý, ale keramické střepy datují jeho vznik právě na zmíněný konec 13. století.

S hradem je spojena pověst o skřítcích a zlaté kuželně: na louce pod věží se v poledne, po nenadálém zahřmění, objeví upravená kuželková dráha z ryzího zlata, s šedými kuželkami a královnou z modrého olova. Hru zde hrají tři mužičci ve starodávných šatech, kteří bohatě odmění toho, kdo je jim v takové chvíli ochoten stavět spadané kuželky. Po nějaké době zjevení mizí v prudkém víru.

Skála, na které se tyčí zřícenina hradu je občas využívána i horolezci. Skalní oblast tvoří mohutná okrajová skála a dvě věže se nacházejí o 300 m dále. Skála je tvořená z pegmatitu, místy prorostlého křemenem. Je pevná, bohatě členěná a poskytuje krásné lezení v kolmých až mírně převislých stěnách s mnoha převisy. Cesty jsou jištěny fixními skobami, nýty a kruhy. Skály dosahují výšky do cca 30 m (Joanisis 2006).

3.2 Poutní místo Panny Marie Lurdské, Starý Rejvív

Poutní místo zasvěcené Panně Marii Lurdské (Lourdes Grotte) vybudované v roce 1908 se nachází cca 400 m nad posledním domem (Apartmán Pod Koberštejnem) na Starém Rejvízu u skalního masivu v lese. Přístup je značen od rozcestníku Starý Rejvív (červená/modrá turistická značka), při cestě od Rejvízu odbočka vlevo, kousek do kopce.

Poutní místo bylo vybudováno v r. 1908 k výročí 100 let založení kostela na Rejvízu a současně 50. výročí Lourdské jeskyně ve Francii. Každoročně 1. května procesí věřících doneslo sošku Panny Marie z místního kostela, na konci října ji opět vrátili dočasné do kostela. Jaká mimořádná událost se v místě u Josefových skal stala, není dnes přesně známo. Známa je ale skutečnost, že lidé žijící v nepříznivých drsných podmínkách této horské oblasti dobře věděli o schopnostech nadpřirozené ochrany a uzdravující moci Panny Marie, prostřednictvím vybudovaných svatostánků, symbolů proseb, díky a uctívání se k ní obraceli o pomoc.

Jako mnoho jiných „nežádoucích“ duchovních míst bylo poutní místo po nástupu komunistů k moci po 2. světové válce zničeno. Občanskou aktivitou spolku „Přítelství kamenických a sochařských děl na Jesenicku“, příspěvkem „Spolku pro rozvoj Rejvízu“ a dalších dobrovolníků bylo poutní místo v roce 2006 obnoveno a dne 28. 9. 2006 jej slavnostně vysvětil Msgr. Anton Otte DEKAN IM JVD A. D. (Rejvív 2024).

3.3 Velké mechové jezírko – atraktivní naučná stezka uprostřed národní přírodní rezervace Rejvív

Rejvízská rezervace zahrnuje největší komplex vrchovištního rašeliniště, podmačených smrčín a rašelinných luk na Moravě. Národní přírodní rezervace Rejvív byla vyhlášena v roce 1955. Výměra rezervace je 325,17 ha a 65,34 ha ochranného pásma, nadmořská výška: 734–794 m n. m.

Jádro rezervace je díky vysoké hladině spodní vody zcela bezlesé a tvoří rozsáhlé aktivní rašeliniště. Rašeliniště má dvě části, Malé a Velké mechové jezírko. Malé mechové jezírko je v současnosti značně zazemněné, obklopené neprostupným porostem borovice blatky, která zde dosahuje nejvýšednější hranice svého areálu. Kromě borovice blatky roste v rašelinných borech bříza karpatská a vtroušené smrk ztepilý. Z bylin jsou nejvýznamnější blatnice bahenní, rosnatka okrouhlolistá, dominantu porostů na otevřených rašeliništích tvoří suchopýr pochvatý. Z keříčků jsou hojně zastoupeny rojovník bahenní, kyhanka sivolistá, klikva bahenní a vlochyň bahenní.

Dalším typem ekosystému je rašelinná smrčina a blatkové bory. Tento typ lesa je zde téměř bez podrostu cévnatých rostlin, převažují rašeliničky a mechy. Rašelinné smrčiny obklopují podmačené smrčiny a smrkové kultury na stanovišti podmačených jedlin a jedlových bučin. Četná jsou zde prameniště s blatouchem bahenním, škardou bahenní, kýchavicí bílou Lobelovou apod. Velice charakteristické pro Rejvív jsou biotopy vodou ovlivněných luk s celou řadou vzácných druhů jako prstnatec májový, prstnatec Fuchsův a jejich kříženec prstnatec Braunův, bazanovec kytkokvětý, kamzičník rakouský, korálce trojklanná, ostřice příbuzná nebo mečík střecholistý. Na maloplošných fragmentech horských smilkových trávníků se v poslední době rozrůstá populace všivce ladního, přežívá kociánek dvoudomý. Dekorativní lilie cibulkonosná roste při okraji rezervace.

Z živočichů se na Rejvízu pravidelně objevuje netopýr severní a velké množství hnízdících ptáků např. datel černý, sýc rousný, bramborníček hnědý, chrástal polní, zalétá sem čáp černý, pozoruhodný je výskyt netopýra severního. Dobře jsou prozkoumané vážky – potvrzen byl výskyt arktického druhu šídla rašelinného a lesklíce arktické, dále zde žijí například motýl žluťásek borůvkový. Z obojživelníků stojí za zmínku výskyt čolka karpatského a čolka horského (Rejvív 2024).

Rezervaci vede naučná stezka, bylo zde vybudováno malé informační středisko. Naučná stezka Rejvív se nachází ve stejnojmenné národní přírodní rezervaci v délce cca 3 km, vede do středu největšího moravského rašeliniště k Velkému mechovému jezírku.

Počátek trasy je u penzionu Rejvív (bývalá Noskova chata) a směřuje po žluté turistické značce směrem na Bublavý potok. U zastavení č. 3 je umístěna terénní stanice strážce přírody s pokladnou. Vybírá se zde symbolický příspěvek na údržbu stezky. Po haťovém chodníku pokračuje 2,5 km dlouhá stezka k Velkému mechovému jezírku o ploše 1693 m² a maximální hloubce 3 m. Trasa je značena značkami naučné stezky. Na pěti zastaveních se návštěvník seznámí s bohatými společenstvy rašelinných luk a typickými druhy rozvodnicového vrchoviště. Je přístupná v letní sezóně od května do října.

Celé území leží v mělké pánvi, proto voda z okolních svahů stéká dovnitř, kde je zachycována nepropustným podložím. Smrkový les vlivem silného zamokření odumřel a jeho zbytky, které tvoří ochranné pásmo samotného rašeliniště, postupně ustupují prosvětlenému porostu borovice blatky, do něhož je místy vtroušena bříza, olše a jeřáb. Blatka dosahuje výšky 6–15 metrů. Přes svůj malý vzrůst však mají ty nejstarší stromy přes 150 let (NPR Rejvív 2024).

4. Současný Rejvíz

Územní plán města Zlaté Hory schválený dne 18. 12. 2013 zastupitelstvem města upravuje řadu zásadních věcí i na Rejvízu, např. na celém území města je nepřípustné umístování mobilních domů, maringotek a unimobuněk, pokud nejsou součástí zařízení staveniště a stavební úpravy obytných mobilních staveb na stavby trvalého bydlení. Dále např. na té části řešeného území, která je součástí CHKO Jeseníky, se nepřipouští umístování velkoplošných reklamních staveb a zařízení (billboardů) ani umístování reklam na fasádách domů. Připouští se pouze maloplošné informační tabule v zastavěné části obce (max. rozměry 1,2 m × 0,8 m), informující o umístění rekreačních, restauračních, ubytovacích a podobných objektů (Rejvíz 2024).

5. Závěr

Věříme, že po nesmírně turisticky i meteorologicky zajímavých lokalitách konání horských konferencí v posledních letech (Lysá hora v Beskydech, Kvilda na Šumavě a Jizerka v Jizerských horách) je Rejvíz důstojným pokračovatelem této pěkné tradice. Ti, kteří místo znají, se sem často vracejí a trůfám si říct, že Rejvíz zaujme i ty, kteří jsou zde dnes třeba poprvé.

Literatura:

JOANIDIS, S., 2006. REJVÍZ a báje z okolí. Zlaté Hory. Rula, 202 s. ISBN 80-902929-7-0.

NPR Rejvíz, 2024. [online]. Správa CHKO Jeseníky Dostupné z WWW: <http://www.jeseniky.ochranaprirody.cz/index.php?cmd=page&id=3167>.

REJVÍZ, 2024. [online]. Wikipedia [cit. 15. 3. 2024]. Dostupné z WWW: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Rejv%C3%ADz>.

Klíčová slova: Jeseníky, Mechové jezírko, Kobrštejn

Stručný nástin historie Jesenicka

Pavel Macháček

Vlastivědné muzeum Jesenicka, p.o., Zámecké náměstí 1, 790 01 Jeseník, mach.hacek@seznam.cz

1. Počátky kolonizace na Jesenicku

V procesu kolonizace severního podhůří Jeseníků a Rychlebských hor, který se uskutečnil v průběhu 13. století, sehrálo rozhodující roli vratislavské biskupství. Na počátku 14. století došlo k ustavení církevního knížectví s centrem v Nise, jehož jižní část představovalo Jesenicko s vytvořenou základní sítí osídlení, která přetrvala do současnosti. Svrchovanými pány nízkého knížectví se na dlouhá staletí stali vratislavští biskupové a odrazem této skutečnosti se stala pevnost katolické víry a konzervatismus místního obyvatelstva.

Úzké propojení s diecézí však představovalo nevýhodu v čase válek, neboť církevní zboží lákalo nepřátelské armády ke kořistění. Období rozvoje Jesenicka spojené s érou těžby drahých kovů skončilo v bouřlivém 15. století, které bylo poznamenáno husitskými válkami. Přestože myšlenky Mistra Jana nedopadly na Jesenicku na příliš úrodnou půdu, kraj těžce zpustošil vpád husitů do Slezska v roce 1428 a katolická Vratislav zůstávala v opozici vůči kališnické vládě v Praze i v neklidných desetiletích po vymření dynastie Lucemburků (Fukala 2007).

Teprve konec 15. století spojený s definitivním potvrzením vlády Vladislava Jagelonského nad českými zeměmi odstartoval další epochu mírového rozvoje regionu, v níž závěrečnou etapou prošlo dolování zlata, za kterým jeho dobyvatelé museli pronikat do stále větších hloubek. Výraznější zaměření tehdejších vratislavských biskupů na světské záležitosti sice umožnilo vyrašení luteránských výhonků mezi jejich šlechtickými leníky na Jesenicku, ale poddanské obyvatelstvo příliš nadšené pro novou víru nesdílelo. V dlouhém období mírového rozvoje došlo k opětovnému vysazení některých dříve zpustlých vsí a k zakládání nových osad. S vývojem vojenství ztratily středověké fortifikace svou původní funkci a biskupský hrad v Javorníku byl na počátku 16. století přestavěn na pohodlný renesanční zámek Jánský Vrch.



Obr. 1 Zámek Jánský Vrch. Foto: Miroslav Trávníček.

2. Období neklidu a velkých změn

Poklidný rozvoj Jesenicka ukončila třicetiletá válka, která s sebou přinesla nejen vpády znepřátelených vojsk, ale i strádání obyvatelstva, hlad a těžké morové rány. Zjitřená doba zároveň odstartovala excesy čarodějnických procesů, které si v následujících desetiletích vybraly na Jesenicku několik desítek obětí. Druhá polovina 17. století probíhala ve znamení nápravy škod. Těžba zlata a ražba mincí vratislavskými biskupy měla jen prestižní charakter, neboť se pohybovala na hranici rentability. Regionální rozměr mělo také zpracování železa, produkce skla nebo řemeslná výroba, výjimku představoval rozvoj domácího zpracování příze a plátenictví, jehož produkce končila na zahraničních trzích. Situaci v zemědělství charakterizovalo utužení poddanských poměrů (Zuber 1966).

Dramatické změny přinesl rok 1740 spojený se smrtí císaře Karla VI. Na dědictví jeho dcery Marie Terezie se vrhl houf uchvatitelů, z nichž nejagresivněji si počínal pruský král Fridrich II. Veliký. Vstup jeho armád do Slezska odstartoval čtvrtstoletí válek mezi vídeňským a berlínským dvorem. Následkem vratislavského míru ztratila Marie Terezie většinu Slezska a ani přes pozdější pokusy se jí nepodařilo získat ji zpět. Niské knížectví bylo rozděleno nově stanovenou státní hranicí a jeho jižní část, kterou představovalo Jesenicko, zůstala odtržena od dosavadního centra v Nise. Z toho důvodu musela být ustavena zemská vláda pro rakouský díl niského knížectví, jejíž význam stoupl v době téměř tři desetiletí trvajícího nuceného exilu vratislavského biskupa Filipa Gottharda Schaffgotsche na zámku Jánský Vrch. Přítomnost hlavy vratislavské diecéze na Jesenicku se projevila v rozvoji kulturního života regionu a pobytu umělců, kteří by jinak do této periferní oblasti zřejmě nikdy nezavítali. Nepřátelské vztahy s Pruskem se na Jesenicku projeví ještě v době sporu Habsburků s Hohenzollerny o dědictví bavorské, kdy pruské vojsko roku 1779 vtrhlo na Zlatohorsko. V bitvě pod poutním kostelem sv. Rocha však bylo poraženo.

3. Rozvoj oblasti Jesenicka

Konec 18. století spojený se zaváděním novinek v zemědělské výrobě spolu s příznivými dopady osvícenských reforem vedl k prudkému růstu populace na Jesenicku. Zároveň probíhala parcelace panských velkostatků a docházelo zakládání nových sídelních jednotek. Do této doby lze zařadit i založení osady Rejvíz, která vznikla v rámci kolonizační činnosti biskupa Filipa Gottharda Schaffgotsche. Všeobecný pokrok se projevoval také v lepší organizaci lesnictví, v zemědělství se zavádělo pěstování brambor a pčínin. První polovina 19. století se stala předzvěstí nového věku. Plátenictví, železářství, vápenictví, sklářství a produkce papíru získávaly manufakturní charakter a stály na prahu průmyslové výroby. Obraz Jesenicka měnilo i rodící se lázeňství (Jirásek 2011).

Konec patrimoniálních vztahů a vznik občanské společnosti v letech 1848–1849 se sice na Jesenicku obešel bez revolučních událostí, situace však byla napjatá, neboť neúroda brambor v polovině 40. let dala vzpomenout na časy hladomorů a krize v plátenictví uvrhla stovky rodin do bída. Nejvýznamnější změna však zasáhla venkov, který zachvátilo nadšení po zrušení roboty. Léta 1850–1914 patří v dějinách regionu k nejšťastnějším. Rozvoj občanské společnosti byl provázen vznikem četných spolků. Technologický pokrok umožnil rozkvět textilního průmyslu, těžby a zpracování žuly a mramoru a vznik řady dalších průmyslových podniků, které přinesly do kraje prosperitu. Jesenicko v tomto období patřilo k nejrozvinutějším oblastem habsburské monarchie. I po smrti Vincenze Priessnitze se podařilo udržet věhlas jesenických lázní a na Gräfenberk se sjížděli pacienti z celé Evropy.

4. Dramatická část 20. století

Čas poklidného vývoje však přervaly výstřely první světové války, které nejenže přinesly smrt tisícovkám jesenických mužů, ale znamenaly i rozpad středoevropského soustátí. Obyvatelé Jesenicka, kteří se v drtivé většině hlásili k německé národnosti, přijali vznik Československa s nevolí a na podzim 1918 požadovali připojení k Německému Rakousku (Gawrecká 2002). O budoucnosti střední Evropy se však rozhodovalo na mírové konferenci v Paříži a ta jejich požadavky zamítla.

Sounáležitost místních obyvatel s novým státem se rodila těžce. Ke zmírnění napětí došlo až ve druhé polovině 20. let. Z tehdejších 72 000 obyvatel okresu tvořili Češi pouhá čtyři procenta.



Obr. 2 Jubilejní pomník Vincenze Priessnitze.
Foto: Miroslav Trávníček.



Obr. 3 Lázeňský dům Priessnitz. Foto: Miroslav Trávníček.

Cestu obou etnik ke smíru však rozmetaly dopady světové hospodářské krize, které těžce dolehly na Jesenícko, jehož průmysl byl orientován převážně na export. Ve druhé polovině 30. let se jeseničtí Němci v drtivé většině postavili na stranu henleinovců a uvítali rozbití Československa. Jesenícko se na sedm let stalo součástí Německé říše. Důsledky druhé světové války, která zanedlouho vypukla, však byly devastující. Porážka nacismu vedla k odsunu převážné části Němců z Jesenícka a vyliďněný region nebyl dostatečně dosídlen. Zatímco průmyslové podniky se alespoň částečně podařilo konsolidovat, kolektivizace zemědělství v 50. letech znamenala rozvrat života na venkově spojený s odchodem části obyvatel Jesenícka do nově se rodících průmyslových center. Teprve v dalších desetiletích se plošnou výstavbou bytů a tvorbou nových pracovních míst podařilo populační propad stabilizovat.

5. Závěr

Region Jesenícka si udržel charakter rekreačně lázeňské oblasti, k čemuž přispělo i vyhlášení Chráněná krajinná oblast Jeseníky (v roce 1969). Konec milénia spojený s pádem komunismu přinesl nové možnosti, zároveň však ukázal, že cesta k opětovné prosperitě Jesenícka nebude jednoduchá.

Literatura:

FUKALA, R., 2007. Slezsko. Neznámá země Koruny české. České Budějovice.

JIRÁSEK, Z. a kol., 2011. Slezsko v 19. století. Opava.

GAWRECKÁ, M., 2002. Němci ve Slezsku 1918–1938. Opava.

ZUBER, R., 1966. Jesenícko v období feudalismu do roku 1848. Ostrava.

Klíčová slova: kolonizace, lázeňství, Slezsko

Adaptace vybraných živočichů a rostlin z jesenické přírody na místní klimatické podmínky

Ludmila Slezáková

Vlastivědné muzeum Jesenicka, Zámecké náměstí 1, Jeseník 790 01, biolog@muzeumjesenik.cz

1. Úvod

Různé druhy živočichů a rostlin mají odlišné strategie přežití v určitých klimatických podmínkách. V našich zeměpisných šířkách se musí vypořádat především s chladným zimním obdobím, které se ještě výrazněji projevuje na horských hřebenech Hrubého Jeseníku, nejvyššího pohoří Moravy a Slezska. Různé adaptace na chladné období si ukážeme na příkladu vybraných živočichů, adaptace na horské prostředí zase na příkladu rostlin.

2. Adaptace živočichů na chladné období

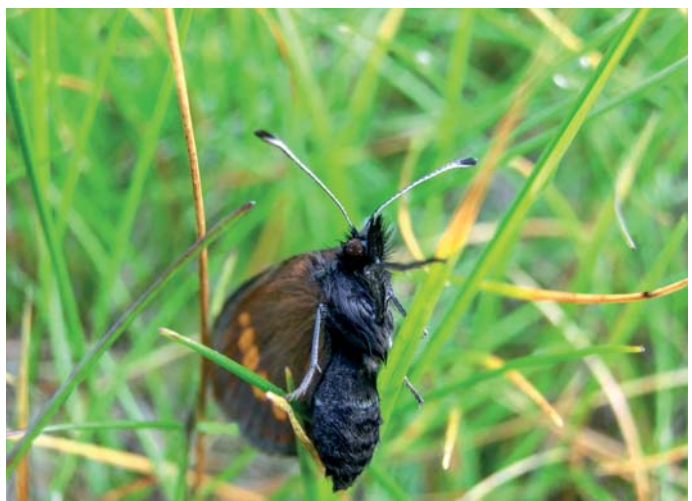
Různé Mnozí bezobratlí živočichové upadají přes zimu do stavu **strnulosti (diapauzy)** nebo ji přecházejí ve stádiu vajíčka, larvy či kukly. Rekordmanem v této oblasti je miniaturní živočich želvuška, který ve stavu tzv. **anabiózy** dokáže přežít i teploty blízké absolutní nule ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$). Přestože želvuška žije i v Jeseníkách, není to úplně typický horský živočich a nejedná se ani o dobrý příklad adaptace na chladné klima. Želvuška totiž v tomto stavu přežije rovněž teplotu $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, tlak šestkrát vyšší, než jaký je na nehlubším místě oceánu, a radioaktivitu v dávkách tisícinásobně převyšujících smrtelnou dávku pro člověka. Zaměříme se proto raději na druhy, jež můžeme pozorovat přímo na horách a které adaptaci na chladné prostředí ztělesňují mnohem názorněji.

Při výstupu na hřeben Jeseníků si v okolí chaty Alfrédky nelze nepovšimnout množství kupovitých hnízd mravence podhorního. S nástupem chladného zimního počasí utěsní dělnice všechny vchody do mraveniště, zpevní jeho stěny a přestěhují se do hlubších podzemních prostor mraveniště, kde upadají do stavu **chladové strnulosti**. Někteří mravenci však zůstávají při povrchu mraveniště, aby mohli reagovat na změny venkovního počasí. Jsou to vlastně takoví meteorologové, kteří sledují počasí. Když odtaje sníh z mravenčí kupy a ta se začne sluncem zahřívat, vyburcuje ostatní mravence ze zimního klidu a začnou **aktivně protěplovat vnitřek hnízda**. Svá těla vyhřívají na slunci a teplo pak nosí dovnitř mraveniště. Funguje to jako živý solární kolektor na střeše mraveniště.

Někteří motýli **zimují ve stádiu housenky**. Příkladem může být bělopásek topolový, kterého najdeme na mnoha místech naší republiky. V Hrubém Jeseníku byl nalezen i ve výšce 1 350 m n. m. Před zimováním dojde k částečnému **odstranění vody z tkání** housenky, čímž klesne riziko mrazového poškození buněk, a její velikost se zmenší zhruba na polovinu. Na jaře, ještě před vyrašením nových listů, ukončí housenky **hibernaci** tím, že se napijí a doplní vodu ve svých tkáních, přičemž se obnoví i původní velikost jejich těla. Poté znovu upadají do druhého klidového období, tzv. **posthibernace**, ze kterého procitnou až ve chvíli, kdy na stromech vyraší nové listy.

Na horských hřebenech Jeseníků poletují motýli okáč horský a okáč menší. Zatímco prvně jmenovaný se vyskytuje přímo na hřebeni, druhý obývá prameniště, kary a vysokostébelné nivy. Oba okáči mají **chlupaté tělo**, což jim spolu se šupinami na křídlech pomáhá udržovat teplotu těla za letu. Díky **tmavému zbarvení** a menší velikosti zase mohou pružně reagovat na změny počasí – na slunci se rychleji prohřívají, **menší velikost** je pak výhodou při hledání úkrytu před nepřízní počasí. Jakmile se obloha zatáhne, shlukují se v porostech trav nebo borůvek. Pokud se cítí ohrožení, pomocí trhavých pohybů se **aktivně propadají** hlouběji do porostu travin, čímž ušetří drahocennou energii, kterou by museli vynaložit na odlétnutí.

Studenokrevní obratlovci, jako jsou plazi, nemají stálou tělesnou teplotu, ale přebírají ji od svého okolí. Aby mohlo jejich tělo fungovat, musejí se nahřát.



Obr. 1 Husté chlupaté tělo okáče menšího. Foto: Vít Slezák.

V klimatických podmínkách mírného pásu proto během zimního období **upadají do stavu strnulosti**, kdy se vlivem okolní teploty snižuje i jejich tělesná teplota a látková výměna. Nejotuzilejšími druhy plazů vystupujícími ve svém areálu rozšíření až za polární kruh jsou ještěrka živorodá a zmije obecná. Oba druhy se na chladnější klima mimo zimní období adaptovaly také **způsobem rozmnožování, vejcoživorodostí nebo živorodostí**. U ještěrky živorodé je pozoruhodný rozdílný způsob rozmnožování v závislosti na geografickém rozšíření, resp. klimatických podmínkách. V našich zeměpisných šířkách jsou populace živorodé, respektive vejcoživorodé. Vajíčka se vyvíjejí ve vejcovodech samice, mají tenký blanitý obal a bezprostředně po naklazení se z nich líhnou plně vyvinutá mláďata. Na jihu areálu rozšíření jsou však známy populace, kde samice kladou a zahrabávají vejce s pevným kožovitým obalem do vlhké země a v srpnu se z nich líhnou mladé ještěrky. V tomto případě probíhá inkubace vajec mimo tělo matky.



Obr. 2 Březí samička ještěrky živorodé. Foto: Karel Branský.

Zmiji obecnou potkáme i v nejvyšších polohách Jeseníků. Aktivní bývají od půlky března do začátku října, v závislosti na nadmořské výšce a počasí. Rozhodně pro ně tedy neplatí známá pranostika: „Na svatého Jiří vylézají hadi a štíři“. Zmije **rodí živá mláďata**. Zárodky bez vaječných obalů jsou v těle matky vyživovány hustou sítí vlásečnic, jakousi primitivní žlutkovou placentou, a samice se v létě **musí slunit**, aby se mohly zárodky dobře vyvíjet. Porod nastává v září a mláďata se ještě po nějakou dobu zdržují u matky. Zmije obvykle loví v noci a ve dne se schovává nebo se vyhřívá na slunci. Severské populace loví převážně ve dne, protože v noci na ně bývá příliš chladno. Na zimu si najdou vhodný úkryt, a přestože se jedná o druh teritoriální, využívá zmije výhod **společného zimování**, kdy jsou těla navzájem propletených hadů lépe chráněna před chladem. Pozoruhodné je i zbarvení zmijí. Běžně mají na zádech charakteristickou klikatou čáru, ale zmije žijící v horách nebo na severu mívají často **zbarvení tmavé až černé**, což jim usnadňuje akumulovat teplo a zajistit si větší pohyblivost a úspěšnější lov.



Obr. 3 Černá forma zmije obecné. Foto: Vít Slezák.

Osvědčenou strategií některých teplokrevných saveců, jak přežít chladnou zimu a tím i překonat nedostatek potravy, je **pravý zimní spánek neboli hibernace**. Významnou skupinou jsou letouni, tj. netopýři a vrápenci, kteří v Jeseníkách kromě přirozených jeskynních zimovišť využívají k zimování i rozsáhlý systém štol a důlních děl. Na podzim si netopýr **vytvoří tukové zásoby** a s klesající venkovní teplotou vyhledá vhodný úkryt. Při usínání **aktivně snižuje svou tělesnou teplotu** až na úroveň okolního vzduchu, tím se zároveň zpomaluje tepová frekvence až na 4 tepy za minutu a dýchání asi na 5 až 20 nádechů za minutu. Během zimy se mohou i několikrát probudit, aby se vyprázdnili nebo odletět na vhodnější místo. Pozoruhodné je, že zimující netopýr se může přemístit na krátkou vzdálenost, aniž by se úplně probudil, jak bylo zjištěno při výzkumech zimujících netopýrů vedených doc. Bartoničkou. Tyto poznatky, které bez nadsázky přepsaly učebnice biologie, pocházejí z výzkumů ve štolách nedaleko Malé Morávky v Jeseníkách.

Ze zajímavých hlodavců obývá Jesenícko vzácná myšivka horská. Vyhledává vlhká stanoviště s bohatým bylinným podrostem mimo souvislé lesy. Velkou část roku stráví v podzemí **zimním spánkem**, do kterého upadá po příchodu prvních mrazíků. Do **stavu strnulosti** však může na čas upadat i **během deštivého a chladného léta**. Její tělesná teplota může během dne kolísat i v rozmezí několika stupňů. Dalším hlodavcem žijícím v této oblasti je plch velký, kterému se kvůli délce zimního spánku přezdívá sedmispáč – skutečně totiž prospí až sedm měsíců v roce.

Existují však rovněž savci, kteří mají tak rychlý metabolismus, že v zimě hibernovat nemohou. Drobný hmyzožravec rejsek obecný se i v zimě pohybuje pod sněhem a vyhledává potravu, již mimochodem musí každý den spořádat tolik, kolik sám váží. V roce 1949 publikoval August Dehnel výsledky svého bádání, při němž si všimnul, že lebky rejsků odchycených v zimním období jsou menší než lebky rejsků odchycených v období letním. Tento jev byl nazván **Dehnelův fenomén**. Dnes víme, že k sezónním změnám dochází u rejsků nejen ve velikosti lebky, ale i mozku, jater, sleziny a dalších

důležitých orgánů. Důvodem je zřejmě potřeba snížení energetických nákladů na přežití náročného období s nedostatkem potravy. Podobná situace nastává i u lasice kolčavy, hranostaje i krtka obecného.

Z kopytníků je na zimní období nejlépe vybaven kamzík horský, který sem byl dovezen z Alp v roce 1913. Jeho **kopýtka mají tvrdou hranu**, která spolu s elastickým vazivem snižuje riziko uklouznutí na ledu, blána mezi prsty pak umožňuje roztažení kopýtek a působí jako sněžnice. Stejně jako ostatní savci má kamzík **zimní srst hustou podsadu** chráněnou **delší krycí vrstvou**. Chlupy jsou duté, vyplněné vzduchem. Díky této skvělé izolaci snesou kamzíci i velké mrazy.

3. Adaptace rostlin na horské prostředí

Různé bylinná a keříčkovitá společenstva alpských holí se musela přizpůsobit především zimnímu promrzání, protože na vyfoukávaných hřebenech hor vysokou vrstvu sněhu nenajdeme. V létě tyto polohy trpí přehříváním půd, vysokou intenzitou slunečního záření a silnými větry. Není tedy divu, že v kombinaci s omezeným přísunem živin a krátkým vegetačním obdobím zde roste zcela unikátní flora. Jiná situace panuje v závětrných místech v horských kotlinách, kde jsou rostliny chráněny před klimatickými extrémy, což je jedním z důvodů, proč patří k druhově nejbohatším stanovištím. V zimě se zde kumuluje sníh, který chrání půdu i vegetaci před promrzáním a na jaře je zdrojem vláhy. Vítr sem navíc přináší a ukládá půdní částice, živiny i semena rostlin.

Život horských rostlin je předurčen **délkou vegetačního období**. Nad horní hranici lesa již nepanují vhodné klimatické podmínky pro růst stromů a přetrvávají zde jen nízké keře, trávy, byliny, mechy a lišejníky. Většinou se jedná o vytrvalé druhy, jednoletky se v alpském pásmu téměř nevyskytují, protože by nestačily dokončit svůj životní cyklus. Při omezeném přísunu živin a tepla je pro rostliny výhodnější **vegetativní rozmnožování**. Pomocí **výběžků** se rozmnožuje i zdejší nejvzácnější endemická tráva lipnice jesenická, neboť přestože je schopna vyprodukovat semena, její biotop – Petrovy kameny – se vyznačuje natolik extrémními podmínkami, že uchycení semenáčků je vzácné. Zvláštním způsobem nepohlavního rozmnožování, kdy sice vznikají semena, ale bez účasti pylu, je **apomixie**. Tato strategie je v nepříznivém klimatu výhodná, protože rostliny nejsou závislé na opylovačích a zároveň se semena a plody dostanou dál než výhonky. Většina apomiktních rostlin se může rozmnožovat i pohlavně (jestřábníky). Jediným rodem, u kterého není v současnosti pohlavní rozmnožování známo, je kontryhel. V blízkosti horní hranice lesa se mohou vegetativně rozmnožovat dokonce i smrky, a to **hřížením** spodních poléhavých větví.

Při generativním rozmnožování rostlin je nezbytná přítomnost opylovačů – hmyzu, jehož aktivita je však závislá na okolní teplotě. Výjimku tvoří čmeláci dorůstající v horách větších rozměrů, což jim zajišťuje lepší termoregulaci a mohou tak létat i při nižších teplotách ve srovnání s ostatními opylovači. Pokud horské rostliny využívají jejich služeb, tvoří pro ně atraktivní **větší květy**, než kdyby rostly v nižších polohách (zvonek okrouhlolistý). Zcela specifickou adaptaci na opylení má rdesno hadí kořen. Nejprve produkuje oboupohlavné květy, v nichž ale dozrávají nejprve prašníky s pylem, který je hmyzem přenášen na květy starších rostlin. Prašníky pak opadají a začínou růst čnělky s bliznami, které opyluje hmyz pylem z mladších rostlin. Poté se začínou rozvíjet květy pouze samčí (s prašníky) a jejich pyl se syje na blizny sousedních květů. Dochází k **samoopylení**, čímž si rostlina pojistí případný nedostatek opylovačů. Za **zbarvení květů** vysokohorských rostlin v barevné škále od růžové přes fialovou až po modrou (oměj tuhý, zvonek jesenický, havez česnáčková, hvězdnice alpská, rdesno hadí kořen) je zodpovědný antokyan, jehož tvorba je podmíněna nižší teplotou. Běžné jsou i květy žluté a oranžové (pryskyřník prudký, mochna zlatá, upolín nejvyšší, kamzičník rakouský). Hmyz vnímá i ultrafialovou část spektra a žluté květy vidí uprostřed tmavší, což ho naláká k nektáriím. Trávy vsadily na **opylování větrem**.

Vysoká intenzita slunečního záření spolu s chladem podmiňují nízký vzrůst horských rostlin. Nejen že nižší rostliny nejsou tolik vystaveny studenému vzduchu a silnému větru, ale navíc mohou využívat teplo z vyhřátého substrátu. Výhodou je také **keříčkovitý nebo trsovitý vzrůst** napomáhající rostlinám udržet si více tepla, než kdyby rostly o samotě. Na Petrových kamenech roste vzácná vrba bylinná jako drobný keřík s plazivými podzemními kmínky. Ač běžně jsou vrby vyšší keře nebo stromy, tento druh se svým vzrůstem přizpůsobil extrémním podmínkám. V trsech vyrůstají trávy, z těch vzácných např. tomka alpská. Ochranu před chladem i slunečním zářením poskytuje rostlinám **plst'** (protěž norská) nebo **chlupy**. Zvonek vousatý, vyobrazený ve znaku CHKO Jeseníky, získal své druhové jméno právě podle chlupů. Chlupatá těla mají i jestřábníky, jejichž další výhodou v chladném prostředí je **přízemní listová růžice**, jejíž tvar soustřeďuje sluneční záření (jestřábník alpský,



Obr. 4 Lipnice jesenická na Petrových kamenech.
Foto: Ludmila Slezáková.

prha arnika, pupava bezlodyžná). Ochranou před vysokou intenzitou UV záření jsou kromě nízkého vzrůstu a chlupů i **malé členité nebo složené listy** (koprníček bezobalný, sasanka narcisokvětá) nebo **vosková vrstvička** na listech (brusnice brusinka).

Aby mohly vytrvalé rostliny přezimovat, musí ochránit své přezimovací pupeny před silným **mrazem**. Ideální ochranou je sněhová pokrývka, pod níž některé rostliny přezimují v **zeleném stavu** (klikva bahenní, brusnice brusinka), což je v krátkém vegetačním období výhodné. Z Tater dokonce známe druhy (např. dřívátka karpatská), které mohou rozkvétat už pod sněhem. V Jeseníkách dřívátka neroste, ale např. mochna zlatá vytváří nové listy v době, kdy má nad sebou ještě vrstvu sněhu.

Silný vítr na hřebenech hor je příčinou deformací korun smrků při horní hranici lesa. Koruna nabývá vlajkového tvaru, protože její větve jsou na straně, odkud fouká vítr polámané, vysušené a obrušované unášenými ledovými krystalky. Na stromě zůstávají jen větve chráněné kmenem, tedy směřující na východ.

4. Závěr

Výše podaný výčet živočišných a rostlinných druhů z jesenické přírody a jejich přizpůsobení se klimatickým a meteorologickým faktorům není ani zdaleka kompletní. Navíc i příroda uprostřed střední Evropy skrývá mnohá tajemství, která teprve čekají na objevení. Nezbyvá než doufat, že příroda, ať se na ni podíváme z jakéhokoliv pohledu, třeba i právě očima meteorologa, nás bude neustále přivádět k úžasu svou pestrostí, vynalézavostí a krásou.

Literatura:

ČAMAJOVÁ, E., JABLONSKI, D., 2004. Ještěrka živorodá (*Zootoca vivipara*) jen zdánlivě opomenutý druh evropské herpetofauny. *Fauna*, 17/2014, s. 30–33.

DMITRIJEV, J. D., HORÁČKOVÁ, J. (eds.), 1988. Obojživelníci a plazi: známí i neznámí, pronásledování, chránění. Praha: Lidové nakladatelství.

FOLBROVÁ, M., 2016. Horský fenomén a jeho role při speciaci na příkladu endemických zástupců rodu *Campanula* ve střední Evropě. Bakalářská práce, Praha.

HROUDA, L., JANOVSÝ, Z., ŠTENC, J., PONERT, J., NĚMCOVÁ, L., 2019. Intimní život rostlin. Souhrnné texty k výstavě Intimní život rostlin skleník Fata Morgana. Praha: Botanická zahrada Praha.

KURAS, T., SITEK, J., LIŠKA, J., MAZALOVÁ, M., ČERNÁ, K., 2009. Motýli (Lepidoptera) národní přírodní rezervace Praděd (CHKO Jeseníky): implikace poznatků v ochraně území. *Časopis Slezského Muzea Opava (A)*, Vol. 58, s. 250–288.

MACEK, J., LAŠTŮVKA, Z., BENEŠ, J., TRAXLER, L., 2015. Motýli a housenky střední Evropy. Atlas (Academia). Praha: Academia.

NOVÁKOVÁ, L., 2021. Záhadný Dehnelův fenomén. Přírodovědci.cz. *Magazín Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy*, 03/2021.

POLÍVKA, F., 1904. Názorná květena zemí koruny české: obsahující též čelnější rostliny cizozemské, pěstované u nás pro užitek a okrasu. V Olomouci: Nákladem R. Prombergra.

ZEIDLER, M., BANÁŠ, M., 2013. Vybrané kapitoly z ekologie horských ekosystémů. Olomouc: PŘF UP.

Klíčová slova: okáč, ještěrka, zmije, lipnice, zvonek



Obr. 5 Zvonek vousatý. Foto: Ludmila Slezáková.

Rozbor těžeb na LHC Jeseník v letech 2018–2023

Filip Beneš

Lesy České republiky, s. p., Lesní správa Jeseník, Zámecké náměstí 2/2, 790 01 Jeseník, filip.benes@lesycr.cz

1. Úvod

Péče o les s lesními porosty je nezbytná pro přípravu krajiny jako celku na klimatickou změnu. Samotná těžba, zejména těžba úmyslná, tj. výchovná a obnovní, je nenahraditelným a často jediným nástrojem lesníka při pěstební péči. Rozsah nahodilých těžeb v posledních letech byl ovšem takový, že úmyslné těžby byly na většině lesních majetků velmi omezeny.

Lesní hospodářský celek (LHC) Jeseník byl v posledních letech silně zasažen kůrovcovou kalamitou. Výše nahodilých těžeb výrazně ovlivnila stav lesních porostů na hodnoceném území a byla do značné míry limitujícím faktorem při lesnickém hospodaření. Nejvíce postiženými nahodilou těžbou byly smrkové porosty. Smrk však nebyl zdaleka jedinou dřevinou, která byla poškozena nahodilou těžbou. Samotná výše nahodilých těžeb způsobila překročení ročních etátů těžby a současně neumožnila provádět těžby výchovné a obnovní v potřebném rozsahu. Cílem tohoto příspěvku je provést rozbor těžeb na LHC Jeseník z období let 2018–2023 a upozornit na negativní možné negativní důsledky nahodilých těžeb s ohledem na klimatickou změnu. Jsou porovnány těžby nahodilé s těžbami úmyslnými, proveden rozbor nahodilých těžeb dle škodlivých činitelů a dřevin.

2. Základní popis LHC Jeseník

Lesní majetek je ve správě Lesů České republiky, s.p., LS (Lesní správa) Jeseník. Vlastníkem pozemků je Česká republika. Lesní hospodářský plán (LHP) pro LHC Jeseník má platnost od 1. 1. 2018 do 31. 12. 2027 (LHPprojekt a.s. 2018). Celková plocha pozemků určených k plnění funkcí lesa byla při počátku platnosti LHP 11 821 ha. Dle mapy klimatických oblastí (Quitt 1975) se na hodnoceném území nacházejí oblasti chladné CH4, CH6 a CH7 a oblasti mírné teplé MT7 a MT8. Území je pokryto všemi lesními vegetačními stupni, ovšem převládá 3. až 5. LVS (lesní vegetační stupeň). Z typologického hlediska jsou plošně nejvýznamnější živná (56,62 %) a kyselá (29,5 %) řada.

3. Rozbor těžeb

Z tab. 1 je zřejmé, že v hodnoceném období zcela převládá nahodilá těžba. Při obvyklém ročním etátu 84 400 m³ je tento překročen vlivem nahodilých těžeb v letech 2018 až 2020. V roce 2018 to bylo více než trojnásobně. Maximální celková výše těžeb pro LHC Jeseník byla při schvalování LHP (lesní hospodářský plán) v roce 2018 stanovena na 844 000 m³. V roce 2023 bylo pak požádáno o navýšení maximální celkové výše těžeb pro LHC Jeseník o 456 000 m³, tj. na celkových 1 300 000 m³. Navýšení bylo krajským úřadem Olomouckého kraje schváleno a to v celém rozsahu bez omezení druhů těžeb. Těžba úmyslná zaujímá z celkových těžeb za hodnocené období cca 14 %. V letech 2018 a 2019, kdy množství nahodilých těžeb násobně překračovalo roční etát, dosahoval podíl úmyslných těžeb jednotek procent. S poklesem nahodilých těžeb v následujících letech je patrný nárůst podílu úmyslných těžeb na 32 %.

Tab. 1 Celkový přehled těžeb dle druhů v letech 2018–2023 v m³ a podíl úmyslné těžby v %.

Rok	Těžba výchovná	Těžba obnovní	Těžba nahodilá	Těžba mimořádná	Celkem	Podíl úmyslné těžby v %
2018	1 610	785	266 614	0	269 009	1
2019	3 378	8 689	166 804	879	179 750	7
2020	7 453	19 693	91 440	1 506	120 092	24
2021	11 151	24 030	75 874	1 020	112 075	32
2022	8 977	8 136	68 845	41	85 999	20
2023	14 790	166 09	68 577	358	100 334	32

Z pohledu dřevin v těžbě nahodilé dominuje smrk. V roce 2018 je to dokonce 96 %. Nejméně je to 85 % v roce 2021. Vysvětlení je nasnadě. Smrk na počátku platnosti LHP na LHC Jeseník tvořil necelých 63 % zásoby dříví. Tab. 2 mimo jiné přibližuje rozdělení nahodilých těžeb u smrku. Zcela jasně převládá kůrovcová těžba. V rámci hodnoceného období je to 60 % ze všech nahodilých těžeb u dřeviny smrk. Nejvyšší hodnoty 208 378 m³ dosáhla kůrovcová těžba v roce 2018. Nejnižší naopak v roce 2021, kdy dosáhla výše 17 512 m³. Patrné je pak výrazné snížení kůrovcových těžeb v letech

2019 až 2021. Na snížení objemu kůrovcové dříví mělo největší vliv počasí. V roce 2022 došlo k opětovnému navýšení kůrovcových těžeb na 33 197 m³. Na druhém místě je těžba živelná s 22 %. Ta se v letech 2018 až 2021 pohybovala okolo 30 tis. m³ za rok. V letech 2022 a 2023 došlo k výraznému snížení zpracování živelných nahodilých těžeb na cca 12 tis. m³, respektive 10 tis. m³. Na zbylé druhy nahodilých těžeb, tj. obranná opatření proti kůrovcům (lapáky), těžba souší a těžba stromů poškozených václavkou zůstávají jednotky procent. Zřetelný je postupný nárůst václavkových těžeb.

Tab. 2 Nahodilá těžba ve dřevině smrk dle škodlivých činitelů v m³ a podíl smrku na nahodilých těžbách v %.

Rok	Kůrvec	Lapáky	Živelná	Václavka	Souše	Celkem	Podíl SM na nahodilých těžbách v %
2018	208 378	4 576	31 427	4 977	7 513	256 871	96
2019	99 389	3 315	33 405	5 651	14 898	156 658	94
2020	28 923	1 2587	32 089	4 568	4 544	82 711	90
2021	17 512	4 923	32 223	5 845	3 813	64 316	85
2022	33 197	3 800	12 130	8 419	6 184	63 730	93
2023	28 404	4 368	10 277	10 707	89 65	62 721	91
Celkem	415 803	33 569	151 551	40 167	45 917	687 007	93

U ostatních dřevin nedosahovala výše nahodilých těžeb zdaleka tak vysokých hodnot jako u smrku (viz tab. 3). V součtu za sledované období to bylo nejvíce u buku 12 416 m³. V porovnání podílu nahodilé těžby na zásobě dřeviny dosahuje nejvyšší hodnoty smrk 33 %, dále buk 24 %, jedle 22 %, jasan 15 %. Ostatní dřeviny nepřesahují hranici 10 %. Na druhou stranu byla v rámci nahodilé těžby zpracována poměrně široká škála dřevin včetně břízy, olše či lípy (viz tab. 4). Důvodů pro zpracování těchto dřevin v rámci nahodilé těžby je více, často jsou to stromy poškozené větrem nebo naopak souše, které ohrožují provoz na veřejných komunikacích v těsné blízkosti lesních pozemků. Obecně lze však říci, že pokud listnaté dřeviny odumrou a stávají se z nich souše, zpracovávají se v daleko menší míře než smrk, protože nepředstavují pro ochranu lesa žádné riziko z pohledu namnožení škůdců. Dále je zpracování nahodilé těžby v listnatých dřevinách částečně omezeno malou poptávkou zpracovatelů po tomto dříví.

Tab. 3 Nahodilá těžba vybraných dřevin v m³.

Rok	Buk	Borovice	Bříza	Dub	Jedle	Javor	Jasan	Lípa	Modřín	Olše	Celkem
2018	1 950	2 414	79	212	620	251	1 728	175	1 779	169	9 377
2019	2 921	1 837	190	250	677	345	1 117	250	1 451	265	9 303
2020	2 508	1 316	147	154	479	329	1 477	166	1 604	231	8 411
2021	2 832	2 783	145	365	430	312	1 499	274	2 427	124	11 191
2022	1 205	593	120	96	232	164	1 398	92	650	89	4 639
2023	1 000	737	138	92	191	329	1 119	122	1 336	133	5 197
Celkem	12 416	9 680	819	1 169	2 629	1 730	8 338	1 079	9 247	1 011	48 118

Tab. 4 Nahodilá těžba vybraných dřevin m³ a její procentický podíl na zásobě dřeviny.

Dřevina	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Celkem	Zásoba dřeviny v m ³	Podíl nahodilé těžby na zásobě v %
Smrk	256 871	156 658	8 2711	64 316	63 730	62 721	687 007	2 090 709	33
Buk	1 950	2 921	2 508	2 832	1 205	1 000	12 416	514 357	24
Borovice	2 414	1 837	1 316	2 783	593	737	9 680	13 4069	7
Modřín	1 779	1 451	1 604	2 427	650	1 336	9 247	19 9541	5
Jasan	1 728	1 117	1 477	1 499	1 398	1 119	8 338	56 840	15
Jedle	620	677	479	430	232	191	2 629	12 162	22
Javor	251	345	329	312	164	329	1 730	75 998	2
Dub	212	250	154	365	96	92	1 169	56 632	2
Lípa	175	250	166	274	92	122	1 079	71 860	2
Olše	169	265	231	124	89	133	1 011	62 557	2
Bříza	79	190	147	145	120	138	819	39 012	2

Ve srovnání s údaji za ČR se podíl nahodilých těžeb na LHC Jeseník zásadně neliší. Každoročně vydávaná Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství v letech 2018 až 2022 víceméně shodně konstatuje, že výchozí podmínky pro plánovité lesní hospodářství jsou nepříznivé (Ministerstvo zemědělství 2024).

Tab. 5 Srovnání procentického podílu nahodilých těžeb na LHC Jeseník a v ČR.

Rok	2018	2019	2020	2021	2022	2023
LHC Jeseník	99	93	76	68	80	68
ČR	90	95	95	87	79	

4. Závěr

LHC Jeseník, obdobně jako celá ČR, byl v hodnoceném období výrazně ovlivněn výší nahodilých těžeb. Tento fakt byl taktéž důvodem snížených těžeb úmyslných, tedy i výchovných. Vzhledem k tomu, že je těžba výchovná nenahraditelným nástrojem při podpoře stability mladých lesních porostů, její absence tak nepřímo způsobuje zhoršení stavu mladých lesních porostů a zvyšuje, respektive udržuje riziko nadměrných nahodilých těžeb v následujících letech. Ačkoliv v nahodilých těžbách zcela převládá smrk, nelze opomenout skutečnost, že i u jiných dřevin, jako například u buku, jedle či jasanu nebyla výše nahodilých těžeb zanedbatelná. V minulosti radikálně provedená změna druhové skladby ve prospěch stejnověkých smrkových porostů, které byly vychovávány s důrazem na kvalitu dříví, musí tak být ponaučením, nikoliv výmluvou. Péče o druhovou pestrost všech lesních porostů ve vztahu ke stanovišti a péče o stabilitu vybraných stromů v lesních porostech musí tak být trvalým, ničím a nikým nezpochybnitelným úkolem každého lesního hospodáře. Stabilita stromů a porostů, nikoliv kvalita či zásoba dříví v porostu, stává se cílem lesníka.

Literatura:

LHProjekt a.s., 2018. Lesní hospodářský plán pro LHC Jeseník, platnost 1. 1. 2018–31. 12. 2027.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, 2024. Zprávy o stavu lesa a lesního hospodářství ČR z let 2018 až 2022 [online]. Ministerstvo zemědělství [cit. 15. 3. 2024]. Dostupné z WWW: <https://eagri.cz/public/portal/mze/publikace/Zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho-hospodarstvi-CR>.

QUITT, E., 1975. Mapa klimatických oblastí ČSR: 1 : 500 000. Brno: Geografický ústav ČSAV.

Nebeske.cz nad Hrubými Jeseníky

Jiří Jiroušek

www.nebeske.cz, [Kotenčice, jirka@nebeske.cz](mailto:kotenčice,jirka@nebeske.cz)

Já jsem letadlo. I když hadrové a ze šňůrek, v atmosféře mě drží stejné aerodynamické síly jako ocelové ptáky. Můj padákový kluzák nemá pevnou vnitřní konstrukci, sbalený hodíte do auta a jedete na výlet. V mém případě fotovýlet. Do kufru přidám paramotor, to abych nebyl odkázán na kopce a vzestupné proudění vzduchu. Chci-li letecky vyfotit nějakou oblast z různých výšek a ve všech ročních obdobích, bez vrtule se neobejdu. A já chci! Dvacet pět let se takto proháním po českém nebi, skoro dvacet let přitom v ruce držím pořádný fotoaparát. Koukám, hledám, cvakám, tahám za splachovadla (řízení), šlapu do speedu (to mění profil křídla). Většinou klepu kosu. Trasy letů předem pečlivě plánuji, i když ne vždy je pak úplně dodržuji. Počasí a orografie si za letu řeknou své. Pokud chci bezpečně přistát, je moudré je poslechnout.

Hrubý Jeseník znamená parádní výlet na Moravu a Slezsko. Bydlím u Příbrami, mé křídlo by sice ku 200 km vzdáleným horám s odřenýma ušima a ze všech mých sil dolétlo, ale já si chci užít ty hory, ty kopce a údolíčka, ty lesy, bývalé lesy, vodní nádrže, rozhledny, města a vesnice. Chci oblétnout a vyfotit obdivovanou přečerpávací vodní elektrárnu Dlouhé stráně, povznést se nad nejvyšší umělý bod České republiky, nejvyšší moravskou horu. Průlet kolem vysílače na Pradědu není složitý, kdyby něco, je kolem dost místa na sednutí. Záleží na síle a směru větru. Proti tomu například vyfotit Karlovu Studánku je oříškem. Může být v závětří, ale hlavně jde o lázně utopené v souvislém lese. Bez šance na klidné nouzové přistání v případě problémů. Držím se tam vysoko skoro jako nad Pradědem. Obvykle startuji na rozhraní Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku. Kolem říčky Branné dolětnu nad hrad a zámek Kolštejn. Stoupám přes Šerák a tamější meteorologickou stanici ČMHÚ. Doma si často prohlížím její záznamy a webovou kameru. Přes Keprník dolětnu nad Červenohorské sedlo. Vyfotím lyžařský areál a hlavně splašenou silničku, která se kroutí a vlní jako někde v Alpách. U nás nemá obdoby. Měním pozice, abych do záběru dostal co nejvíce hřebínků a vrcholů společně s výrazným Pradědem. Vodní hladina horní nádrže elektrárny Dlouhé stráně je magická. Sluníčko skrze ní na mě hází prasátka. Neodolám. Přeskakuji hluboká údolí, tak typická pro Hrubý Jeseník. Však je Praděd druhou nejprominentnější horou Česka. Severní část pohoří je méně kopcovitá, musím však hodně dávat pozor na rozsáhlé lesy. Uklidňuji se nad malebnou obcí Rejvíz. Dál už je to jednodušší, vyfotím město a lázně Jeseník, údolím kolem železniční tratě a větrných elektráren se vracím na polní letiště.



Obr. 1 Ovčárna a Praděd. Foto: Jiří Jiroušek.



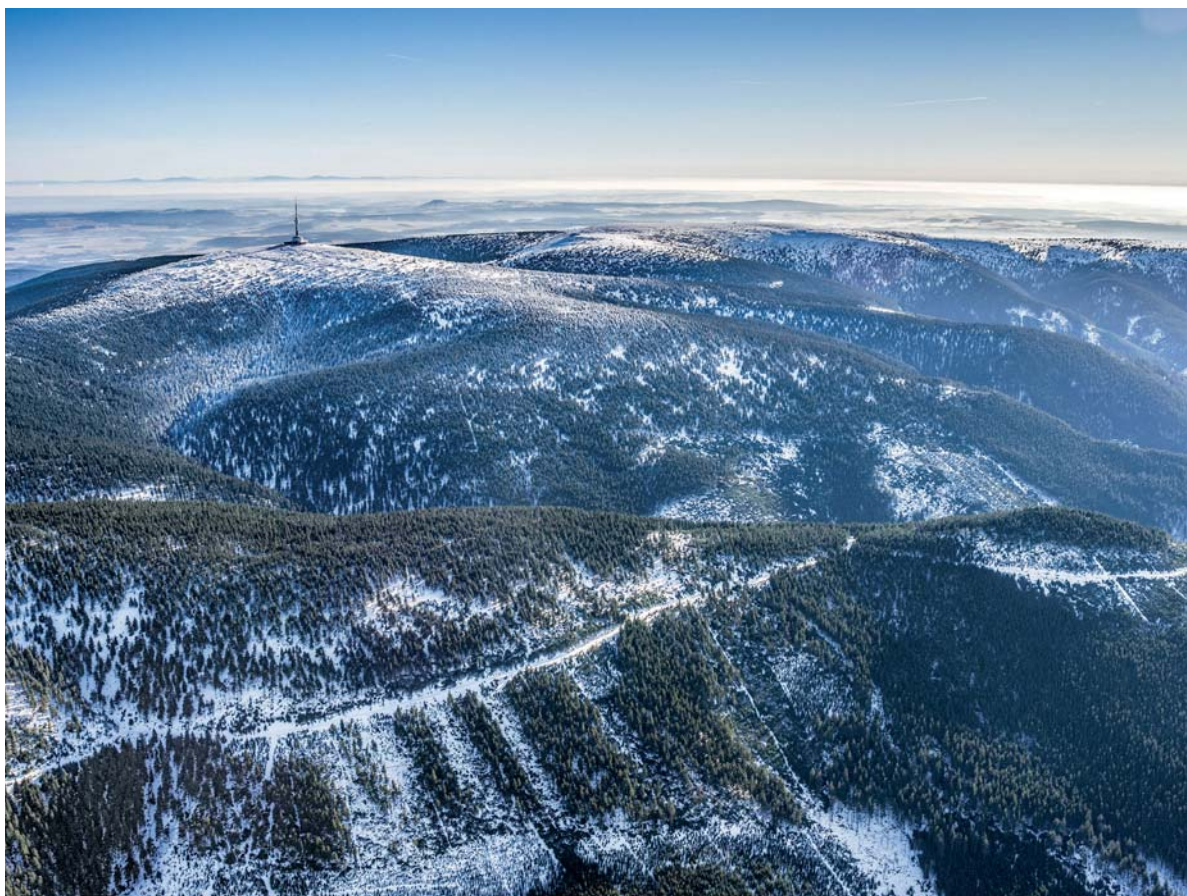
Obr. 2 Pohled na Praděd přes Červenohorské sedlo. Foto: Jiří Jiroušek.



Obr. 3 Lázně Jeseník. Foto: Jiří Jiroušek.



Obr. 4 Pohled na Dlouhé Stráně a dále k Šumperku. Foto: Jiří Jiroušek.



Obr. 5 Zimní Praděd s výbornou dohledností. Foto: Jiří Jiroušek.



Obr. 6 Vrchol Pradědu s patrnou meteozahradkou meteorologické stanice zrušené v roce 1997. Foto: Jiří Jiroušek.



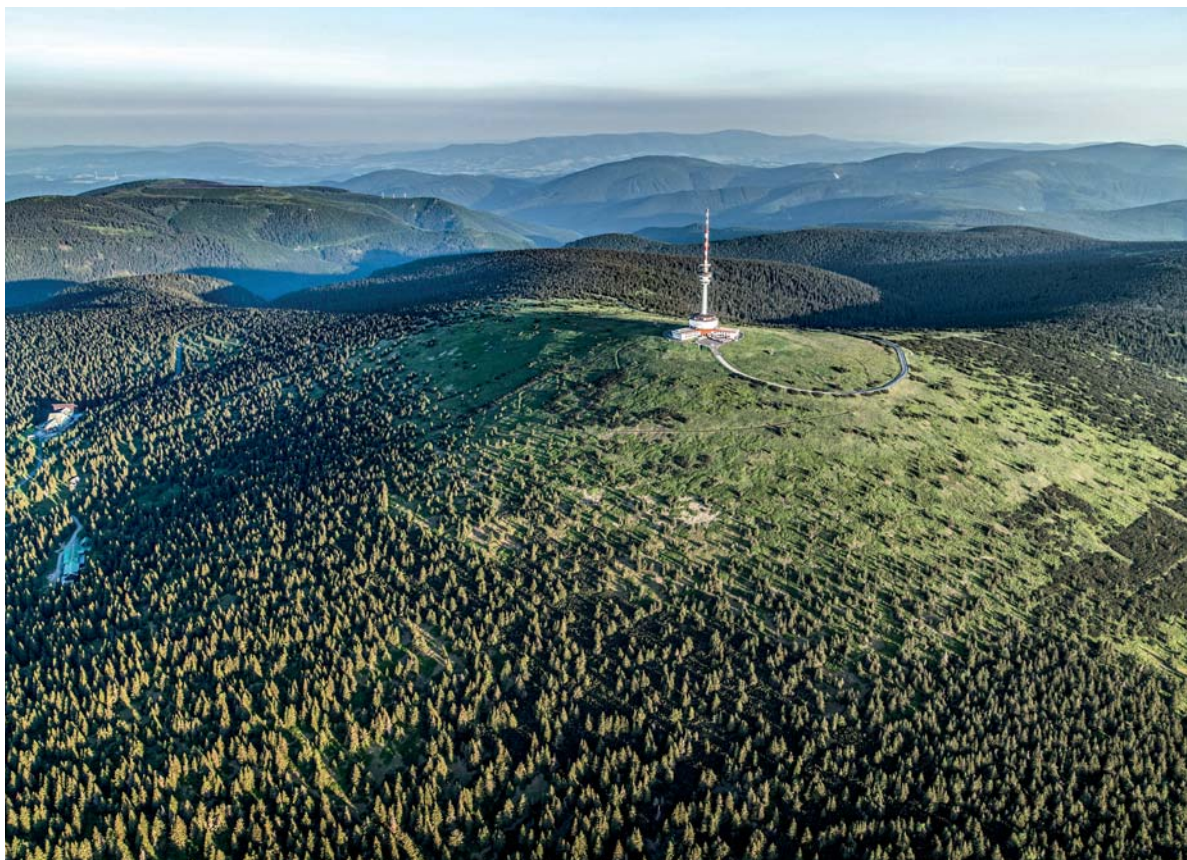
Obr. 7 Zimní Dlouhé Stráně s vrcholem Pradědu. Foto: Jiří Jiroušek.



Obr. 8 Jelení studánka, Vysoká hole, Petrovy kameny a Praděd. Foto: Jiří Jiroušek.



Obr. 9 Pohled na vysílač na Pradědu a Dlouhé Stráně. Foto: Jiří Jiroušek.



Obr. 10 Chata Barborka, Kurzovní chata a Praděd. Foto: Jiří Jiroušek.



Obr. 11 Pohled na chatu na Šeráku s meteorologickou stanicí ČHMÚ a horní stanicí lanovky. Foto: Jiří Jiroušek.

II. Meteorologie a klimatologie ve vyšších a horských polohách

Historie meteorologických pozorování v oblasti Jeseníků

Miroslav Řepka, Pavel Lipina, Veronika Šustková

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava-Poruba,
miroslav.repka@chmi.cz, pavel.lipina@chmi.cz, veronika.sustkova@chmi.cz

1. Definice území Jeseníků v této práci

Jeseníky v pojetí tohoto příspěvku jsou velmi rozmanitým územím. Protože nelze zcela jednoznačně určit, co jsou Jeseníky, bylo popisované území definováno podle geomorfologických podcelků (obr. 3). Tvoří jej Travenská hornatina (4c-5b), Bělská pahorkatina (4c-6a), Sokolský hřbet (4c-5c), Hornolipovská hornatina (4c-5a), Hynčická hornatina (4c-6c), Rejvízská hornatina (4c-6b), Králícký Sněžník (4c-4), Branenská vrchovina (4c-3d), Keprnická hornatina (4c-7a), Medvěďská hornatina (4c-7b), Brantická vrchovina (4c-8a), Pradědská hornatina (4c-7c), Šumperská kotlina (4c-3c), Bruntálská vrchovina (4c-8c), Hraběšická hornatina (4c-3b), Slunečná vrchovina (4c-8d), Vidnavská nížina (4d-1) a Žulovská pahorkatina (4d-2) (Bína, Demek 2012).

2. Historie meteorologických pozorování a její současnost v Jeseníkách

První konkrétní zprávy o počasí v českých zemích se v kronikách objevují již od konce 11. století, o systematických vizuálních pozorováních na českém území lze hovořit až od třicátých let 16. století. Nejstarší meteorologická stanice v českých zemích (pražské Klementinum) začala pravidelně měřit nejprve teplotu vzduchu od roku 1771 a od roku 1804 také srážky. Srážky jsou meteorologickou veličinou s největší prostorovou variabilitou, a proto jejich měření bylo a je součástí každého typu meteorologické stanice. Pro rozvoj meteorologie, stejně jako pro meteorologická pozorování na severní Moravě, nebyly však tak příznivé podmínky jako v Českých zemích nebo v Brně.

Nejstarší známá zmínka o meteorologických pozorováních v naší zájmové oblasti je z roku 1816 z Frývaldova (německy Freiwalddau, dnešní město Jeseník), tedy 45 let po založení nejstarší meteorologické stanice v českých zemích v pražském Klementinu. K dispozici jsou však jen měsíční úhrny srážek. V letech 1840 až 1845 pozoroval počasí v Karlově Studánce Dr. Heinisch. Zakládání meteorologických stanic bylo vázáno na vznik různých přírodopysných spolků a organizací. V roce 1851 byl založen Centrální ústav pro meteorologii a zemský magnetismus ve Vídni, který však měl větší význam spíše pro oblast Čech. K většímu rozvoji meteorologické staniční sítě na severní Moravě, přispělo až založení Přírodopysného spolku v roce 1861 v Brně Johanem Gregorem Mendelem. Výsledkem aktivit tohoto spolku byl například vznik meteorologické stanice v Šumperku v roce 1865. Z tohoto roku má datový fond ČHMÚ také nejstarší dochovaný měsíční výkaz pozorování s denními daty (obr. 1). Tlakoměr a teploměr byl umístěn v prvním patře domu v centru města (Tržní náměstí, dnes Mírové náměstí), kde bydlel lékárník pan Josef Paul. Měřil teplotu vzduchu, směr a rychlost větru, atmosférický tlak, úhrn srážek, výšku sněhové pokrývky a pozoroval oblačnost. Pozorování a měření bylo prováděno v tehdy obvyklých termínech 6, 14 a 22 hodin. Mendel v roce 1866 uvedl, že srážky měřil pan Paul na dvoře domu a byly měřeny v té době v obvyklých jednotkách tzv. pařížských čárkách, které předcházely dnešním mm. Josef Liznar při inspekci stanice 27. srpna 1895 uvedl, že srážkoměr měl dosud zachytnou plochu 1 000 cm² a byl nahrazen novým přístrojem o zachytné ploše, dnes obvyklé, 500 cm². Lékárník Josef Paul provozoval meteorologickou stanici a měřil do 17. května 1909, tedy téměř 45 let, čímž se řadí mezi nejdéle pozorující pozorovatele historie.

Další organizací, která měla vliv na rozvoj meteorologických stanic v Jesenické oblasti, byla Hydrografická komise pro království České a zejména její Ombrometrická sekce (1875). V roce 1876 začalo pozorování v Heřmanovicích, Holčovicích, Jeseníku a ve Vrbně pod Pradědem. Od roku 1877 pozoruje stanice Razová a od roku 1879 je dochováno pozorování z Rýmařova. Od roku 1881 probíhá meteorologické pozorování v Albrechticích u Rýmařova, v Branné nebo v Děřichově a v roce 1883 jsou k dispozici i záznamy z první vrcholové stanice na Králíckém Sněžníku (i když pouze z několika málo let).

Větší nárůst počtu meteorologických stanic nastal v roce 1895 (13 nových stanic v Jeseníkách) jako důsledek zřízení C. k. ústřední hydrografické kanceláře při Ministerstvu vnitra ve Vídni (1893). Na konci 19. století tak bylo v provozu již několik desítek stanic. K poklesu počtu stanic došlo během první světové války, ale po jejím skončení a po vzniku Československa byl založen Státní ústav meteorologický (1920), díky kterému byla výrazně rozšířena meteorologická staniční síť, a to nejen v nižších polohách, ale začaly se zakládat stanice také ve vrcholových oblastech (opět na Králíckém Sněžníku

v letech 1923–1932 nebo na Ovčárně v letech 1933–1941). Mezi lety 1925 až 1935 bylo na území Jeseníků v činnosti více než 50 stanic (obr. 2). Politická situace po Mnichovské dohodě v roce 1938 se promítla také do stavu meteorologické staniční sítě. Napozorované archivní materiály musely být odevzdány těm meteorologickým službám, kterým dané území náleželo. Během druhé světové války se část materiálu ztratila, a po skončení války tak již nemohla být plnohodnotně navráćena  eskoslovenské hydrometeorologické službě. Druhá světová válka přinesla spíše pokles počtu stanic, i když některé se zakládaly zejména pro vojenské účely, jako např. Praděd v roce 1941.

Velkého rozvoje se staniční síť dočkala po zřícení Hydrometeorologického ústavu v roce 1954. Největšího počtu stanic bylo dosaženo v 70. letech 20. století, a po optimalizaci v roce 1980 se počet stanic víceméně ustálil až do současnosti.

Po katastrofálních povodních na Moravě v roce 1997 byl sice ukončen provoz na nejvřše položené profesionální meteorologické stanici Praděd, ale byla zároveň odstartována etapa automatizace vybraných meteorologických stanic. Mezi prvními byly uvedeny do provozu v roce 1998 stanice Světlá Hora, Šumperk, Jeseník nebo Dlouhé Stráně u horní nádrže přečerpávací vodní elektrárny. Tato stanice však neměla vřhledem k velmi náročným podmínkám dlouhou životnost. 20 ha plocha vodní hladiny s neustále pře erpávanou vodou je zdrojem extrémní námrazy v zimě. V roce 2004 se podařilo zahájit provoz na další horské stanici na Šeráku, která je jedinou profesionální stanicí naší zájmové oblasti a s nadmořskou výškou 1328 m v této kategorii nejvřše položenou v  R.

Z důvodu rozvoje hydrologického srážko-odtokového modelování se v dalších letech automatizovaly některé manuální srážkoměrné stanice (např. Branná). V roce 2012 bylo ukončeno měření v meteorologických budkách, a proto tyto stanice byly postupně také automatizovány (např. Rýmařov) nebo bylo na stanici ponecháno jen manuální měření srážek (např. Staré Město pod Sněžníkem).

Celkově lze tedy shrnout, že v rámci zájmového území Jeseníků je 100 lokalit, kde existovaly nebo stále existují meteorologické stanice s různým pozorovacím programem. V současnosti je zde pod správou pobočky ČHMÚ Ostrava 41 stanic (obr. 2 a 3).

Jedna stanice je profesionální (Šerák), ostatní dobrovolnické stanice jsou klimatologické s měřením prvků, jako teplota a vlřkost vzduchu, popř. směr a rychlost větru, úhrn slunečního svitu nebo srážkoměrné stanice, které jsou vybaveny automatickým nebo pouze manuálním srážkoměrem.

V tomto přehledu jsou uvedeny počáteční roky pozorování jednotlivých stanic a období, pro která jsou k dispozici originální data měřených meteorologických prvků (podtržené jsou stanice, které měřící i v současnosti):

Meteorologische

Jahr 1865

Beobachtungs-Station H. Schenker 1035' n. j. h.

Monat Jänner

Beobachter Josef Paul

	0°	2°	10°	0°	2°	10°	Tages-Mittel	0°	2°	10°	Tages-Mittel	0°	2°	10°	
Thermometer an Baromet	Baromet	Thermometer an Baromet	Baromet	Thermometer an Baromet	Baromet	Thermometer an Baromet	Baromet	Luftdruck bei 0° in Par. Lin.	Temperatur des trocknen Thermometers				Temperatur des nassen Thermometers		
Baromet	Baromet	Baromet	Baromet	Baromet	Baromet	Baromet	Baromet	300'' ± (oder 200'' ±)	nach Réaumur				nach Réaumur		
300 ±	300 ±	300 ±	300 ±	300 ±	300 ±	300 ±	300 ±						nach Réaumur		
1	16.5	25.82	16.0	24.37	116.0	24.93	23.30	25.82	24.17	24.14	3.2	-1.2	-3.5	-5.6	
2	17.0	24.93	16.0	24.93	116.3	25.13	24.37	24.94	24.16	24.39	3.8	-1.0	-6.6	-3.8	
3	16.5	25.13	16.0	24.04	116.5	24.93	24.63	25.53	24.21	24.13	2.6	-4.0	-7.2	-5.3	
4	16.5	25.84	16.0	25.82	116.0	25.17	23.32	25.13	24.61	23.04	4.4	-3.2	-4.2	-3.4	
5	17.0	25.13	16.0	25.13	116.3	25.49	24.34	24.66	25.13	24.70	-3.0	+2.7	+1.8	+0.8	
6	16.5	25.13	16.0	26.12	116.5	25.17	23.32	25.33	25.73	24.90	+1.8	11.9	+1.3	11.7	
7	17.5	25.57	16.5	24.93	118.0	26.78	24.91	24.42	26.07	24.13	+0.5	+5.0	0.0	+0.8	
8	16.0	26.04	16.0	26.78	118.0	27.15	25.35	26.21	26.33	26.03	+1.0	+5.0	-1.8	10.6	
9	16.5	25.82	16.0	25.34	118.0	24.93	25.36	24.88	24.17	24.73	-5.0	+1.5	10.6	-0.3	
10	17.0	24.94	16.0	25.37	118.0	26.26	23.93	24.88	25.30	24.77	+1.8	+5.5	+2.5	+2.5	
11	16.5	26.26	16.0	27.13		25.74	26.66		26.20		+1.8	12.6		12.3	
12	16.0	26.26	+16.0	25.57	+116.0	24.94	25.63	24.81	25.73	24.72	+1.1	+1.5	11.7	11.4	
13	17.0	25.82	16.5	25.13	+116.0	26.30	24.36	24.23	19.88	24.44	+1.6	+2.5	12.8	+2.5	
14	17.0	26.06	17.0	17.84	+116.0	17.10	19.30	17.28	16.38	17.74	+1.6	+1.0	12.0	+1.8	
15	17.5	17.96	17.0	18.06	116.5	18.93	16.31	17.30	18.16	17.99	+1.6	+5.0	12.0	+2.4	
16	17.0	18.73	16.5	18.93		18.17	18.13		18.56		+1.6	+1.9		11.7	
17	18.0	18.73	17.0	18.73	116.5	18.93	18.10	18.13	18.10	18.12	+0.8	+1.4	+1.4	+1.2	
18	17.5	17.84	17.0	18.06	116.0	14.17	17.23	17.30	14.35	17.70	+1.7	+3.0	+6.5	+1.4	
19	17.5	19.83	17.0	20.50	+110.0	23.38	19.26	18.84	20.36	20.61	0.7	+1.7	-0.6	+0.4	
20	17.0	22.94	16.5	22.16	110.3	23.38	22.64	22.64	22.34	22.34	-2.5	-2.2	2.3	-2.3	
21	17.0	22.94	16.5	22.16	110.3	23.38	22.64	22.64	22.34	22.34	-2.5	-2.2	2.3	-2.3	

- 1865 Šumperk (1865–1866, 1868–1872, 1887–1890, 1892–1894, 1896–1899, 1907–1913, 1919–1944, 1946–1947, 1952 – dosud), souběžné měření (1925–1938).
- 1868 Bernartice (1868–1904, 1906–1946).
- 1875 Horní Heřmanice (1875–1938, 1948–1949, 1958–1979).
- 1876 Heřmanovice (1876–1889, 1901–1928, 1930–1940, 1943–1944, 1952–1956, 1962 – dosud),
Holčovice (1876–1884),
Jeseník (1876–1878, 1893–1946, 1948–1955, 1957–1985, 1988 – dosud), souběžné měření
(1899–1907, 1972–1990),
Vrbno pod Pradědem (1876–1884, 1900–1938, 1962–1970, 1974–1979), souběžné měření (1925–1944).
- 1877 Razová (1877, 1879–1885, 1898).
- 1879 Rýmařov (1879–1887, 1923–1945, 1948–1949, 1952–1955, 1957 – dosud),
souběžné měření Rýmařov-Harrachov (2012 – dosud).
- 1881 Albrechtice u Rýmařova (1881–1888),
Branná (1881–1894, 1897, 1899, 1927–1945, 1948 – dosud),
Jeseník-Dětřichov (1881–1888, 1900–1901, 1907–1909, 1911–1913),
Rešov (1881–1884).
- 1882 Loučná nad Desnou (1882–1883, 1885, 1895–1900, 1904, 1907–1913, 1916–1945),
Velké Losiny (1882–1883, 1885, 1888, 1950 – dosud).
- 1883 Králický Sněžník (1883–1888, 1895, 1920–1934, 1950, 1956, 2019 – dosud),
Maršíkov (1883–1886, 1928–1938).
- 1884 Janovice u Rýmařova (1884–1890, 1893–1896, 1901–1902, 1907–1917, 1922–1938),
Oskava-Bedřichov (1884, 1895–1900, 1902, 1904–1928, 1958–2002),
Vidnava (1884–1945, 1958 – dosud)
- 1885 Široká Niva (1885–1912, 1939–1953).
- 1886 Krnov (1886–1888, 1900–1891, 1895–1903, 1925–1933, 1939–1945, 1953–1955, 1957 – dosud),
souběžné měření (1922–1931, 1934–1938, 1947–1959, 1961, 1972–1989),
Staré Město pod Sněžníkem (1886–1889, 1891–1892, 1894–1897, 1899–1900, 1905, 1907–1908,
1916–1945, 1950–1954).
- 1888 Zálesí u Javorníka (1888–1890, 1895–1946).
- 1889 Velká Morava (1889–1900, 1902–1908, 1921–1945, 1950–1958, 1963–1987).
- 1895 Bělá pod Pradědem (1895–1915, 1919–1942, 1944–1949, 1963 – dosud),
Bělá pod Pradědem, Červenohorské sedlo (1895–1940, 1943–1945, 2020 – dosud),
Bruntál (1895–1908, 1925–1927, 1929, 1931–1945, 1948–1954, 1962–1993),
souběžné měření (1902–1938, 1975–1980),
Červená Voda (1895–1944, 1963–1979, 1989 – dosud)
Horní Benešov (1895–1915, 1919–1948, 1952–1953),
Loučná nad Desnou, Františkova myslivna (1896–1899, 1901–1937),
Mikulovice (1895–1945, 1962 – dosud),
Nová Červená Voda (1895–1938)
Podlesí pod Pradědem (1895–1908, 1910, 1919–1920),
Račí údolí u Javorníka (1895–1932),
Ramzová (1895–1918, 1920–1945, 1947 – dosud),
Vidly (1895–1946, 1963 – dosud),
Zlaté Hory (1895–1945, 1951–1956, 1958 – dosud), souběžné měření Zlaté Hory (2013 – dosud)
Šternberk (1895 – dosud), souběžné měření Šternberk (2021 – dosud)
Stránské (1895–1948, 1950–1956, 1963–1994).
- 1896 Nová Seninka (1896–1908).
- 1898 Loučná nad Desnou, Kouty nad Desnou (1898–1900, 1926–1941, 1944–1945).
- 1899 Malá Morava-Vysoký potok (1899, 1907–1914).

- 1900 Nové Valteřice (1900, 1907–1914).
- 1902 Nové Losiny-Josefová (1902, 1907–1914, 1919–1960),
Ruda nad Moravou (1902, 1907–1914, 1917–1918, 1920–1938, 1963–2012).
- 1905 Stříbrnice (1905, 1907–1908, 1914–1951).
- 1907 Oskava-Třemešek (1907–1914, 1918–1938, 1946–1961),
Vojtíškov (1907–1914, 1919–1934, 1939–1945).
- 1908 Černá Voda (1908–1918, 1962 – dosud),
Skorošice (1908–1913, 1915–1935, 1939–1968, 1970–1979).
- 1914 Loučná nad Desnou, Rejhotice (1914, 1916–1938).
- 1919 Malá Morava-Podlesí (1919–1944, 1964–1987).
- 1921 Světlá Hora (1921–1933, 1935–1945, 1955 – dosud).
- 1922 Staré Město pod Sněžníkem-Velké Vrbno (1922–1945).
- 1923 Nové Heřmínovy (1923–1959, 1961–1979),
Třemešná (1923–1924, 1985–2019).
- 1924 Uhelná (1924–1944)
- 1925 Staré Město pod Králickým Sněžníkem-Kunčice (1925–1946, 1951 – dosud).
- 1928 Lichnov (1928–1934, 1959 – dosud).
- 1932 Město Albrechtice-Žáry (1932 – dosud).
- 1933 Mezina (1933–1937, 1994–2000),
Ovčárna (1933–1938, 1940–1941, 2000–2001), (2010–2023 pouze měsíční úhrny).
- 1939 Karlova Studánka (1939–1945, 1948–1988, 1999 – dosud).
- 1941 Malá Morávka (1941–1944, 1954 – dosud),
Praděd (1941–1997).
- 1944 Oskava (1944–1948, 1952–1958, 1963–1975, 1977–1979, 2003 – dosud).
- 1946 Písařov (1946–1951).
- 1947 Česká Ves (1947–1950),
Jeseník-Bukovice (1947–1963, 1986–1988),
Paseka (1947 – dosud).
- 1948 Javorník (1948–1956, 1962 – dosud).
Rapotín (1948–1961).
- 1953 Břidličná (1953–1985),
Roudno (1953–1963, 1972–1979),
Rudná pod Pradědem (1953–1960).
- 1958 Karlovice (1958 – dosud),
Malá Morava-Sklené (1958–1979, 1987 – dosud),
Rejvíz (1958–2001).
- 1961 Sobotín (1961–1996).
- 1964 Hanušovice (1964–1986, 1998 – dosud),
Loučná nad Desnou (1964–1979).
- 1969 Jiříkov-Hutov (1969–1970).
- 1971 Bílá Voda (1971–1979).
- 1983 Leština (1983–1998).
- 1987 Jindřichov (1987–1997).
- 1994 Lomnice u Rýmařova (1994 – dosud).
- 1996 Petrov nad Desnou (1996–2012).
- 1998 Dlouhé Stráně, dolní nádrž (1998 – dosud),
Dlouhé Stráně, horní nádrž (1998–2003).
- 2001 Dlouhá Stráň (2001 – dosud).

- 2003 Staré Město pod Sněžníkem, Paprsek (2003 – dosud).
 2004 Šerák (2004 – dosud).
 2012 Dolní Morava, Slaměnka (2012 – dosud).
 2013 Dolní Morava-Velká Morava (2013–2014).
 2016 Uhelná-Nové Vilémovice (2016 – dosud).
 2018 Velká Kraš (2018 – dosud)

Literatura:

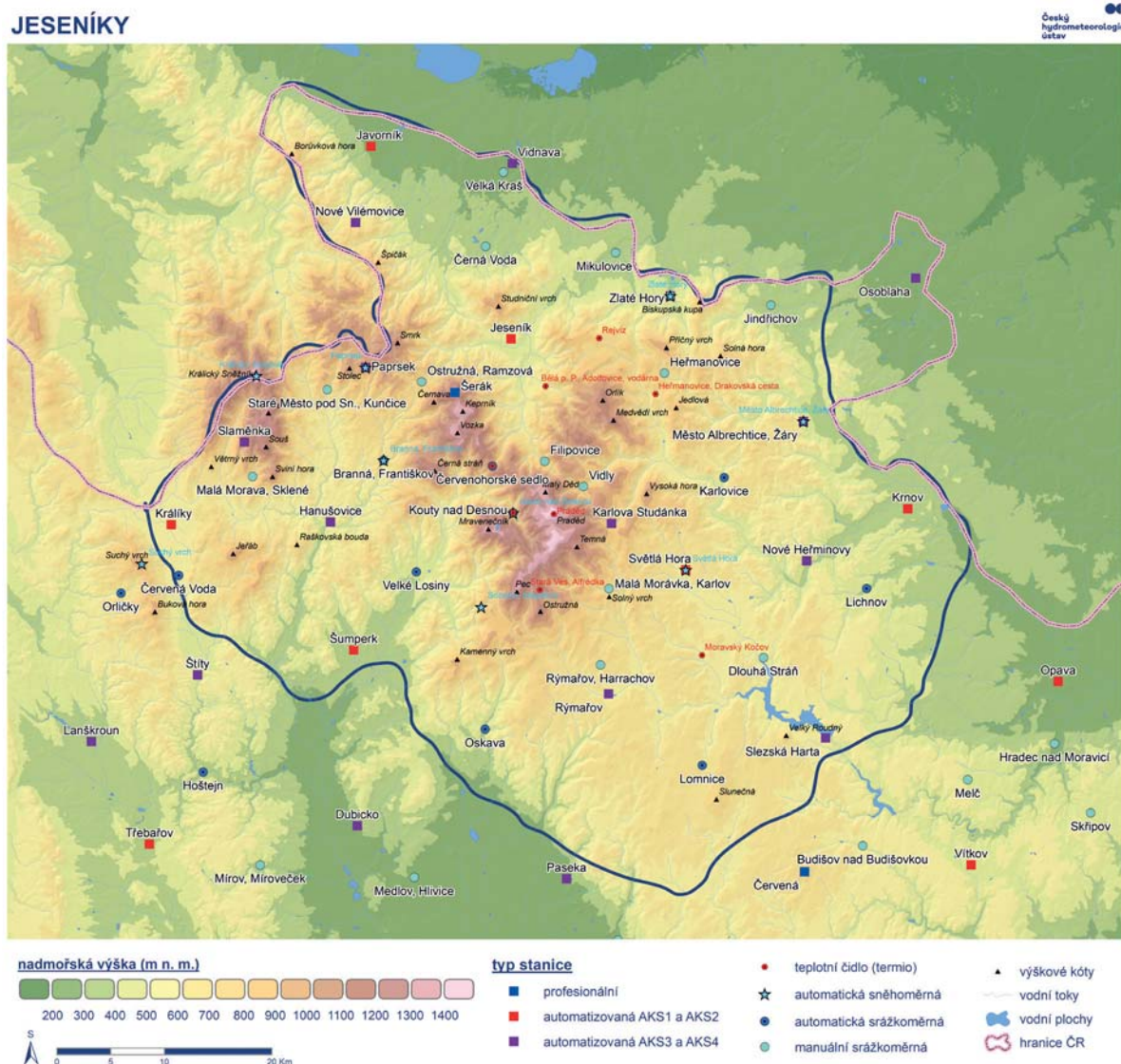
BÍNA, J., DEMEK, J., 2012. Z nížin do hor. Geomorfologické jednotky České republiky. 1. vyd. Praha: Nakladatelství Academia. 343 s. ISBN 978-80-200-2026-0.

CLIDATA, 2024. CLIDATA – Climate Database Management System [interní databáze]. Praha: ČHMÚ [cit. 22. 3. 2024]. Dostupné z: ČHMÚ.

ŘEPKA, M., LIPINA, P., 2006. Historie meteorologických pozorování na severní Moravě a ve Slezsku. *Meteorologické zprávy*, roč. **59**, č. 2, s. 49–63. ISSN 0026-1173.

ŘEPKA, M., LIPINA, P., 2009. Historie meteorologických pozorování na severní Moravě a ve Slezsku (2. část). *Meteorologické zprávy*, roč. **62**, č. 4, s. 113–120. ISSN 0026-1173.

Klíčová slova: meteorologická stanice, ČHMÚ



Obr. 3 Jesenická oblast – mapa aktuální meteorologické staniční sítě ČHMÚ. Autor mapy: Veronika Šustková.

Klima Rejvízu – jak to zde bylo, je a bude s počasím a podnebím

Pavel Lipina¹, Veronika Šustková¹, Jan Procházka^{2,3}

¹ Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava-Poruba, pavel.lipina@chmi.cz, veronika.sustkova@chmi.cz

² Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta zemědělská a technologická, Studentská 1668, 370 05 České Budějovice, prochazkaj@fzt.jcu.cz

³ Meteo-Šumava, Tolarova 425, 384 51 Volary

1. Úvod

Rejvív je malebná horská osada a část města Zlaté Hory v okrese Jeseník v Olomouckém kraji. S nadmořskou výškou 780 m n. m. se jedná o nejvýše položenou trvale obydlenou osadu v českém Slezsku. V roce 2021 bylo v osadě evidováno 81 obyvatel a 71 budov. Rejvív je znám a oblíben na jedné straně jako vyhledávaná lokalita pro zimní a letní turistiku, a na druhé straně z přírodního hlediska jako perla Jeseníků především vzhledem k přítomnosti stejnojmenného největšího vrchovištního rašeliniště Moravy a vyhlášeného Velkého mechového jezírka. To jsou některé z mnoha důvodů, proč si tato lokalita zaslouží i odpovídající klimatologickou charakteristiku s možným výhledem do budoucna.

Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) disponuje archivem záznamů od počátků souvislých meteorologických měření, z nichž pro oblast severní Moravy byly již prakticky kompletně do současné doby digitalizovány. To umožňuje data operativně využívat z databázové aplikace. Kromě toho ČHMÚ vytváří podle měřených dat jednotlivých meteorologických prvků datové vrstvy (denní nebo měsíční), ze kterých se za pomoci GIS a databázové aplikace vytváří technické řady jednotlivých stanic (definovaných bodů) pro požadované meteorologické prvky. Tyto technické řady pokrývají výpadky měření a dovolují tak provádět základní klimatologické vyhodnocení a zpracování požadovaných lokalit a porovnávat jednotlivá místa mezi sebou na základě definovaného nepřerušného období. Kromě toho je možné z těchto dat vytvářet scénáře změny klimatu, například pro podmínky ČR pomocí regionálního klimatického modelu ALADIN-CLIMATE/CZ.

Pro lokalitu Rejvív byla v rámci tohoto příspěvku analyzována měřená data, vytvořena řada dat kombinující měřené prvky s doplněnými vypočtenými daty technické řady pro teplotu vzduchu, úhrn srážek, nový sníh, celkovou sněhovou pokrývku a minimální teplotu vzduchu. Z těchto základních meteorologických prvků jsme vytvořili klimatologické charakteristiky pro lokalitu Rejvív za období let 1991–2020, naznačili trendy jednotlivých meteorologických prvků do současné doby a pokusili jsme se ukázat možné scénáře vývoje klimatu i do budoucna. Jednou z motivací pokusu o předpověď trendu charakteristik sněhové pokrývky na Rejvízu do příštích let je například pravidelné konání tzv. Vodohospodářské třicítky, jejíž 50. ročník se zde uskuteční už v lednu příštího roku. Jedná se o závod a setkání pracovníků v příslušných oborech na běžkách, přičemž z posledních deseti ročníků tohoto tradičního závodu se pouze 5× jela celá vytyčená trasa na běžkách, 1× se jela zkrácená trasa a 4× se závod běžel bez lyží nebo se z důvodu špatných meteorologických podmínek či stavu trati nekonal vůbec.

2. Meteorologická měření na Rejvízu

Počátek meteorologických měření na Rejvízu se datuje do roku 1895. První záznam v klimatologické databázi pro tuto stanici s tehdejšími názvem Reihwiesen je pro období 1. 1. 1895 – 31. 12. 1920. Nadmořská výška stanice byla 757 m n. m. a udávané souřadnice 50°13' a 17°19'. Meteorologická měření zde postupně prováděli: A. Hossan, lesní adjunkt, od roku 1899 Karl Nietzsche, lesní adjunkt, od roku 1903 V. Smetacek, lesní pomocník, od roku 1905 Rudolf Mildner, lesní adjunkt, od roku 1913 O. Neugebauer, lesní, od 1915 Ema Neugebauerová, choť lesního, od 1919 O. Neugebauer, lesní. Stanice měřila pouze denní úhrn srážek. Od 1. 1. 1903 do 31. 12. 1912 přibyla k měření srážek také termínová teplota vzduchu. Mezi léty 1921 až 1958 nemáme žádné informace o meteorologických měřeních. Od 1. 8. 1958 začala na Rejvízu fungovat srážkoměrná stanice s měřením úhrnu srážek, nového sněhu, celkové sněhové pokrývky a její vodní hodnoty, včetně sledování průběhu meteorologických jevů. V záznamech máme uvedeno, že pozoroval pan Miroslav Ražňok na adrese Rejvív 73. Od roku 1972 byla stanice vybavena ombrografem a od roku 1975 slunoměrem. Od února 1981 začal pozorovat pan Halamiček, na adrese Rejvív 14. Od 1. 1. 1987 byla srážkoměrná stanice rozšířena na klimatologickou stanici, která na Rejvízu fungovala do 31. 8. 2001. Ke dni 1. 3. 1998 byla stanice přestěhována na adresu Rejvív 13 a pozorovatelem se stal pan Medek.

Podle záznamů v klimatologické databázi Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) byl dne 26. 2. 2001 instalován na Rejvízu č. 13 (u pana Medka) automatický srážkoměr podniku Povodí Odry. Ode dne 11. 11. 2021 je k dispozici na této stanici i měření a data teploty vzduchu v 10minutovém intervalu. K tomuto datu byla stanice přemístěna do areálu Polesí Rejvíc, Arcibiskupské lesy a statky Olomouc na adrese Rejvíc 81. Na stejné adrese je od 14. 8. 2018 umístěno doplňkové měření teploty vzduchu ČHMÚ v 5minutovém intervalu. Nadmořská výška této lokality je 780 m n. m.

3. Klimatologické charakteristiky

Základní klimatologické charakteristiky lokality Rejvíc jsme vypočetli pro průměrnou měsíční/roční teplotu vzduchu a průměrnou minimální teplotu vzduchu pro zimní sezony, měsíční a roční úhrn srážek, úhrn nového sněhu a maxima celkové sněhové pokrývky. Pro maximální a minimální teplotu vzduchu, úhrn srážek, úhrn nového sněhu a celkovou sněhovou pokrývku byly zpracovány denní extrémy.

3.1 Teplota vzduchu

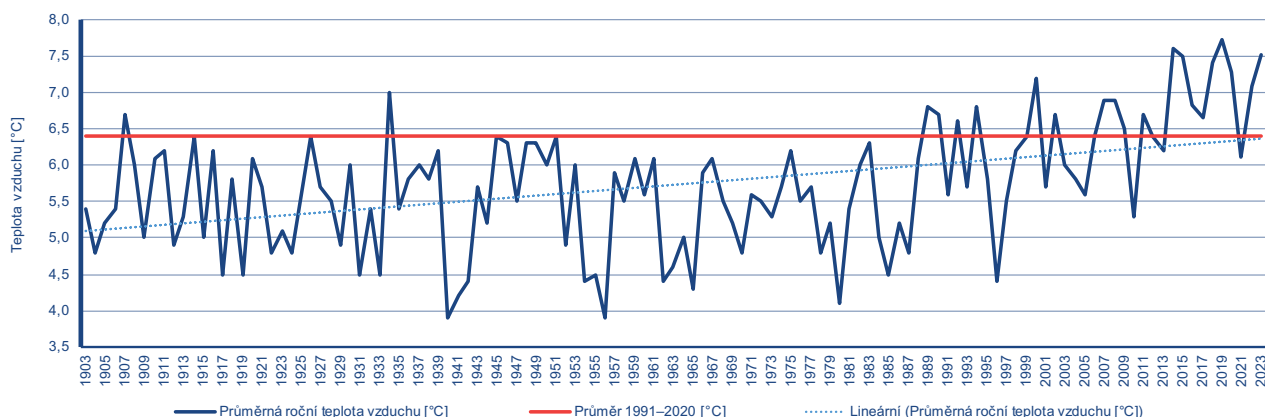
Průměrná roční teplota vzduchu za období 1991–2020 byla na Rejvízu 6,4 °C (celé Jeseníky mají 7,2 °C). Nejvyšší průměrná roční teplota vzduchu zde byla 7,7 °C v roce 2019, druhá nejvyšší roční hodnota 7,6 °C byla zaznamenána v roce 2014 a třetí nejvyšší hodnota v letech 2015 a 2023. Nejchladnější byly na Rejvízu roky 1940 a 1956 s průměrnou roční teplotou vzduchu 3,9 °C, následovány roky 1980 (4,1 °C) a 1941 (4,2 °C).

Tab. 1 Rejvíc – měsíční a roční charakteristiky teploty vzduchu (°C).

Charakteristika / měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
průměr 1991–2020	–2,9	–2,1	0,8	6,1	10,8	14,2	16,0	15,7	11,0	6,6	2,2	–1,8	6,4
trend/121 let	1,39	1,37	1,09	1,74	0,80	1,52	1,00	2,04	0,80	1,39	1,86	0,76	1,28
korelační koeficient	0,0219	0,018	0,0199	0,0652	0,0203	0,0944	0,0431	0,1779	0,019	0,0448	0,079	0,0103	0,1876
maximální hodnota	0,9	4,0	4,4	11,1	13,6	18,3	19,1	19,4	15,0	14,2	6,8	2,8	7,7
rok výskytu	2007	2024	2014	2018	1907, 2002	2019	2006	1992	2023	1907	1926	2015	2019
minimální hodnota	–12,8	–13,1	–4,9	0,5	5,9	9,5	12,1	11,5	5,7	0,8	–2,7	–7,2	3,9
rok výskytu	1942	1929	1932	1929	1919	1923	1979	1908	1912	1905	1956	1969	1940, 1956

Na Rejvízu je průměrně nejchladnějším měsícem leden s průměrnou měsíční teplotou vzduchu –2,9 °C, druhým nejchladnějším měsícem je únor (–2,1 °C) a třetím nejchladnějším je prosinec (–1,8 °C). Nejteplejším měsícem s průměrnou teplotou vzduchu 16,0 °C je červenec, následuje srpen (15,7 °C) a červen (14,2 °C).

Absolutně nejteplejším měsícem byl za posledních 120 let v Jeseníkách měsíc srpen roku 1992 s průměrnou teplotou vzduchu 19,4 °C. Druhý nejteplejší měsíc byl srpen 2015 (19,3 °C) a třetí nejteplejší měsíc byl červenec roku 2006 (19,1 °C). Doposud nejchladnějšími měsíci na Rejvízu byl únor roku 1929 s průměrnou měsíční teplotou vzduchu –13,1 °C, leden 1942 a únor 1956 (–12,8 °C) a dále pak leden 1940 (–11,0 °C).



Obr. 1 Rejvíc – průměrná roční teplota vzduchu (°C) za období let 1903–2023.

Za posledních 130 let se zvýšila průměrná roční teplota vzduchu na Rejvízu o téměř 1,3 °C. Průměrně se nejvíce teplota vzduchu zvyšuje v srpnu a to přibližně o 2 °C, dále v listopadu o téměř 1,9 °C, naopak nejméně v prosinci, květnu a září s nárůstem přibližně 0,8 °C.

Nejvyšší maximální teplota na Rejvízu byla 32,8 °C 24. července 1988, 32,6 °C 31. července 1994 a 32,4 °C 30. července 1994. Nejnižší minimální denní teplota vzduchu byla na Rejvízu –32,8 °C dne 13. ledna 1987, –30,4 °C dne 12. ledna 1987 a –28,8 °C 14. ledna 1987. Mimo leden 1987 to bylo –24,8 °C 27. prosince 1996.

3.2 Úhrn srážek

Průměrný roční úhrn srážek za období 1991–2020 je pro Rejvíz 1 039,2 mm.

Nejvyšší roční úhrn srážek 1597,5 mm byl zaznamenán v roce 1977, druhý nejvyšší úhrn 1 561 mm v roce 1915 a třetí 1 523,3 mm v roce 1910. Z poslední doby je pátá nejvyšší hodnota srážkového úhrnu 1 395,4 mm, a to z roku 2020, a šestá nejvyšší hodnota z povodňového roku 1997 (1 370,6 mm). 1 331,8 mm měl také rok s povodní 1903 a poslední roční hodnota nad 1 300 mm je z roku 1939 (1 315,5 mm). Srážkově nejslabší byl rok 2015 s pouhým 601,5 mm srážek, který následuje rok 1943 s 653,4 mm a dále rok 1895 se 661,1 mm. Čtvrtý nejsušší rok s 686,6 mm byl rok 1953 a poslední rok s úhrnem pod 700 mm byl rok 1896 (692,5 mm).

Průměrně srážkově nejbohatší je měsíc červenec se 143 mm srážek, který následuje červen s 127 mm, květen s 108 mm a září s 104 mm. Nejméně srážek má průměrně měsíc listopad (59 mm), dále leden (60 mm), únor s 62 mm a prosinec (62 mm).

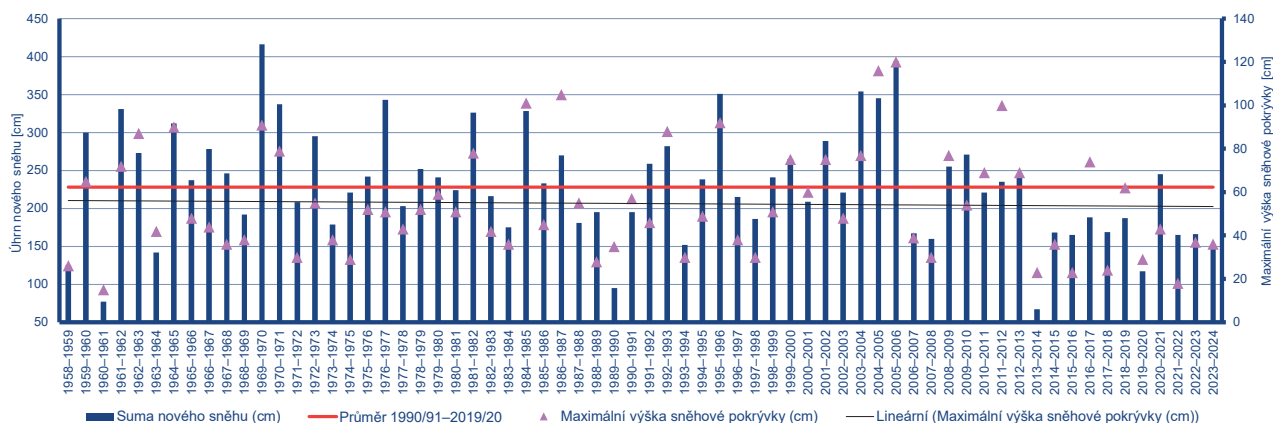
Absolutně nejvyšší srážkový úhrn byl 680,9 mm červenci roku 1997. Druhý nejvyšší měsíční úhrn byl 494,4 mm v červenci 1903, třetí nejvyšší úhrn byl 479,9 mm v srpnu 1977, čtvrtý nejvyšší úhrn byl 465 mm v červenci 1980 a pátý nejvyšší úhrn byl zaznamenán v září 1910 (373,9 mm). Ze zaznamenaných srážkových měsíčních maxim je zřejmé, že v každém kalendářním měsíci byla absolutní maxima vyšší než 130 mm. Naopak nejnižší měsíční úhrn srážek je pouze 0,7 mm zaznamenaný v listopadu roku 2011, velmi nízké měsíční úhrny byly také 2,1 mm v listopadu 1895, 3 mm v listopadu 1920 a 3,2 mm v listopadu 1902.

Za téměř 130 let přibýlo v ročním úhrnu okolo 21 mm srážek. Korelační koeficienty jsou u srážek na Rejvízu velmi nízké. Největší dlouhodobý pokles srážek je patrný v říjnu, téměř 15,5 mm, nejvyšší nárůst pak v prosinci (přes 15 mm).

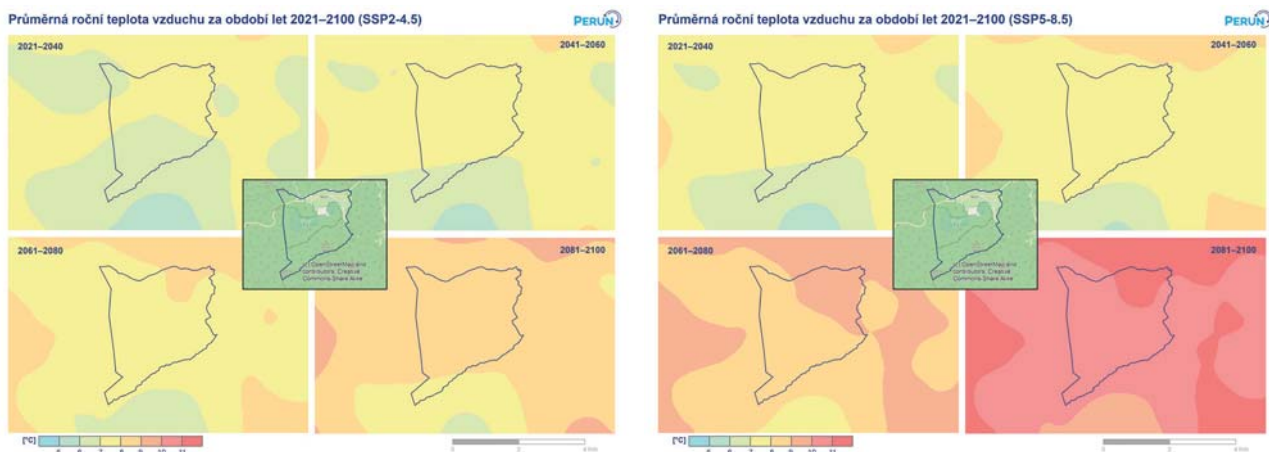
Nejvyšší denní srážkové úhrny na Rejvízu byly 221 mm dne 9. července 1903, 214,2 mm dne 6. července 1997, 144,6 mm dne 7. července 1997, 137 mm dne 19. května 1911, 135,5 mm dne 6. září 1910, 134,6 mm dne 1. srpna 1977, 116,7 mm dne 7. června 1906, 106,5 mm ve dnech 27. srpna 1920 a 23. července 1966.

3.3 Nový sníh

Nový sníh byl měřen na Rejvízu od roku 1958 do roku 2001. Chybějící data jsme vypočetli v prostředí GIS podle okolních stanic a digitálního modelu terénu interpolační metodou Lokální lineární regrese (Stríž 2008). Dlouhodobý úhrn nového sněhu zimní sezony (říjen–květen) za období 1990/91–2019/20 by mohl být 228 cm. Nejvíce nového sněhu od roku 1958 bylo na Rejvízu zaznamenáno v zimní sezoně 1969/70 a to 416 cm. Dále to mohlo být 394 cm v sezoně 2005/6 a 354 cm v sezoně 2003/04. Nejslabší sněhová sezóna byla na Rejvízu pravděpodobně na přelomu let 2013/14, kdy spadlo okolo 67 cm nového sněhu, dále 77 cm v sezoně 1960/61, 95 cm v sezoně 1989/90 a 117 cm v sezoně 2019/20 (obr. 2). Od zimní sezony 1958/59 do poslední sezony 2023/24 je zaznamenáván trend snižování sumy nového sněhu 9,1 cm/10 let při velmi nízkém korelačním koeficientu.



Obr. 2 Rejvíz – průměrný úhrn nového sněhu a maximální výška sněhu za zimní sezony (X–V) 1958/59–2023/24.



Obr. 3 Průměrná roční teplota vzduchu (°C) na území Rejvízu pro jednotlivé scénáře (SSP2-4.5 vlevo a SSP5-8.5 vpravo) a dvacetiletí 2021–2100.

Nejvyšší měsíční úhrn byl 143 cm v prosinci 1981, dále 141 cm mohlo napadnout v prosinci 2001 a 138 cm v únoru 1985. Od roku 1958 byl lednový minimální úhrn nového sněhu 8 cm, v březnu a prosinci je to 1 cm a v ostatních měsících roku i bez nového sněhu. Denní maximum nového sněhu bylo za posledních 65 let 35 cm dne 29. ledna 1962. 33 cm bylo zaznamenáno dne 7. dubna 1990, 32 cm 4. dubna 1980 a 19. dubna 1991, 31 cm dne 17. února 1985 a 30 cm 3. dubna 1970 a 4. března 1995.

3.4 Celková sněhová pokrývka

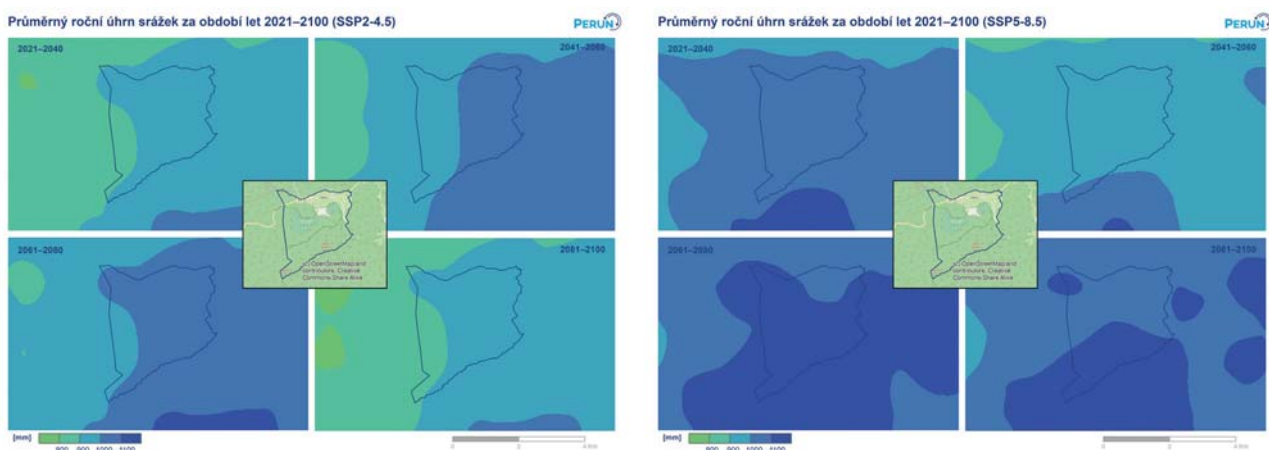
Stejně jako u nového sněhu byla data pro celkovou výšku sněhové pokrývky od roku 2001 dopočtena. Dlouhodobý průměr maxim celkové sněhové pokrývky zimní sezony (říjen–květen) za období 1990/91–2019/20 by mohl být 58,7 cm. Nejvyšší maximum mohlo být za posledních 65 let dosaženo na Rejvízu v sezoně 2005/06, kdy mohlo být maximum sněhové pokrývky 120 cm. 116 cm v sezoně 2004/05 a 104 cm v sezoně 1984/85 a 2011/12. Nejnižší maximum sněhové pokrývky bylo 15 cm v sezoně 1960/61, dále 18 cm v sezoně 2021/22 a 23 cm v sezoně 2013/14 a 2017/18 (obr. 2).

4. Scénáře budoucího vývoje klimatu na Rejvízu

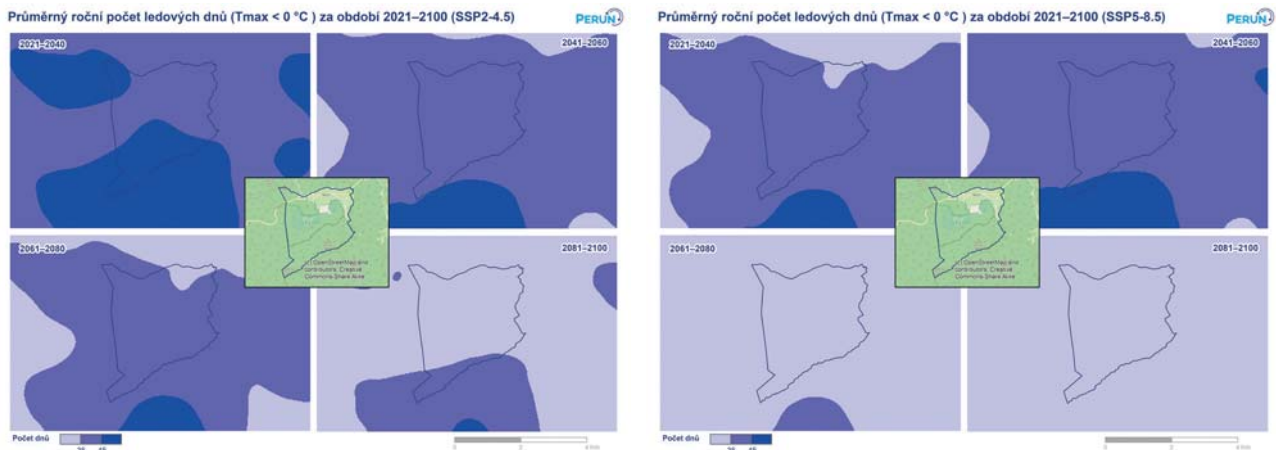
Základ scénáře změny klimatu v ČR je tvořen výstupy regionálního klimatického modelu ALADIN-CLIMATE/CZ v rozlišení 2,3 km (Brožková a kol. 2019). Výpočet modelu je připraven pro období 2021–2100 podle scénářů SSP2-4.5 a SSP5-8.5 (IPCC 2021).

Plošné výpočty byly provedeny i pro aktuální klima (1991–2020) pro území horské osady Rejvíz (obr. 3 a 4). Rozloha tohoto území je 9,1 km² a průměrná nadmořská výška je 791 m.

Dle dvacetiletí 2001–2020 je průměrná územní roční teplota vzduchu 6,4 °C. Roční průměr maximální teploty 11,0 °C a minimální pak 2,4 °C. Průměrný roční úhrn srážek je 1 041 mm. V roce se také vyskytlo v průměru 51 ledových dnů, tedy dnů, v nichž maximální teplota vzduchu nedosáhla hodnoty 0,0 °C.



Obr. 4 Průměrný roční úhrn srážek (mm) na území Rejvízu pro jednotlivé scénáře a dvacetiletí 2021–2100.



Obr. 5 Průměrný roční počet ledových dnů na území Rejvízu pro jednotlivé scénáře a dvacetiletí 2021–2100.

Z tabulky 2 i obrázku 3 vyplývá, že podle obou scénářů SSP2-4.5 a SSP5-8.5 trend vzrůstající teploty vzduchu bude na Rejvízu nadále pokračovat. Dle modelových simulací podle socioekonomického vývoje SSP2-4.5 lze na Rejvízu očekávat do konce 21. století růst průměrné teploty vzduchu oproti současnému klimatu (2001–2020) o 2,0 °C. Dle pesimistického scénáře SSP5-8.5 je to dokonce o 4,4 °C (obr. 3 a tab. 2).

Roční úhrny srážek mají obecně na našem území statisticky nevýznamný trend. Vzhledem k výše zmíněnému trendu teploty vzduchu, lze ale předpokládat, že se změní charakter srážek. Což dokazuje i klesající počet ledových dnů (obr. 5). Aktuálně se na Rejvízu vyskytne ročně v průměru 51 ledových dnů (tedy dnů, v nichž maximální teplota vzduchu nedosáhla hodnoty 0,0 °C, takže panoval celodenní mráz). Dle pesimistického scénáře SSP5-8.5 by průměrný počet ledových dnů ke konci století měl být pouze 15 (obr. 5 a tab. 2).

Tab. 2 Průměrná roční, maximální, minimální teplota vzduchu, roční úhrn srážek a počet ledových dnů pro období 2021–2100 a modelové scénáře SSP2-4.5 a SSP5-8.5.

Scénář	SSP2-4.5					SSP5-8.5				
	Tavg (°C)	TMA (°C)	TMI (°C)	SRA (mm)	Ledové dny	Tavg (°C)	TMA (°C)	TMI (°C)	SRA (mm)	Ledové dny
2021–2040	7,0	11,5	2,6	926	45	7,2	11,8	3,1	1 037	37
2041–2060	7,2	11,8	2,9	1 003	40	7,6	12,2	3,5	967	41
2061–2080	7,7	12,3	3,4	1 025	37	8,9	13,6	4,6	1 117,3	27
2081–2100	8,4	13,0	4,0	922	34	10,8	15,6	6,5	1 099,6	15

5. Závěr

Historie souvislých meteorologických pozorování sahá na Rejvízu až do roku 1895, jednalo se tenkrát o srážkoměrnou stanici. Od roku 1903 zde byla měřena i teplota vzduchu, nicméně ve všech případech docházelo k několikaletým přerušením měření a pozorování. Chybějící data byla prostřednictvím konstrukce technických řad dopočtena. V současné době je na Rejvízu provozována doplňková automatická stanice ČHMÚ s měřením teploty vzduchu, která je umístěna v areálu Arcibiskupských lesů a statků. V rámci klimatologického hodnocení lokality Rejvív za období 1991–2020 je zde průměrná roční teplota vzduchu 6,4 °C, průměrný roční úhrn srážek 1039 mm, sezónní maximum výšky sněhové pokrývky 59 cm a úhrn výšky nově napadaného sněhu 228 cm. Za více než 120 let se na Rejvízu oteplilo o téměř 1,3 °C, nejvíce pak v srpnu o 2 °C, v případě úhrnu srážek jsou za stejné období změny zanedbatelné. U charakteristik sněhové pokrývky je nejvíce znatelný pokles úhrnu výšky nového sněhu. Mezi předpokládané hlavní projevy změny klimatu na Rejvízu do roku 2100 na základě scénářů SSP2-4.5 a SSP5-8.5 náleží zejména pokračující vzestupný trend teploty vzduchu ve všech ročních obdobích. Naopak zanedbatelná je změna úhrnu srážek, ke konci století by dokonce mohl roční úhrn mírně růst. V návaznosti na rostoucí teplotu vzduchu se dá předpokládat změna v poměru skupenství srážek v neprospěch těch sněhových, což sníží schopnost tvorby a ukládání sněhové pokrývky.

Literatura:

BROŽKOVÁ, R., BUČÁNEK, A., MAŠEK, J., SMOLÍKOVÁ, P., TROJÁKOVÁ, 2019. Nová provozní konfigurace modelu ALADIN ve vysokém rozlišení. *Meteorologické zprávy*, roč. 72, č. 5, s. 129–139. ISSN 0026-1173.

Český statistický úřad: Výsledky sčítání 2021 – otevřená data. Dostupné online. [cit. 2024-03-11].



Obr. 6 Rejvív v únoru 2018. Foto: Pavel Lipina.

IPCC, 2021. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, s. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.

LIPINA, P., ŘEPKA, M., ŠUSTKOVÁ, V., 2020. Historie srážkoměrných pozorování a srážkové poměry v oblasti Jeseníků. In: *Voda v Jeseníkách a na Jesenicku. XX. Svatováclavské setkání v Jeseníku*. Sborník referátů 29. 9. 2020. 1. vyd. Jeseník: Vlastivědné muzeum Jesenicka a Zemský archiv v Opavě – Státní okresní archiv Jeseník. 160 s. ISBN 978-80-87496-20-6 (Vlastivědné muzeum Jesenicka), 978-80-87632-72-7 (Zemský archiv v Opavě).

STRÍŽ, M., 2008. Popis metod CLIDATA-GIS [online]. [cit. 20. 10. 2023]. Dostupné z: <http://www.infomet.cz/fil/1295510217.pdf>.

Klíčová slova: Jeseníky, Rejvív, PERUN, klimatologické charakteristiky, změna klimatu

Poděkování: Tento příspěvek vznikl s podporou TA ČR, projektu SS02030040 „Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku (PERUN)“.

Teplota vzduchu a úhrn srážek v Jeseníkách

Pavel Lipina, Veronika Šustková

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava-Poruba,
pavel.lipina@chmi.cz, veronika.sustkova@chmi.cz

1. Úvod

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava působí v oblasti severovýchodní Moravy a Slezska. Hranice pobočky je vymezena plochami povodí, konkrétně povodí horní Odry, horní Moravy a Bečvy a zasahuje tak do 4 krajů (celý Moravskoslezský a části Olomouckého, Zlínského a Pardubického kraje). Na tomto území se nachází několik pohoří. Rychlebské hory, Hrubý a Nízký Jeseník, masív Králického Sněžníku, Oderské vrchy, Moravskoslezské Beskydy, Javorníky a Hostýnské vrchy. Již několik let jsme přemýšleli, že bychom rádi zpracovali klimatologii těchto pohoří. Inspirovaly nás dřívější práce a studie jako například zpracovaná klimatografie některých českých a slovenských pohoří, Atlas klimatu Česka, Atlas Karpat a úvahy o tvorbě Atlasu pohoří Česka. Po rozpracování pohoří Beskyd, které jsme prezentovali před dvěma lety na Jizerce, přinášíme nástin klimatologie Jeseníků, na které budou navazovat projekce klimatu do roku 2100.

Informace o historii meteorologických měření a staniční síti v definované oblasti Jeseníků jsou k dispozici v příspěvku M. Řepky Historie meteorologických pozorování v oblasti Jeseníků, kde je rovněž uvedena mapa definované oblasti Jeseníků pro zpracování území nejen v tomto příspěvku.

2. Jeseníky

Označení pro pohoří nacházející se v severovýchodní části Česka. Ze severu hraničí s Polskem. Je velmi obtížné Jeseníky jednoznačně definovat. Zároveň však existuje mnoho kritérií, jak to udělat. Umíme jasně vymezit oblast hrubého Jeseníku, velmi rozsáhlou oblast Nízkého Jeseníku, která sahá až k Olomouci a Ostravě, oblast Rychlebských hor a masív Králického Sněžníku. Nic z toho ovšem přesně nevystihuje oblast, kterou chceme charakterizovat. V hrubých rysech jsme vycházeli při vymezení Jeseníků podle geomorfologických jednotek, ale ani v tomto případě by to nebylo jednoduché a jednoznačné. Pro naše potřeby jsme zahrnuli jednotky: Travená hornatina (4c-5b), Bělská pahorkatina (4c-6a), Sokolský hřbet (4c-5c), Hornolipovská hornatina (4c-5a), Hynčická hornatina (4c-6c), Rejvízská hornatina (4c-6b), Králický Sněžník (4c-4), Branenská vrchovina (4c-3d), Keprnická hornatina (4c-7a), Medvěďská hornatina (4c-7b), Brantická vrchovina (4c-8a), Pradědská hornatina (4c-7c), Šumperská kotlina (4c-3c), Bruntálská vrchovina (4c-8c), Hraběšická hornatina (4c-3b) a Slunečná vrchovina (4c-8d) (Bína, Demek 2012). Abychom uzavřeli celou definovanou oblast, tak jsme definované území jemně upravili v jižní a jihovýchodní části a přidali oblast Vidnavska a Javornicka v severní části, které je ovlivněno závětrím Rychlebských hor.

Rozloha definovaného území Jeseníků je přibližně 3 251 km². Průměrná nadmořská výška 613,1 m n. m. Nejvyšší bod Praděd (1 491 m n. m.) a nejnižší nadmořská výška 227 m n. m. I když vybrané území tvoří jen 4,1 % rozlohy Česka, z meteorologického a klimatologického hlediska je významným a zajímavým pohořím republiky.

Základní charakteristiky teploty vzduchu a úhrnu srážek přinášíme i pro tradiční území Hrubého a Nízkého Jeseníku. Rozloha Hrubého Jeseníku je podle Wikipedie přibližně 530 km² a podle našeho zpracování 537 km² (GIS), průměrná nadmořská výška podle Wikipedie je 887,6 m n. m. a podle naší vrstvy 882,2 m n. m., nejvyšší bod Praděd a nejnižší bod 440 m n. m. (GIS). Rozloha Nízkého Jeseníku je podle Wikipedie přibližně 2 894 km² a podle naší vrstvy 2 852 km², průměrná nadmořská výška území je podle Wikipedie 482,5 m n. m. a podle naší vrstvy 488,5 m n. m. (GIS), nejvyšší bod je vrchol Slunečné (802 m n. m.) a nejnižší bod 205 m n. m. (Hrubý Jeseník 2024).

3. Klimatologické charakteristiky Jeseníků

Převládající směr horských hřbetů masívu Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku je v podstatě totožný se směrem převládajícího proudění vzduchu. Svými nejvyššími polohami (Králický Sněžník a Praděd) tak podmiňují vznik návětrných a závětrných efektů. V kontrastu s vrcholy nad 1400 m n. m. mají nejnižší lokality naprosto odlišné podnebí.

Členitost terénu má výrazný vliv zejména na teplotní a srážkové charakteristiky. Na návětrných svazích (převážně jihozápadních až západních) vznikají zejména v letních měsících podmínky pro konvektivní projevy počasí, často doprovázené tvorbou mohutné bouřkové oblačnosti, vypadáváním intenzivních srážek a také bouřkami. Reliéf Jeseníků, vysoké kopce a úzká údolí, má za následek častý výskyt přízemních teplotních inverzí. Za vhodných podmínek, zejména při jasné noční

obloze v jarním a podzimním období, vznikají údolní mlhy a výrazně klesá teplota vzduchu před rozedněním. Na většině území Hrubého Jeseníku a masívu Králického Sněžníku jsou klimatologické charakteristiky dominantně ovlivněny závislostí na nadmořské výšce (Lipina a kol. 2020).

Pro hlavní zpracovávané meteorologické prvky, tj. průměrnou měsíční teplotu vzduchu, měsíční úhrn srážek, měsíční délku trvání slunečního svitu a v zimě také pro měsíční úhrn nového sněhu jsme vypočítali plošné měsíční a roční charakteristiky pro Jeseníky. Pro teplotu vzduchu a úhrn srážek od roku 1875, nový sníh od roku 1896 a délku trvání slunečního svitu od roku 1932. Pro tvorbu prostorových charakteristik používáme interpolační metody zahrnující vliv orografie metodou LLR (lokální lineární regrese, a sluneční svit metodou inverzních vzdáleností (IDW) (Stříž 2008).

3.1 Teplota vzduchu

Průměrná roční teplota vzduchu za období 1991–2020 je 7,2 °C (např. Beskydy mají 7,7 °C). Za období let 1875–2023 (149 let) je průměrná roční teplota vzduchu 6,4 °C. Pokud se podíváme na jednotlivá normálová období, tak nejnižší je hodnota posledních 25 let 19. století a to 5,8 °C. Období 1901–1930, 1931–1960 a 1961–1990 mají shodné hodnoty 6,2 °C. Dramatický je nárůst v posledním období o celý 1 stupeň. Poslední tři roky (2021–2023) mají už průměr téměř 7,7 °C.

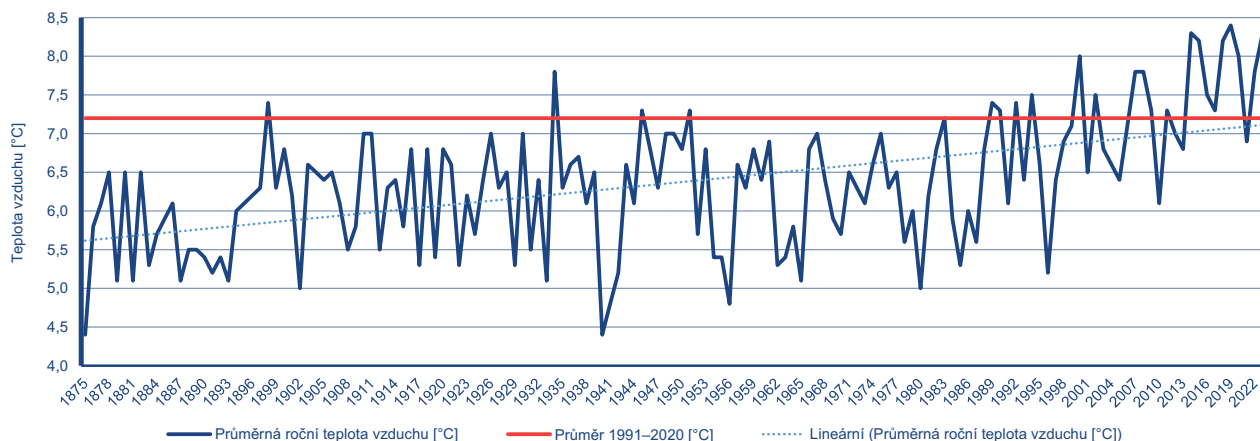
Za posledních 150 let se zvýšila průměrná roční teplota vzduchu v Jeseníkách o 1,5 °C. Průměrně se nejvíce teplota vzduchu zvyšuje v listopadu, téměř o 2,2 °C za 150 let a nejméně v září (o 0,7 °C).

Nejvyšší průměrná roční teplota vzduchu v Jeseníkách byla 8,4 °C v roce 2019, druhá a třetí nejvyšší roční hodnota byla 8,3 °C zaznamenaná v letech 2014 a 2023, čtvrtá a pátá nejvyšší roční hodnota průměrné teploty vzduchu byla 8,2 °C změřená v letech 2015 a 2018. Nejchladnější byl podle průměrné roční teploty vzduchu (4,4 °C) v Jeseníkách rok 1875 a 1940. Dále byla průměrná roční teplota vzduchu 4,8 °C zaznamenaná v letech 1941 a 1956 a průměrná teplota vzduchu 5,0 °C v letech 1902 a 1980.

V Jeseníkách je nejchladnějším měsícem leden s průměrnou měsíční teplotou vzduchu –2,5 °C, druhým nejchladnějším měsícem je únor (–1,5 °C) a třetím nejchladnějším je prosinec (–1,4 °C). Nejteplejším měsícem průměrnou teplotou vzduchu 17,0 °C je červenec. Následuje srpen s průměrem 16,6 °C a červen (15,2 °C). Absolutně nejteplejším měsícem byl za posledních téměř 150 let v Jeseníkách měsíc srpen roku 1992 s průměrnou teplotou vzduchu 20,3 °C. Doposud nejchladnější jesenický měsíc byl únor roku 1929 s průměrnou měsíční teplotou vzduchu –13,1 °C.

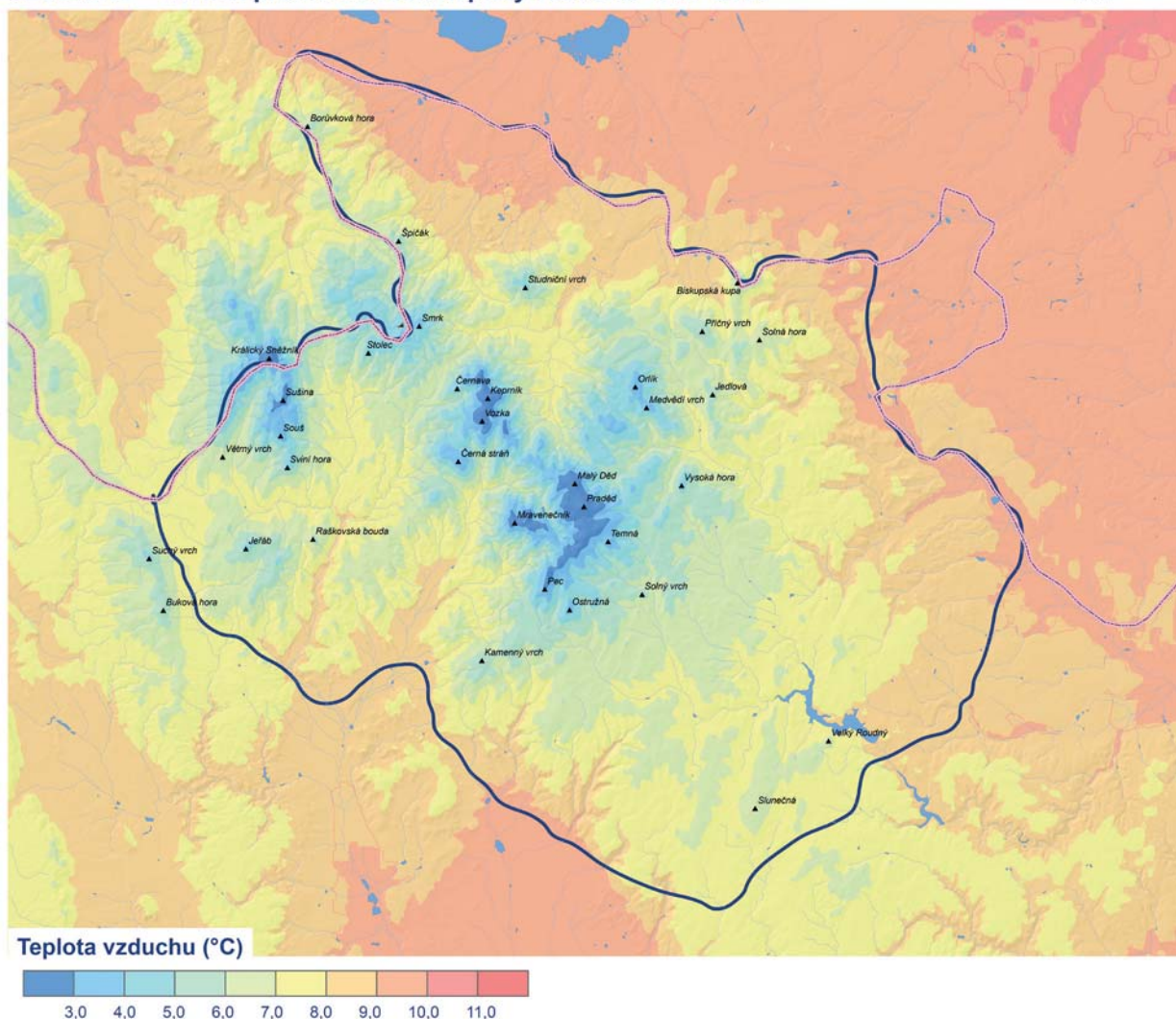
Tab. 1 Jeseníky – měsíční a roční charakteristiky teploty vzduchu [°C].

Charakteristika / měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
průměr 1991–2020	–2,5	–1,5	1,7	7,1	11,7	15,2	17,0	16,6	11,9	7,3	2,8	–1,4	7,2
trend/149 let	1,86	1,71	1,81	1,74	1,15	1,06	1,07	1,74	0,7	1,3	2,19	1,77	1,5
korelační koeficient	0,0386	0,0284	0,0557	0,0752	0,0441	0,0455	0,0545	0,1467	0,0174	0,0475	0,1032	0,0527	0,2656
maximální hodnota	1,8	2,9	5,0	11,7	14,6	19,2	20,1	20,3	15,8	12,2	7,2	2,8	8,4
rok výskytu	2007	1990	2014	2018	1889	2019	2006	1992	1947	1907	1926	1934	2019
minimální hodnota	–12,3	–13,1	–4,5	2,0	6,8	10,6	13,2	12,8	6,9	2,9	–2,4	–8,9	4,4
rok výskytu	1942	1929	1875	1929	1876	1923	1979	1940	1912	1905, 1922	1908	1879	1875, 1940



Obr. 1 Rejvív – průměrná roční teplota vzduchu [°C] za období let 1903–2023.

JESENÍKY – normál průměrné roční teploty vzduchu 1991–2020

Český
hydrometeorologický
ústav

Obr. 2 Jeseníky – normál průměrné roční teploty vzduchu [°C] za období let 1991–2020.

Tab. 2 Průměrná roční teplota vzduchu [°C] a roční úhrn srážek [mm] za období let 1991–2020 pro definované oblasti.

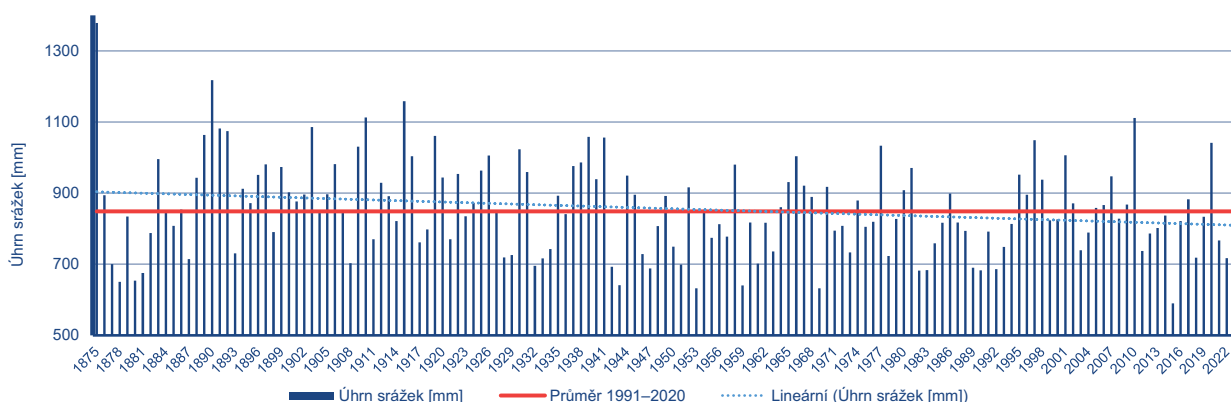
Období / oblast	Jeseníky	Hrubý Jeseník	Nízký Jeseník
Průměrná roční teplota vzduchu (°C)	7,2	5,5	8,0
odchylka teploty vzduchu k oblasti Jeseníky	0,0	−1,7	0,8
Průměrný roční úhrn srážek (mm)	848,7	1 038,0	704,5
úhrn srážek v % k oblasti Jeseníky	100	122	83

3.2 Úhrn srážek

Průměrný roční úhrn srážek je pro definované území Jeseníků 878,7 mm. Nejvyšší roční úhrn srážek, 1 378,4 mm, byl zaznamenán v roce 1875, druhý nejvyšší úhrn 1 217,8 mm byl zaznamenán v roce 1890 a třetí nejvyšší hodnota, 1 158,7 mm, byla vypočtena pro rok 1915. Srážkově bohatý rok 2010 z poslední doby měl 1 111,7 mm a zaznamenal pátou nejvyšší hodnotu. Povodňový rok 1997 měl v Jeseníkách 1 048,6 mm a je momentálně 13. v pořadí nejvyšších ročních úhrnů srážek. Srážkově nejslabší byl rok 2015 s pouhými 590 mm srážek, který následuje rok 1953 s 632,4 mm a rok 1969 se 632,5 mm. Např. známý suchý rok 1947 byl se 688,5 mm 13. nejsušší v 150leté historii Jeseníků.

Tab. 3 Jeseníky – měsíční a roční charakteristiky úhrnu srážek [mm].

Charakteristika / měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
průměr 1991–2020	56,1	50,2	60,3	51,7	84,0	99,1	109,3	82,6	80,1	63,5	55,9	56,0	848,7
trend/149 let	-6,03	-2,06	-10,89	-12,75	-9,13	-13,11	-18,13	-2,43	-10,13	-22,8	-4,69	-2,23	-94,4
korelační koeficient	0,0055	0,0006	0,0155	0,02	0,0053	0,0085	0,0103	0,0003	0,0057	0,0284	0,0026	0,0006	0,0436
maximální hodnota	126,1	141,7	161,9	128,4	199,8	237,9	399,7	223,6	182,6	197,7	148,7	123,7	1378,4
rok výskytu	1976	1946	1876	1927	2010	1875, 1926	1997	1938	1931	1915	1910	1954	1875
minimální hodnota	2,9	7,2	6,9	6,8	19,9	28,4	34,1	23,5	2,1	5,4	0,5	5,2	590,0
rok výskytu	1894	1914	1921	2007	1922	1930	2013	1992	1959	1951	2011	1972	2015



Obr. 3 Jeseníky – roční úhrn srážek [mm] za období let 1875–2023.

Průměrně srážkově nejbohatší je měsíc červenec se 109,3 mm srážek, který následuje červen s 99,1 mm a květen s 84 mm. Nejméně srážek má průměrně měsíc únor, pouze 50,2 mm následován dubnem (51,7 mm) a měsíce listopad, prosinec a leden mají téměř totožné průměrné úhrny srážek (55,9–56,1 mm).

Absolutně nejvyšší měsíční srážkový úhrn byl 399,7 mm v červenci roku 1997. Ze zaznamenaných srážkových měsíčních maxim je zřejmé, že v každém kalendářním měsíci byla absolutní maximum vyšší než 120 mm. Naopak nejnižší průměrný měsíční úhrn srážek je pouze 0,5 mm zaznamenaný v listopadu roku 2011. Např. v červenci můžeme počítat s minimem okolo 35 mm.

Za téměř 150 let ubylo v ročním úhrnu okolo 94 mm srážek. Korelační koeficienty jsou u jeseníckých srážek velmi nízké. Největší dlouhodobý pokles srážek je patrný v říjnu, téměř 23 mm, nejnižší pak únoru, srpnu a prosinci (mezi 2–3 mm).

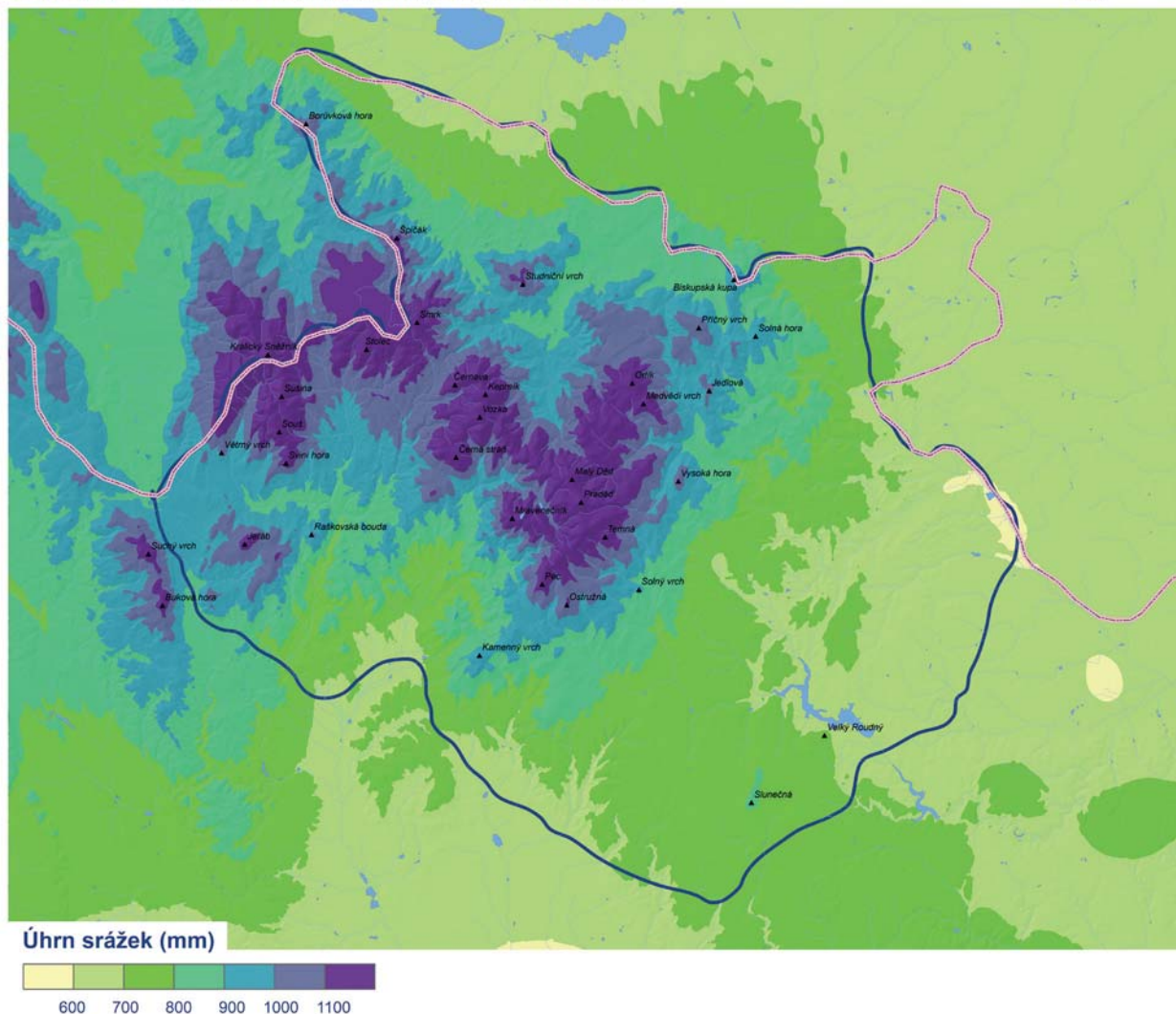
4. Závěr

Rozloha definovaného území Jeseníků je přibližně 3251 km², což je přibližně 4,1 % území Česka. Průměrná nadmořská výška 613,1 m n. m. Průměrná roční teplota vzduchu definované oblasti Jeseníků je 7,2 °C, Hrubého Jeseníku 5,5 °C a Nízkého Jeseníku 8,0 °C (1991–2020). Od roku 1875 do roku 2023 je zaznamenáván trend růstu teploty vzduchu 0,1 °C/10 let. Průměrný roční úhrn srážek oblasti Jeseníků je 848,7 mm, Hrubého Jeseníku 1038,0 mm a Nízkého Jeseníku 704,5 mm. Trend poklesu ročního úhrnu srážek je v definované oblasti Jeseníků 6,4 mm/10 let.

Normály teploty vzduchu a úhrnu srážek za období let 1991–2020 byly zpracovány z technických datových řad homogenizovaných dat.

K výpočtu měsíční a ročních plošných charakteristik hlavních meteorologických prvků jsme využili všech známých a dostupných meteorologických výkazů a publikovaných (ročenkových) dat, které jsme v uplynulých 25 letech digitalizovali. Všechna data ještě nejsou zkontrolována. Největší chyby se nám již podařilo opravit. Na své kontroly a opravy ještě čekají teplotní data z plechových budek, různě posunuté srážkové úhrny, nebo data sněhové pokrývky. I přes tyto nepříznivé okolnosti věříme, že spočítané plošné charakteristiky za téměř 150 let pomohou v interpretaci průběhu a změn jednotlivých meteorologických prvků a budou prospěšné i pro nemeteorologickou komunitu.

JESEŇÍKY – normál ročního úhrnu srážek 1991–2020



Obr. 4 Jeseníky – normál ročního úhrn srážek [mm] za období let 1991–2020.

Tento příspěvek doplní poster, který bude obsahovat přehled meteorologických extrémů v Jeseníkách od roku 1875 a více map a grafů jednotlivých meteorologických prvků.

Jak se pravděpodobně bude klima Jeseníků vyvíjet, se čtenáři dozví v následujícím příspěvku kolektivu autorů s názvem Scénáře budoucího vývoje klimatu v Jeseníkách podle modelu Aladin-CLIMATE/CZ.

Literatura:

BÍNA, J., DEMEK, J., 2012. Z nížin do hor. Geomorfologické jednotky České republiky. 1. vyd. Praha: Academia, 343 s. ISBN 978-80-905217-7-3.

HRUBÝ JESENÍK, 2024. [online]. [cit. 15. 3. 2024]. Dostupné z WWW: Hrubý Jeseník – Wikipedie (wikipedia.org).

LIPINA, P., ŘEPKA, M., ŠUSTKOVÁ, V., 2020. Historie srážkoměrných pozorování a srážkové poměry v oblasti Jeseníků. In: Voda v Jeseníkách a na Jesenicku. XX. Svatováclavské setkání v Jeseníku. Sborník referátů 29. 9. 2020. 1. vyd. Jeseník: Vlastivědné muzeum Jesenicka a Zemský archiv v Opavě – Státní okresní archiv Jeseník. 160 s. ISBN 978-80-87496-20-6 (Vlastivědné muzeum Jesenicka), 978-80-87632-72-7 (Zemský archiv v Opavě).

STRŽÍŽ, M., 2008. Popis metod CLIDATA-GIS [online]. [cit. 20. 10. 2023]. Dostupné z: <http://www.infomet.cz/fil/1295510217.pdf>.

Klíčová slova: klimatologické charakteristiky, trend, normál

Scénáře budoucího vývoje klimatu v Jeseníkách podle modelu Aladin-CLIMATE/CZ

Radim Tolasz¹, Adam Valík², Veronika Šustková¹, Iryna Dvoretcka¹

¹ Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava

² Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 2578/43, 616 67 Brno, adam.valik@chmi.cz

1. Úvod

Díky klimatické verzi předpovědního modelu Aladin-CLIMATE/CZ, konkrétně jeho konfiguraci označované ALARO (Brožková a kol. 2019), která byla vytvořena v rámci projektu PERUN (TAČR SS0230040), probíhajícího od roku 2022, máme k dispozici data vývoje základních meteorologických prvků pro následující období až do roku 2100 pro vybrané socioekonomické scénáře SSP (IPCC 2018) v prostorovém rozlišení $2,3 \times 2,3$ km. Cílem tohoto příspěvku je kromě prezentace modelovaného vývoje klimatu na území České republiky podle vybraných SSP scénářů i hodnocení potenciálních klimatických rizik z tohoto vývoje vyplývajících. Analyzovány byly změny v intenzitách vybraných jevů, jejich trvání, plošnému rozsahu a frekvencích výskytu ve stanovených obdobích a jejich spolupůsobení.

2. Metodika

Ke studiu potenciálního vývoje klimatu na území České republiky byly vybrány socioekonomické scénáře SSP 5-8.5 a SSP2-4.5. První z nich (zároveň i nejextrémnější a nejpesimističtější) vychází z předpokladu rychlého a neomezeného růstu ekonomické produkce a spotřeby energie, s tím související intenzivní využívání fosilních paliv a další rychlý růst emisí skleníkových plynů s malými investicemi do mitigačních technologií. Scénář SSP2-4.5, někdy nazývaný jako střední emisní scénář, počítá s investicemi do udržitelného rozvoje a snižováním intenzity využívání fosilních paliv. Tyto změny jsou však pomalé a i přes malá zlepšení stále dochází k degradaci přirozených ekosystémů.

Díky modelu ALADIN-CLIMATE/CZ jsme získali informace o vývoji základních přízemních i výškových meteorologických prvků až do roku 2100 v hodinovém kroku a prostorovém rozlišení $2,3 \times 2,3$ km. Tato data následně prošla BIAS korekcí (Štěpánek a kol. 2016) a byla porovnána s daty ze staniční sítě ČHMÚ, která byla interpolována do gridové sítě o stejném rozlišení (Štěpánek a kol. 2011). Zpracovávány byly klimatické charakteristiky a indexy vycházející z hodinových teplot vzduchu a srážkových úhrnů pro 20letá období 2021–2040, 2041–2060, 2061–2080 a 2081–2100. Hodnoty těchto parametrů byly spočítány i pro normálové období 1991–2020, z nichž se poté stanovovali limitní hodnoty pro hodnocení rizik (tab. 1).

Výsledná data v gridovém poli s rozlišením $2,3 \times 2,3$ km byla interpolována metodou ClidataDEM pro tvorbu rastrových map (Stříž 2000), která zohledňuje vliv nadmořské výšky (případně orientace a sklonitosti svahů nebo krajinného pokryvu) na interpolovanou charakteristiku a zachovává původní hodnotu ve známém bodě. Připravené rastry byly následně

Tab. 1 Sdružená rizika a klimatologické indexy a limitní hodnoty pro jejich stanovování.

Sdružené riziko	Index	Označení	Limity
Horko	Počet horkých dnů	$T_{\max} \geq 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$	15 dní / rok
		$T_{\max} \geq 34 \text{ }^{\circ}\text{C}$	3, 6 dní / rok
	Počet tropických nocí	$T_{\min} \geq 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$	4 noci / rok
	Počet dní s horkou vlnou	$T_{\max} \geq 30 \text{ }^{\circ}\text{C} / 3 \text{ dny}$	10, 15 dní / rok
	Počet horkých vln	$T_{\max} \geq 30 \text{ }^{\circ}\text{C} / 3 \text{ dny}$	2, 4 vlny / rok
Mráz	Počet ledových dnů	$T_{\max} < 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$	50 dní / rok
Sucho	Denní maximální teplota ve vegetačním období IV–X	AVG	Průměr nad $21 \text{ }^{\circ}\text{C}$
	Počet dní bez srážek při vyšších teplotách	$\text{SRA} = 0 \text{ mm}, \text{TMI} > 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$	100 dní / rok
Přivalové deště	Počet dní se srážkou nad limit	$\text{SRA} \geq 20 \text{ mm}$	6 dní / rok
Bouře	Počet dní se silným větrem	$F > 10 \text{ m/s}$	6 dní / rok
Požáry	Počet letních dnů	$T_{\max} \geq 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$	60 dní / rok
	Počet dní bez srážek při vyšších teplotách	$\text{SRA} = 0 \text{ mm}, \text{TMI} > 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$	100 dní / rok

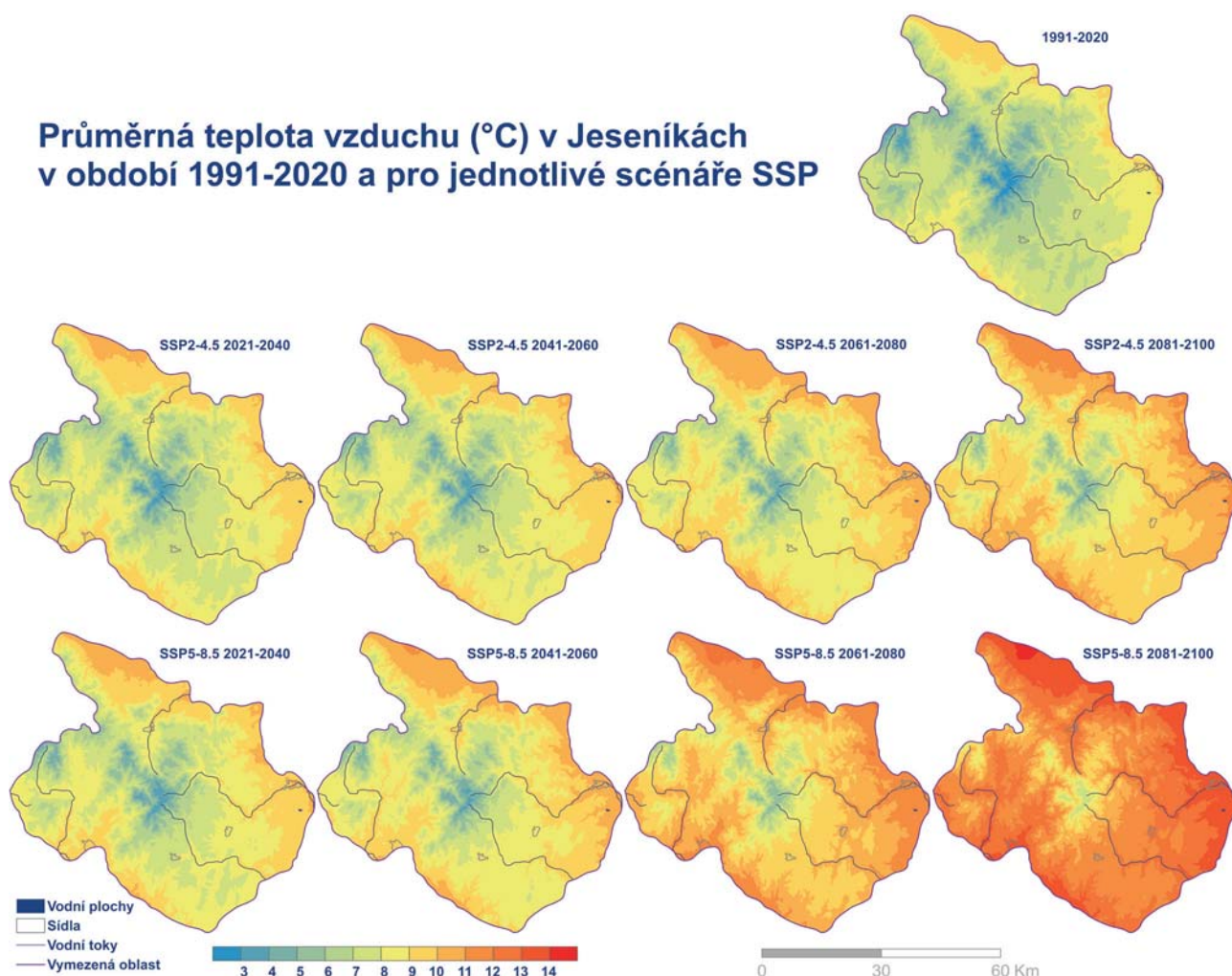
zpracované do mapové podoby za využití desktopové verze software ArcGIS od firmy ESRI (ESRI 2000). Pro lepší názornost potenciálních rizik byly mapové vrstvy zobrazující vybrané indexy kombinovány do logických skupin s označením Horko, Mráz, Sucho, Přívalové deště, Bouře a Požáry (tab. 1). V případě průměrných denních teplot a srážkových úhrnů byly pro lepší znázornění změn v ročních chodech vypracovány box-ploty měsíčních a sezónních dat.

3. Výsledky

Podle normálového období 1991–2020 se průměrná roční teplota na území Jeseníků (obr. 1) pohybovala okolo 7 °C s maximálními hodnotami okolo 9 °C v nejnižších položených oblastech v severní části území a v okolí města Krnov a minimálními ve vrcholových oblastech Hrubého Jeseníku a Králického Sněžníku, kde dosahovaly hodnot kolem 2 °C. Oba scénáře předpokládají nárůst teplot v celém území, podle SSP2-4.5 na přibližně 9 °C (maximální okolo 11 °C a minimální okolo 5 °C), podle SSP5-8.5 na přibližně 11 °C (max. 14 °C, min. 7 °C).

Obdobně kopírují geografické poměry území i průměrné roční srážkové úhrny (obr. 2). V normálovém období 1991–2020 se průměrné srážky v Jeseníkách pohybovaly okolo 850 mm·rok⁻¹, s maximálními hodnotami ve vrcholových oblastech, kde dosahovaly hodnot kolem 1330 mm·rok⁻¹. Naopak nejméně srážek bylo naměřeno v severní části území a v okolí města Krnov, kde dosahovaly přibližně 580 mm·rok⁻¹. Z map je zřejmý pokles srážek v celé oblasti podle obou SSP scénářů, scénář SSP5-8.5 však předpokládá naopak jejich nárůst ve vrcholových částech obou zmíněných pohoří. Podle SSP2-4.5 by se v období 2081–2100 mohly průměrné roční srážky pohybovat okolo hodnoty 780 mm·rok⁻¹ s maximem okolo 1 250 mm·rok⁻¹ a minimem okolo 550 mm·rok⁻¹. Scénář SSP5-8.5 předpokládá průměrné srážky okolo 920 mm·rok⁻¹ s maximy okolo 1 500 mm·rok⁻¹ a minimy okolo 680 mm·rok⁻¹.

Pro stanovení ohrožení horkem na území Jeseníků (obr. 3) byly využity indexy počtu horkých dní v délce minimálně 15 dní·rok⁻¹, počtu tropických nocí v délce minimálně 4 nocí·rok⁻¹ a počtu dní s horkou vlnou (maximální denní teplota vzduchu minimálně 30 °C trvající alespoň 3 dny) v délce minimálně 10 dní·rok⁻¹. Zatímco indexy počtu horkých dní a dní s horkou vlnou svůj výskyt v území téměř dokonale kopírují, tropické noci se objevují ve scénáři SSP2-4.5 až v období



Obr. 1 Průměrná teplota vzduchu [°C] na území Jeseníků podle normálového období 1991–2020 a pro jednotlivé scénáře.

2081–2100 a ve velice omezené míře v okolí Města Albrechtice. Podobné je tomu i u SSP5-8.5 v období 2041–2060, nicméně zde je zřejmý jejich rozsáhlý nárůst v dalších periodách až do 2081–2100, kdy byly detekovány na více než polovině území. Výskyty tropických nocí zároveň téměř ve všech případech vymezují nejrizikovější oblasti prolínání všech tří indexů.

4. Diskuze a závěr

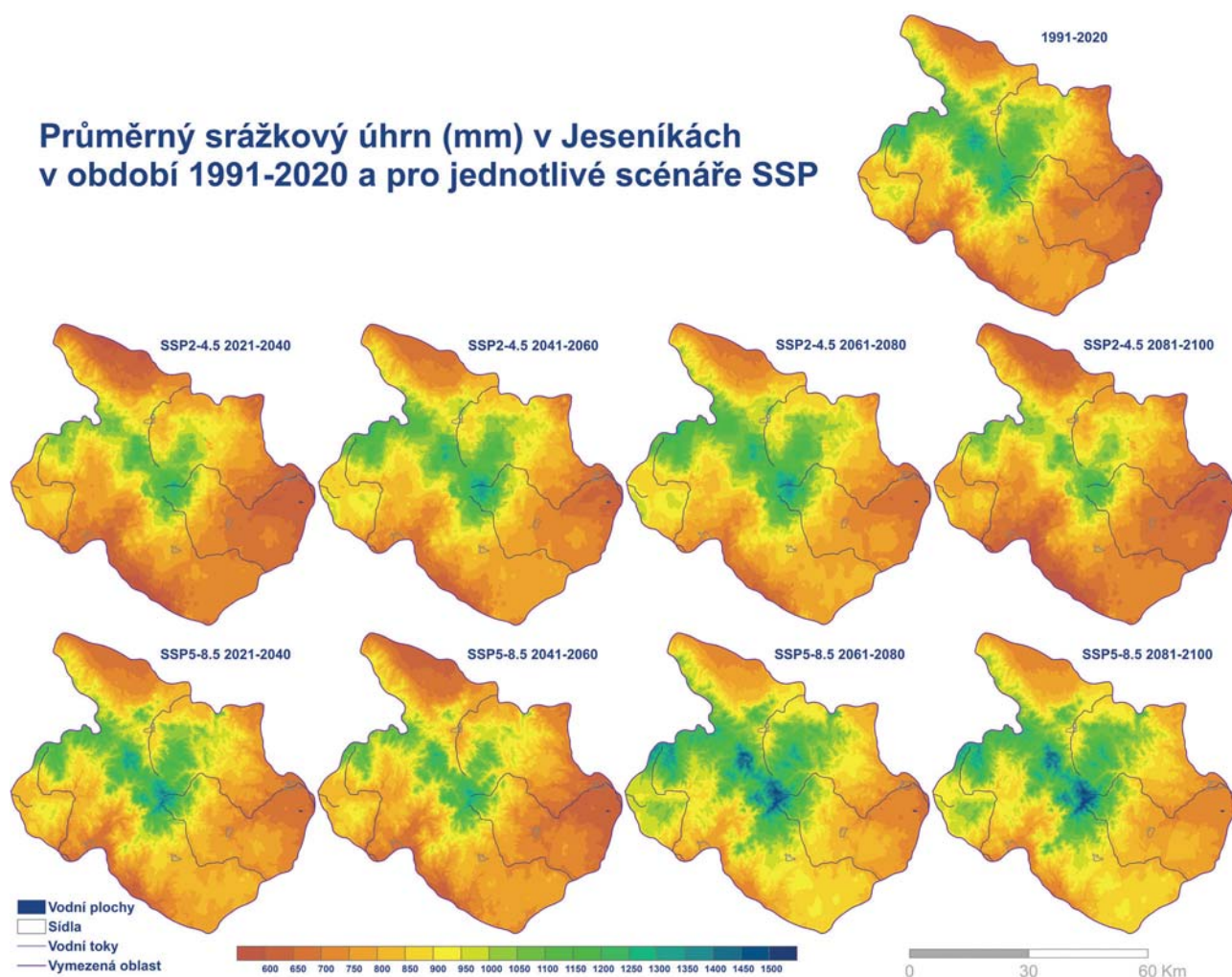
Příspěvek pomocí scénářových dat klimatické verze modelu Aladin-CLIMATE/CZ demonstroval potenciální vývoj klimatu v území Jeseníků včetně vymezení oblastí, které budou tímto vývojem nejvíce zasaženy. Ačkoliv první výsledky jsou slibné a kopírují všeobecně uznávané závěry plynoucí z aktuálně pozorovaných změn klimatu, je potřeba brát v úvahu, že se jedná o data jednoho modelu a budou vyžadovat bližší studium. V rámci projektu PERUN již probíhají srovnávací analýzy s dalšími klimatickými modely i ostatními experimenty klimatického modelu Aladin-CLIMATE/CZ, které se opírají o jiné vstupní podmínky či zdrojové datasety. Také definice rizikovosti jednotlivých meteorologických prvků a jejich klimatologických charakteristik a indexů jsou stále předmětem jednání, stejně tak možnost využití dalších veličin.

Literatura:

BROŽKOVÁ, R., BUČÁNEK, A., MAŠEK, J., SMOLÍKOVÁ, P., TROJÁKOVÁ, 2019. Nová provozní konfigurace modelu ALADIN ve vysokém rozlišení. *Meteorologické zprávy*, roč. 72, č. 5, s. 129–139. ISSN 0026-1173.

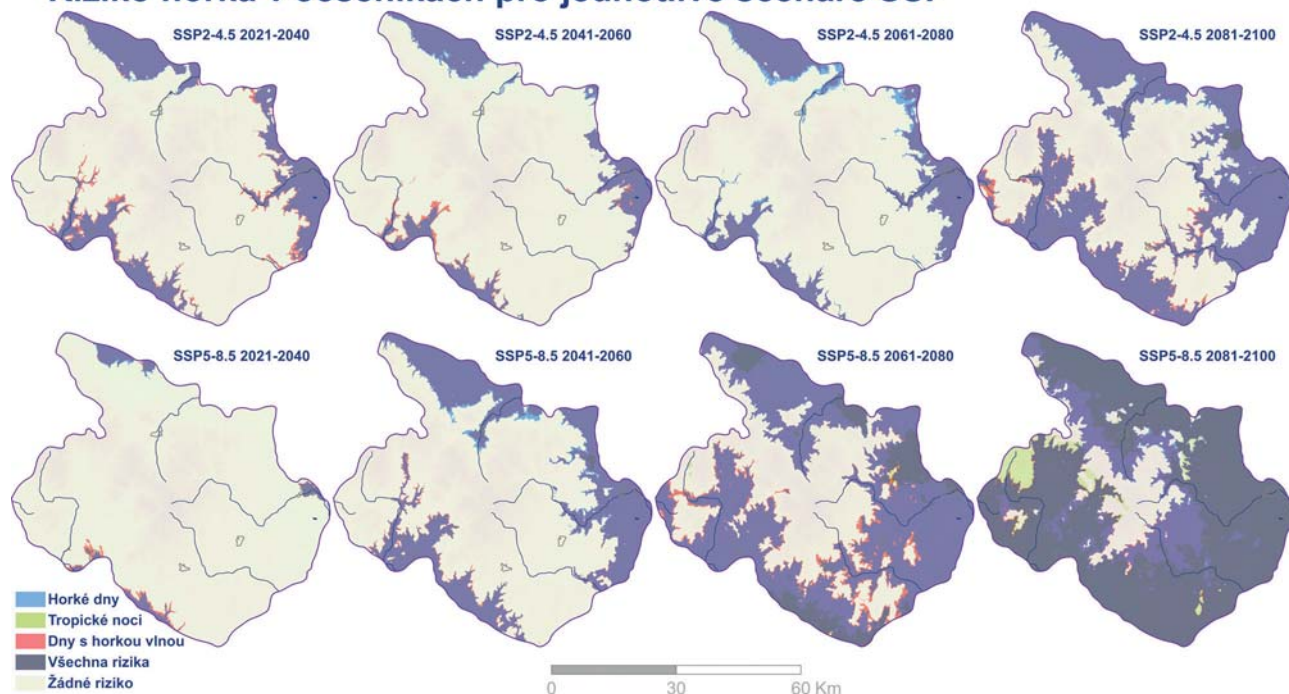
ESRI, 2020. Documentation. [online]. [cit. 20. 10. 2023]. Dostupné z: <https://desktop.arcgis.com/en/documentation/>.

IPCC, 2018. Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte et al. (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 616 s.



Obr. 2 Průměrný srážkový úhrn [mm] na území Jeseníků podle normálového období 1991–2020 a pro jednotlivé scénáře.

Riziko horka v Jeseníkách pro jednotlivé scénáře SSP



Obr. 3 Ohrožení horkem na území Jeseníků pro jednotlivé scénáře.

STŘÍŽ, M., 2008. Popis metod CLIDATA-GIS [online]. [cit. 20. 10. 2023]. Dostupné z: <http://www.infomet.cz/fil/1295510217.pdf>.

ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., FARDA, A., SKALÁK, P., TRNKA, M., MEITNER, J., RAJDL, K., 2016. Projection of drought-inducing climate conditions in the Czech Republic according to Euro-CORDEX models. *Climate Research*, Vol. **70**, s. 179–193, doi:10.3354/cr01424.

ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., HUTH, R., 2011. Interpolation techniques used for data quality control and calculation of technical series. An example of Central European daily time series. *Idojaras*, Vol. **115**, s. 87–98.

Klíčová slova: PERUN, SSP, Aladin, klimatická rizika

Poděkování: Tento příspěvek vznikl s podporou TA ČR, projektu SS02030040 „Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku (PERUN)“.

Variabilita teploty vzduchu v Hrubém Jeseníku a Králickém Sněžníku

Lukáš Dolák^{1,2}, Jan Řehoř^{1,2}, Kamil Láška¹, Petr Štěpánek^{2,3}, Pavel Zahradníček^{2,3}

¹ Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Geografický ústav, Kotlářská 267/2, 611 37 Brno; dolak@sci.muni.cz

² Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i., Bělidla 986/4a, 603 00 Brno

³ Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 43, 616 67 Brno

1. Úvod

Teplota vzduchu je jednou z nejvýznamnějších meteorologických proměnných, které ovlivňují jak environmentální procesy, tak lidské aktivity a zdraví (např. Trnka a kol. 2021). Během lidmi způsobené změny klimatu byla průměrná globální teplota vzduchu v roce 2022 vyšší přibližně o 1,15 °C v porovnání s referenčním předindustriálním obdobím 1850–1900 (WMO – State of the Global Climate 2021). Tempo růstu teplot se však liší od globálního průměru jak regionálně, tak pro různé nadmořské výšky (Masson-Delmotte a kol. 2021). Zvyšující se teplota vzduchu může mít přímý vliv jak na horské ekosystémy (Viterbi a kol. 2020), tak například na délku trvání sněhové pokrývky (Notarnicola 2020). Proto, i přes nižší hustotu meteorologických stanic, představují měření ve vyšších nadmořských výškách dobrý ukazatel globálního oteplování, protože horské oblasti se vyznačují menším množstvím šumu (okolních negativních vlivů na měření) v porovnání s nižšími polohami (Pepin, Lundquist 2008).

Analýze variability teploty vzduchu na horských hřebenech a jejich rozdílům ve srovnání s okolními nížinami byla ve světě dosud věnována poměrně malá pozornost (např. Weber a kol. 1997 nebo Jurczak a Kędzia 2021).

V České republice (dále jen ČR) byl výzkum variability teploty vzduchu často prováděn z pohledu dlouhodobé perspektivy a převážně na základě měření na nížinných stanicích (Brázdil a kol. 2009). Například Zahradníček a kol. (2021) odhalili pokles rychlosti oteplování v sezónních a ročních teplotních řadách s rostoucí nadmořskou výškou, jak prokázali na trendech ročních řad na nížinných (< 300 m, 0,37 °C/10 let) a horských (> 900 m, 0,27 °C/10 let) stanicích v období 1961–2019.

Podobně jako ve světě jsou i v ČR analýzy variability teploty vzduchu na českých horských stanicích poměrně vzácné. Například minimální teploty vzduchu v mrazových kotlinách v období 1983–2010 v horách na česko-německé hranici analyzovali Jůza a kol. (2011). Převládající obecné klimatické podmínky Krkonoš byly analyzovány Coufalem a Šebkem (1969), a Kliegrová a kol. (2009) byli mezi prvními, kteří upozornili na měnící se klima v Krkonoších na základě změn ve vztahu mezi nadmořskou výškou a průměrnou teplotou vzduchu v letech 1961–2007. V následující studii detekovaly Kliegrová a Kašičková (2019) nárůst průměrné roční teploty vzduchu o přibližně 1 °C v Krkonoších mezi lety 2001–2016 (ve srovnání s obdobím 1961–2000).

Ve srovnání s ostatními českými pohořími bylo jen málo pozornosti věnováno Hrubému Jeseníku a Králickému Sněžníku. Klimatické podmínky nejvyššího vrcholu Hrubého Jeseníku, Pradědu, v období 1951–1960 popsali Tejnská a Tejnský (1972). Podobně Lednický a kol. (1973) a Lednický (1985) analyzovali klimatické podmínky vrcholů Hrubého Jeseníku na příkladu Pradědu. Zvyšující se teploty vzduchu od 60. let 20. století na čtyřech vybraných meteorologických stanicích v oblasti Jeseníků zaznamenali Kliment a kol. (2011). Přestože jsou od roku 2010 dostupná měření teploty vzduchu z několika různých horských stanic v oblasti Jeseníků, nebyla dosud v námi studovaném regionu provedena podrobná analýza dlouhodobé variability teploty vzduchu zahrnující všechny dostupné teplotní řady.

Tento článek si proto klade za cíl homogenizovat, rekonstruovat a analyzovat prostorovou a časovou variabilitu teploty vzduchu na horských stanicích nad 1 000 m n. m. v Hrubém Jeseníku a Králickém Sněžníku v období 1961–2020. Druhým cílem studie je představit nově postavenou stanicí Vysoká hole (1 464 m n. m.) jako nejvýše položenou provozní stanicí ve studované oblasti a ověřit její teplotní řadu ve srovnání s měřeními na jiných stanicích.

2. Data a metody

Charakteristiky použitých stanic jsou uvedeny v tab. 1. Tři z těchto stanic reprezentují pohoří Hrubý Jeseník a dvě Králický Sněžník. S výjimkou stanice Praděd všechny uvedené stanice nadále poskytují nepřetržitá měření průměrné maximální a minimální teploty v intervalech 5–15 minut v závislosti na období měření. Kromě stanice Vysoká hole (1 464 m n. m.) jsou všechny stanice součástí sítě Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). Pokud jde o širší okolí vybraných

Tab. 1 Charakteristiky vybraných meteorologických stanic v oblasti Hrubého Jeseníku a Králického Sněžníku (data založená na databázi CLIDATA).

Stanice	Období (původní/rekonstruovaná řada)	Nadmořská výška (m n. m.)	Souřadnice	Povrch	Pohoří
Paprsek	2010–2021/1961–2009	1 006	50°12'33", 16°59'20"	zalesněný	Králický Sněžník
Slaměnka	2011–2021/1961–2010	1 100	50°09'04", 16°49'58"	zalesněný	Králický Sněžník
Šerák	2004–2021/1961–2003	1 328	50°11'15", 17°06'29"	zalesněný	Hrubý Jeseník
Vysoká hole	2017–2021/–	1 464	50°03'35", 17°13'53"	alpínské bezlesí	Hrubý Jeseník
Praděd	1961–1997/1998–2021	1 492	50°04'59", 17°13'55"	alpínské bezlesí	Hrubý Jeseník

Tab. 2 Průměrná roční teplota (TAVG), průměrná roční maximální teplota (TMAX) a průměrná roční minimální teplota vzduchu (TMIN) [°C] na vybraných meteorologických stanicích Paprsek, Praděd, Slaměnka a Šerák v obdobích 1961–1990 a 1991–2020 a jejich rozdíly (tučně jsou zvýrazněny statisticky významné hodnoty na hranici 5 %, $p < 0,05$).

Stanice		Paprsek	Slaměnka	Šerák	Praděd	
Teplotní charakteristika	Období					Průměr všech stanic
TAVG	1961–1990	4,09	3,49	2,39	1,02	2,75
	1991–2020	4,95	4,52	3,16	2,02	3,66
	rozdíl	0,86	1,03	0,77	1,00	0,92
TMAX	1961–1990	7,98	6,99	5,56	3,95	6,12
	1991–2020	9,08	8,29	6,53	5,28	7,29
	rozdíl	1,10	1,29	0,97	1,33	1,17
TMIN	1961–1990	0,62	0,35	–0,39	–1,44	–0,22
	1991–2020	1,55	1,41	0,32	–0,38	0,73
	rozdíl	0,93	1,06	0,71	1,06	0,95

stanic, oblasti do nadmořské výšky přibližně 1 350 m jsou většinou zalesněné, ale okolí stanic nad touto nadmořskou výškou tvoří často již bezlesí.

Stanice Vysoká hole (1 464 m n. m.) byla jediná, kterou postavila Masarykova univerzita a byla uvedena do provozu 7. října 2017 (viz obr. 1). Stanice byla umístěna na vrcholu Vysoké hole (Hrubý Jeseník) nad horní hranicí lesa a je obklopená alpínským bezlesím a dříve i malou plantáží kleče. Jedním z účelů stanice bylo získání relevantních mikroklimatických dat reprezentujících oblast alpínských holí v rámci výzkumného projektu ECOPOLARIS. Stanice měří průměrné, maximální a minimální teploty (°C) ve výšce 2 metrů v 10minutových intervalech pomocí senzoru EMS33R (EMS Brno, CZ) s přesností $\pm 0,15$ °C. Senzor teploty byl umístěn v přirozeně větraném ochranném radiačním krytu a pravidelně kalibrován každý rok. Stanice splňuje stejné technické požadavky jako stanice v síti ČHMÚ. Navíc podle „Průvodce meteorologickými přístroji a metodami pozorování“ (WMO 2008) stanice splňuje většinu požadavků Světové meteorologické organizace. Stanice tedy vhodně doplňuje poměrně řídkou síť meteorologických stanic nad 1 000 m n. m. jak ve studované oblasti, tak v českých pohořích.

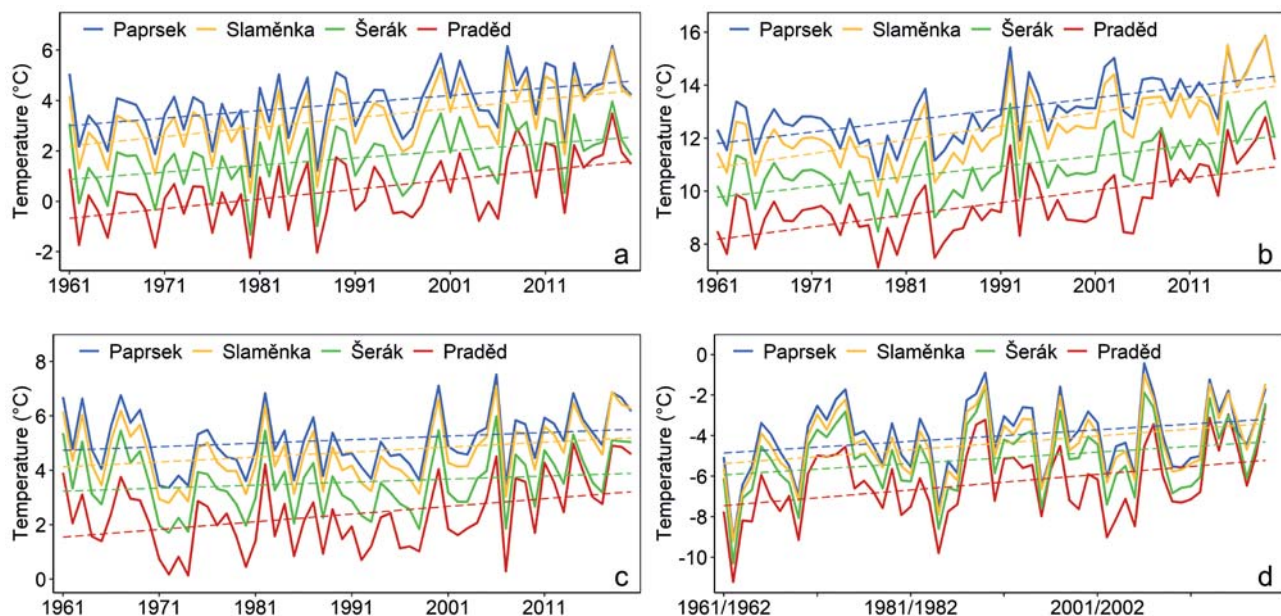
Původní řady teplot vzduchu jsou různé dlouhé, v rozmezí od 52 let (Praděd) po pět let (Vysoká hole). Časové řady čtyř vybraných stanic (Paprsek, Slaměnka, Šerák, Praděd) byly homogenizovány a rekonstruovány do technické řady pokrývající celé období 1961–2020. Proces zpracování dat byl součástí homogenizace a interpolace českých časových řad několika meteorologických prvků. Původní časové řady prošly důkladnou kontrolou kvality, homogenizací a doplněním chybějících dat (aby byl zajištěn konzistentní vstupní dataset jak v čase, tak v prostoru) podle Štěpánka a kol. (2011, 2013). Denní data byla interpolována pro oblast celé ČR metodou regresního krigingu s využitím geografických souřadnic, nadmořské výšky a dalších terénních charakteristik, jako prediktorů do formy gridových výstupů s prostorovým rozlišením 500 m.

3. Výsledky

Pokud jde o sezónní 10leté trendy (obr. 2), všechny stanice vykázaly statisticky významný nárůst pro jarní, letní a zimní sezóny (od 0,28 °C v zimě na stanici



Obr. 1 Automatická meteorologická stanice na Vysoké holi (1 464 m n. m.) v Hrubém Jeseníku. Foto: K. Lásková, 2017.



Obr. 2 Sezónní variabilita teploty vzduchu na meteorologických stanicích Paprasek, Praděd, Slaměnka a Šerák (a) na jaře, (b) v létě, (c) na podzim a (d) v zimě v období 1961–2020.

Šerák do $0,52\text{ }^{\circ}\text{C}$ v letní sezoně na stanici Slaměnka). Statisticky významné rostoucí trendy na podzim byly zaznamenány pouze pro stanice Praděd ($0,29\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$) a Slaměnka ($0,18\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$). Nejvyšší rostoucí 10letý trend teploty vzduchu byl nejvíce patrný v létě ($0,39\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $0,52\text{ }^{\circ}\text{C}$) a následně na jaře ($0,28\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $0,39\text{ }^{\circ}\text{C}$) a v zimě ($0,28$ – $0,40\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Kromě klesajícího (statisticky nevýznamného) 10letého lineárního trendu v říjnu na stanici Šerák byly všechny ostatní dekádní měsíční trendy rostoucí a dvě třetiny (66 %) z nich byly také statisticky významné. Statisticky významný nárůst teplot vzduchu na všech stanicích byl zaznamenán od dubna do srpna a od listopadu do prosince. Na druhou stranu únor, září a říjen nevykázaly žádné statisticky významné trendy na žádné stanici. Nárůst teploty o $0,57\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$ v srpnu na stanici Slaměnka představoval nejvyšší trend a nejnižší nárůst teploty za 10 let byl naopak detekován v září na stanici Šerák a v říjnu na stanici Slaměnka (souhlasně $0,03\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Vyšší rostoucí trendy byly zjištěny pro všechny stanice v letním půlroce ve srovnání se zimním půlrokem (všechny trendy pro oba půlroky byly statisticky významné). Tuto skutečnost má na svědomí především období od dubna do srpna s významně rostoucími trendy přítomnými pro všechny stanice a jednotlivé měsíce, zatímco září vykazovalo pouze malé statisticky nevýznamné nárůsty. Navzdory téměř 400metrovému rozdílu v nadmořské výšce se na stanicích Slaměnka ($0,42\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$) a Praděd ($0,41\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$) objevily téměř identické rostoucí trendy v letním půlroce. Stanice Praděd byla také stanicí s nejrychleji rostoucím dekádním trendem v zimním půlroce ($0,37\text{ }^{\circ}\text{C}$), oproti nejnižšímu rostoucímu trendu na stanici Šerák ($0,23\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Průměrná roční teplota (TAVG), průměrná roční maximální teplota (TMAX) a průměrná roční minimální teplota vzduchu (TMIN) na čtyřech studovaných stanicích byla porovnána mezi dvěma normálovými obdobími (1961–1990 a 1991–2020). Jak ukazuje tab. 2, roční TAVG, TMAX a TMIN statisticky významně vzrostly mezi oběma obdobími. Nejvýraznější rozdíly průměrných teplot mezi normálovými obdobími byly zaznamenány pro TMAX ($1,17\text{ }^{\circ}\text{C}$), následované TMIN ($0,95\text{ }^{\circ}\text{C}$) a TAVG ($0,92\text{ }^{\circ}\text{C}$). Konkrétně nejvyšší rozdíly byly detekovány na stanicích Praděd (TMAX $1,33\text{ }^{\circ}\text{C}$) a Slaměnka (TMAX $1,29\text{ }^{\circ}\text{C}$), tj. na nejvyšší a třetí nejvýše položené stanici. Podobně na těch samých stanicích byly zaznamenány nejvyšší rozdíly teplot TMIN (identicky $1,06\text{ }^{\circ}\text{C}$) a TAVG (Slaměnka $1,03\text{ }^{\circ}\text{C}$, Praděd $1,00\text{ }^{\circ}\text{C}$). Na druhé straně nejnižší rozdíly pro TAVG, TMAX a TMIN vždy nastaly na stanici Šerák (1 328 m n. m.). Jak je vidět z výsledků, nejvyšší zaznamenaný nárůst teploty vzduchu mezi oběma obdobími přímo nesouvisel s aktuální nadmořskou výškou stanice (tj. nejvyšší nárůst nenastal na nejnižší položené stanici a naopak, jak by se dalo předpokládat).

Pro ověření výsledků měření teplotních řad na nedávno postavené meteorologické stanici na Vysoké holi (od listopadu 2017 do prosince 2021) byly získané řady porovnány s měřeními na ostatních stanicích. Nejnižší rozdíly byly zaznamenány mezi Vysokou holí a Pradědem (průměrný měsíční rozdíl teploty vzduchu $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$) a Šerákem ($0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$). Velmi pravděpodobným vysvětlením této skutečnosti je umístění těchto stanic ve srovnatelných nadmořských výškách (viz tab. 1). Nejvyšší rozdíly se následně objevily mezi Vysokou holí a dvěma zbývajících nejnižší položenými stanicemi ($2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ v případě Paprsku, $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ v případě Slaměnky). Nejvyšší měsíční rozdíl mezi porovnávanými stanicemi byl zaznamenán v dubnu 2020 na stanicích Paprasek a Slaměnka (souhlasně $3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$). Pro další zajímavé a podrobné výsledky odkazujeme na publikaci Dolák a kol. (2023).

4. Diskuze

Analýza ročních a letních/zimních půlročních řad TAVG čtyř vybraných stanic reprezentujících vrcholy nad 1 000 m n. m. v Hrubém Jeseníku a Králickém Sněžníku odhalila statisticky významné rostoucí roční trendy v letech 1961–2020 od 0,26 do 0,38 °C/10 let. Významný nárůst teploty vzduchu na evropských horských hřebenech v posledních desetiletích byl rovněž prokázán několika dalšími studiemi, viz např. Weber a kol., 1997. Nejvýznamnější trend převažoval ve většině případů na nejvyšší analyzované stanici (Praděd) a letní půlrok se oteploval rychleji než zimní půlrok. Takový nárůst teploty vzduchu je v souladu s dopady současné změny klimatu, zejména globálního oteplování, jak potvrdila řada studií, např. Casty a kol., 2005. Nicméně poslední zpráva Mezivládního panelu pro změnu klimatu (IPPC) varovala, že míra oteplování v horských oblastech se liší v závislosti na nadmořské výšce, avšak toto konstatování neplatí ve všech případech. Nárůst teploty vzduchu také vede k vyšší potenciální evapotranspiraci, což společně se stabilními srážkami (Brázdil a kol. 2021) znamená posun nejen k teplejším, ale také k sušším klimatickým podmínkám. To může mít významný dopad na lesní hospodářství (změny v druhové skladbě lesa, častější výskyty kůrovcových kalamit), správu vodních zdrojů a zemědělství.

Rovněž bylo zjištěno, že teplotní podmínky na stanici Vysoká hole (roční, letní/zimní půlrok, sezónní a měsíční TAVG) velmi dobře odpovídají meteorologickým měřením prováděným ve vyšších nadmořských výškách (tj. na stanicích Šerák a Praděd). Porovnání stanice Vysoká hole s měřenou (Šerák) a rekonstruovanou (Praděd, od roku 1997) řadou ukázalo, že měření na Vysoké holi jsou dostatečně reprezentativní a současně srovnatelná s měřeními stanic zařazených do sítě ČHMÚ. Stanice Vysoká hole by tedy mohla být použita jako ověřená a náhradní meteorologická stanice za stanici Praděd, která již není v provozu.

5. Závěr

Tento článek prezentoval prostorovou a časovou analýzu homogenizovaných a rekonstruovaných teplotních řad vybraných meteorologických stanic nad 1 000 m n. m. v oblasti Hrubého Jeseníku a Králického Sněžníku v období 1961–2020. Kromě toho studie představila teplotní měření z nově postavené meteorologické stanice Vysoká hole. Nejvýznamnější výsledky lze shrnout následovně:

1. Roční a letní/zimní půlroční řady TAVG odhalily statisticky významný nárůst 10letých trendů v letech 1961–2020. Nejvýznamnější trend převažoval ve většině případů na nejvyšší analyzované stanici (Praděd) a letní půlrok se oteploval rychleji než zimní půlrok.
2. Byly nalezeny statisticky významné rostoucí trendy sezónních TAVG (s výjimkou podzimu na stanicích Paprsek a Šerák), nejvýznamnější pro léto a nejslabší pro podzim. Kromě velmi nízkého růstu nebo dokonce poklesu teploty v říjnu (statisticky nevýznamného) byly rostoucí trendy teploty vzduchu zjištěny ve všech ostatních měsících.
3. Roční TAVG, TMAX a TMIN vzrostly (statisticky významně) mezi obdobími 1961–1990 a 1991–2020. Nejvyšší rozdíly mezi oběma normálovými obdobími byly zaznamenány pro TMAX, následované TMIN a TAVG. Nicméně nejvyšší roční rozdíly ne vždy odpovídaly nadmořské výšce analyzované stanice.
4. Léto bylo detekováno jako sezóna s nejvyšším růstem TAVG, TMAX a TMIN mezi oběma normálovými obdobími a naopak podzim s nejnižším růstem teploty vzduchu.
5. Klimatické podmínky se v období 1991–2020, na rozdíl od období 1961–1990 měnily (formou oteplování) více ve vyšších nadmořských výškách zkoumaného regionu než v nižších. Tento závěr se liší od předchozích studií týkajících se ČR, které naznačovaly pomalejší nárůst teplot ve vyšších nadmořských výškách.
6. Průměrný roční počet arktických, ledových a mrazových dnů v období 1991–2020 na všech stanicích klesl (statistická významnost prokázána pro pokles počtu ledových a mrazových dnů). Nejvyšší pokles byl vždy pozorován ve vyšších nadmořských výškách a snižoval se s klesající nadmořskou výškou (více viz Dolák a kol. 2023).
7. Teplotní podmínky stanice Vysoká hole byly porovnatelné se stanicemi ve srovnatelných nadmořských výškách. Teplotní řady stanice Vysoká hole jsou dostatečně reprezentativní a srovnatelné s měřeními meteorologických stanic zařazených do sítě ČHMÚ.

Literatura:

- BRÁZDIL, R., CHROMÁ, K., DOBROVOLNÝ, P., TOLASZ, R., 2009. Climate fluctuations in the Czech Republic during the period 1961–2005. *IJCLI*, Vol. **29**, s. 223–242.
- BRÁZDIL, R., ZAHRADNÍČEK, P., DOBROVOLNÝ, P., ŠTĚPÁNEK, P., TRNKA, M., 2021. Observed changes in precipitation during recent warming: The Czech Republic, 1961–2019. *IJCLI*, Vol. **41**, s. 3881–3902.
- CASTY, C., WANNER, H., LUTERBACHER, J., ESPER, J., BOHM, R., 2005. Temperature and precipitation variability in the European Alps since 1500. *IJCLI*, Vol. **25**, s. 1855–1880, doi:<https://doi.org/10.1002/joc.1216>.

- COUFAL, L., ŠEBEK, PŘÍRODA, O., 1969. Příroda Krkonošského národního parku. In: *Příroda Krkonošského národního parku*, Fanta, J., Ed., Státní zemědělské nakladatelství: Praha, Vol. 1, s. 88–101.
- JURCZAK, K., KEDZIA, S., 2021. Air temperature in high-altitude areas as exemplified by the Tatra Mountains. *Meteorol. Hydrol. Water Manag.*, Vol. 9, Issue 13, doi:10.26491/mhwm/145366.
- JŮZA, P., STAROSTOVÁ, M., SKLENÁŘ, K., 2011. Naměřená minima teploty vzduchu na vybraných horských stanicích v Čechách. *Meteorologické zprávy*, roč. 64, č. 1, s. 10–17. ISSN 0026-1173.
- KLIEGROVÁ, S., METELKA, L., MATERNA, J., 2009. Mění se klima Krkonoš? *Krkonoše – Jizerské hory*, roč. 42, s. 24–25.
- KLIEGROVÁ, S., KAŠIČKOVÁ, L., 2019. Změny teploty vzduchu a úhrnů srážek v období 1961–2016 v Krkonoších. *Meteorologické zprávy*, roč. 72, č. 3, s. 88–93. ISSN 0026-1173.
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M., LEDVINKA, O., KRÁLOVEC, V., 2011. Hodnocení trendů v hydro-klimatických řadách na příkladu vybraných horských povodí. In: *Proceedings, Skální mlýn, 2.–4. 2. 2011*, s. 52.
- LEDNICKÝ, V., PIVOŇOVÁ, E., UJHÁZY, F., 1973. Teplota vzduchu na Pradědu. *Campanula*, Vol. 4, s. 175–202.
- LEDNICKÝ, V., 1985. Podnebí Pradědu. Severní Morava, 44–48.
- LYNAS, M., HOULTON, B. Z., PERRY, S., 2021. Greater than 99% consensus on human caused climate change in the peer-reviewed scientific literature. *Environ. Res. Lett.*, Vol. 16, 114005, doi:http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/ac2966.
- MASSON-DELMOTTE, V. et al., 2021. IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Cambridge University Press: Cambridge, s. 3949.
- NOTARNICOLA, C., 2020. Hotspots of snow cover changes in global mountain regions over 2000–2018. *RSEnv*, Vol. 243.
- PEPIN, N. C., LUNDQUIST, J. D., 2008. Temperature trends at high elevations: Patterns across the globe. *GeoRL*, Vol. 35.
- ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., BRÁZDIL, R., TOLASZ, R., 2011. Metodologie kontroly a homogenizace časových řad v klimatologii. Praha: Český hydrometeorologický ústav. s. 118.
- ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., FARDA, A., 2013. Experiences with data quality control and homogenization of daily records of various meteorological elements in the Czech Republic in the period 1961–2010. *Időjárás*, Vol. 117, s. 123–141.
- TEJNSKÁ, S., TEJNSKÝ, J., 1972. Klimatické poměry Pradědu (Climatic conditions of Praděd). *Campanula*, Vol. 3, s. 53–60.
- TRNKA, M. et al., 2021. Observed changes in the agroclimatic zones in the Czech Republic between 1961 and 2019. *Plant Soil Environ*, Vol. 67, 154–163, doi:10.17221/327/2020-PSE.
- VITERBI, R., CERRATO, C., BIONDA, R., PROVENZALE, A., 2020. Effects of Temperature Rise on Multi-Taxa Distributions in Mountain Ecosystems. *Diversity*, Vol. 12, 210, doi:https://doi.org/10.3390/d12060210.
- WEBER, R.O., TALKNER, P., AUER, I., BÖHM, R., GAJÍČ-ČAPKA, M., ZANINOVÍČ, K., BRÁZDIL, R., FAŠKO, P., 1997. 20th-century changes on temperature in the mountain regions of central Europe. *Clim. Change*, Vol. 36, s. 327–344.
- ZAHRADNÍČEK, P., BRÁZDIL, R., ŠTĚPÁNEK, P., TRNKA, M., 2021. Reflections of global warming in trends of temperature characteristics in the Czech Republic, 1961–2019. *IJCLI*, Vol. 41, s. 1211–1229, doi:https://doi.org/10.1002/joc.6791.

Klíčová slova: rekonstrukce teploty, variabilita teploty vzduchu, horské klima, Hrubý Jeseník, Králický Sněžník

Vliv atmosférické cirkulace na teplotní extrémny v Hrubém Jeseníku v období 1961–2022

David Tichopád¹, Jan Řehoř^{1,2}, Lukáš Dolák^{1,2}

¹ Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Geografický ústav, Kotlářská 267/2, 611 37 Brno, david.tichopad@mail.muni.cz

² Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i., Bělidla 986/4a, 603 00 Brno

1. Úvod

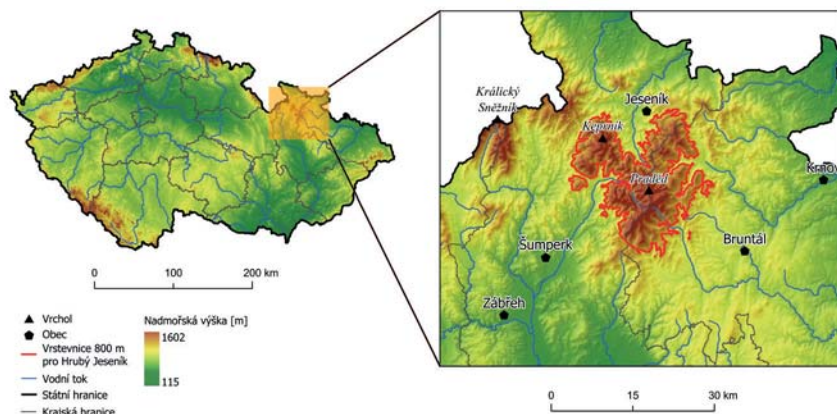
Současnou změnu klimatu způsobenou především antropogenním působením, zejména zvyšováním emisí skleníkových plynů, lze nejlépe vyjádřit pomocí nárůstu denních, měsíčních, sezónních a ročních průměrných teplot vzduchu v globálním, kontinentálním a regionálním měřítku (IPCC 2018; Krauskopf a Huth 2020; Zahradníček a kol. 2022). Dlouhodobé změny teploty vzduchu probíhají také v horských oblastech střední Evropy (Weber a kol. 1997; Kliegrová a Kašíčková 2019). Zahradníček a kol. (2021) uvádí, že v období 1961–2019 byl na stanicích položených > 900 m n. m. v České republice (ČR) zaznamenán statisticky významný rostoucí trend průměrných ročních teplot (0,27 °C/10 let). V období 2001–2016 se na vybraných stanicích ČHMÚ v oblasti Krkonoš zvýšila průměrná roční teplota vzduchu o 0,8–1 °C, přičemž největší nárůst průměrné měsíční teploty vzduchu (o 1,6 °C) byl zaznamenán v dubnu (Kliegrová a Kašíčková 2019). V souvislosti se změnou klimatu a rostoucími teplotami dochází ke změnám cirkulačních typů, kdy například v ČR dochází k nárůstu anticyklonálních situací (např. Zahradníček a kol. 2022). Těmto procesům je potřeba věnovat pozornost, protože nárůst anticyklonálních situací a s nimi spojených blokujících tlakových výší vede k větší četnosti teplotních extrémů, které negativně působí na lidské zdraví (Graczyk a kol. 2019).

První část výsledků bude věnována analýze trendu průměrných ročních a sezónních teplot vzduchu v oblasti Hrubého Jeseníku za období 1961–2022. Druhá část výsledků se zaměří na hodnocení vazby atmosférické cirkulace v hladině 850 hPa na výskyt denních teplotních extrémů.

2. Metody

2.1 Studované území

Pohoří Hrubý Jeseník s nejvyšším vrcholem Praděd (1 492 m n. m.) se nachází na severovýchodě ČR v historickém území Slezska a severní Moravy (obr. 1). Pohoří se rozkládá na ploše přibližně 523 km² a jeho průměrná nadmořská výška je 887 m. Pohoří sestává z třech hlavních hřebenů rozdělených hlubokými údolími orientovanými ve směru severovýchod-jihozápad a severozápad-jihovýchod (Demek a kol. 2006). Z hlediska klimatických podmínek Hrubého Jeseníku hraje klíčovou roli jejich poloha, která se nachází na rozhraní mezi oceánským a kontinentálním klimatem mírného pásu. Díky tomu ovlivňují pohoří různé povětrnostní systémy (tlakové níže, tlakové výše a atmosférické fronty) s různým původem (Brázdil a kol. 2021). Z hlediska teplot patří vrcholové partie k nejméně teplejším oblastem v ČR s průměrnými ročními teplotami v rozmezí 4–5 °C v nadmořské výšce kolem 1 000 m n. m. a 1–2 °C na nejvyšších hřebenech (Tolasz a kol. 2007; Dolák a kol. 2023). Pro potřeby této studie bylo vybráno území v Hrubém Jeseníku s nadmořskou výškou > 800 m n. m.



2.2 Data

Pro analýzu průměrné teploty vzduchu v období 1961–2022 byla pou-

Obr. 1 Studovaná oblast Jeseníků a její poloha v rámci České republiky.
Zdroj dat: ArcČR 500.

žita denní data ze staničního měření ČHMÚ, která prošla důkladnou kontrolou kvality a homogenizací dle metodiky Štěpánka a kol. (2013). Data byla následně interpolována do gridu 500×500 m pro celou ČR pomocí regresního krigingu, využívajícího jako prediktory terénní proměnné, například nadmořskou výšku, sklon a orientaci svahu, drsnost terénu či konvexnost/konkávnost reliéfu. Z těchto gridových vrstev dostupných v denním kroku od r. 1961 byly vybrány gridy spadající do vymezeného území Jeseníků s nadmořskou výškou 800 m n. m. a více, a hodnoty z těchto gridů byly pro každý den agregovány prostým aritmetickým průměrem. Pro hodnocení atmosférické cirkulace byla stažena hodinová data geopotenciální výšky v hladině 850 hPa z reanalýz ERA5 s rozlišením $0,25 \times 0,25^\circ$ (Climate Data Store 2024). Z hodinových dat geopotenciální výšky byly následně spočítány denní průměry.

Výběr polí geopotenciální výšky v hladině 850 hPa proběhl na základě výskytu teplotních extrémů, které jsou definovány jako 5 % nejnižších (ECD – extremely cold day) a 5 % nejvyšších (EWD – extremely warm day) anomálií denních průměrných teplot v jednotlivých ročních obdobích. Období 1961–2022 bylo rozděleno do 3 dílčích období (1961–1980, 1981–2000 a 2001–2022). Toto rozdělení umožňuje detekovat potenciální změny v synoptických situacích, které způsobují teplotní extrémy, mezi jednotlivými obdobími s ohledem na probíhající změnu klimatu.

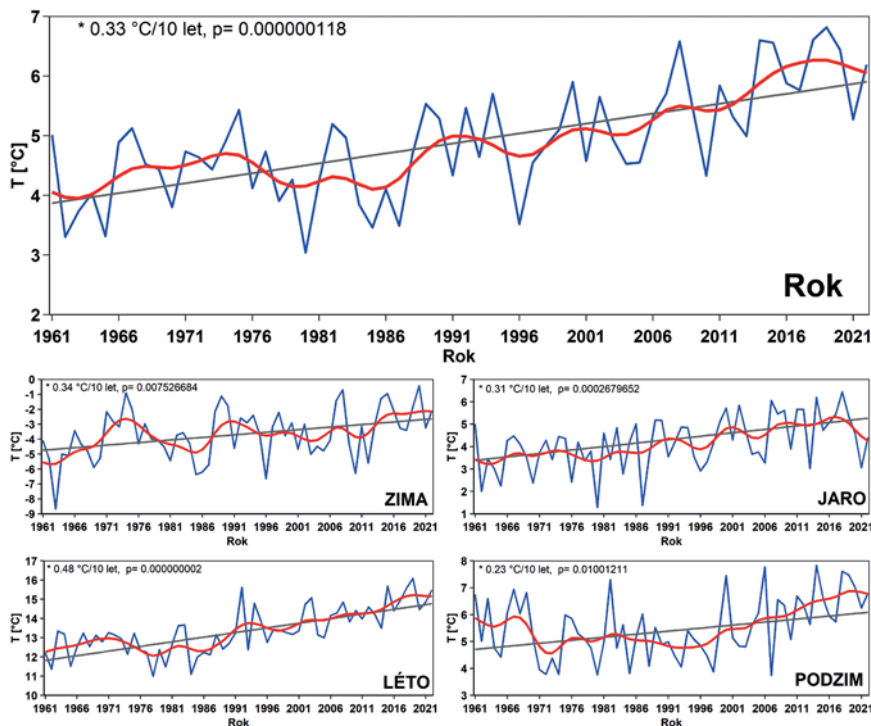
2.3 Statistické metody

Analýza trendu ročních a sezónních průměrných teplot byla provedena metodou neparametrické Theil-Senovy regrese. Statistická významnost trendu byla hodnocena pomocí neparametrického Mann-Kendalova testu na hladině významnosti $p = 0,05$. Pro výpočet vážených klouzavých průměrů byl použit Gaussův filtr s 10letým krokem. Pro hodnocení atmosférické cirkulace způsobující ECD a EWD byla použita analýza hlavních komponent (PCA z angl. Principal Components Analysis). Jedná se o vícerozměrnou statistickou metodu, která se snaží najít hlavní komponenty, což jsou lineární kombinace původních proměnných (Sebera 2012). Cílem PCA je vysvětlit společnou variabilitu prostřednictvím hlavních komponent v souboru dat s menším počtem proměnných než původní soubor dat. V práci byla PCA aplikována na vybrané denní průměrné pole geopotenciální výšky v hladině 850 hPa zvolené podle zimních (prosinec–únor) ECD a EWD.

3. Výběr z výsledků a diskuze

3.1 Analýza trendu

Roční a sezónní průměrné teploty vzduchu v Hrubém Jeseníku v období 1961–2022 vykazují navzdory vysoké meziroční variabilitě statisticky významný rostoucí trend (obr. 2). Pro řadu ročních průměrných teplot byl zjištěn trend $0,33^\circ\text{C}/10$ let. V jednotlivých ročních obdobích se trend pohybuje mezi $0,23^\circ\text{C}/10$ let pro podzim a $0,48^\circ\text{C}/10$ let pro léto. Z toho vyplývá, že roční průměrné teploty v Hrubém Jeseníku stouply v průběhu období 1961–2022 o $\sim 2,1^\circ\text{C}$. K nejrychlejšímu oteplení ve studovaném období došlo v létě ($\sim 3,0^\circ\text{C}$), naopak nejméně vzrostla teplota na podzim ($\sim 1,4^\circ\text{C}$). V případě podzimu dochází v porovnání s ostatními ročními obdobími ke zřetelnému vzrůstu teplot až od roku 2000. Nárůst průměrných letních teplot dále dokládá jádrový odhad hustoty pravděpodobnosti (obr. 3), kde došlo k posunu distribuce teplot vzduchu mezi obdobími 1961–1980 a 2001–2022 směrem k vyšším hodnotám. U ostatních ročních období je posun méně výrazný. K podobným výsledkům došla také studie Zahradníček a kol. (2021), kde byly analyzovány roční a sezónní průměrné teploty na vybraných horských stanicích (> 900 m n. m.) ČR v období 1961–2019. Studie uvádí, že na horských stanicích v ČR dochází k statisticky významnému vzestupu ročních průměrných teplot. Pro roční průměrné teploty odpovídá trend $0,27^\circ\text{C}/10$ let a pro jednotlivá roční období se pohybuje



Obr. 2 Variabilita průměrných ročních a sezónních teplot vzduchu pro Hrubý Jeseník v období 1961–2022 (modře) shlazená Gaussovým filtrem s 10letým krokem (červeně) a doplněná lineárním trendem (šedě).

je mezi 0,12 °C/10 let pro podzim a 0,38 °C/10 let pro léto. Pro podzim a zimu byl v případě celé ČR trend statisticky nevýznamný (Zahradníček a kol. 2021).

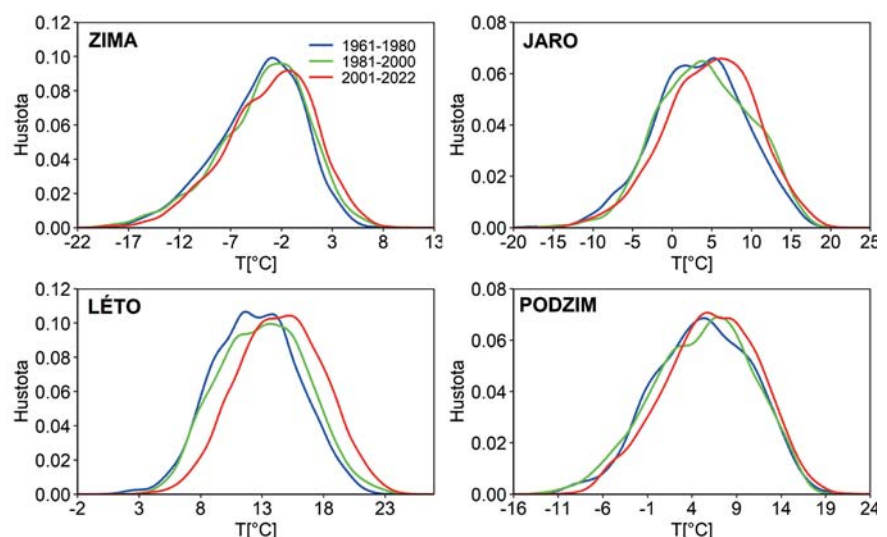
3.2 Analýza hlavních komponent

V zimních obdobích 1961–1980 měla největší vliv na ECD v Hrubém Jeseníku advekce chladného vzduchu po přední straně oblasti vysokého tlaku vzduchu se středem nad Britskými ostrovy, což dokládá PCA-1 vysvětlující 36 % společné variability denních polí geopotenciální výšky v hladině 850 hPa (obr. 4a). Dále PCA-2 naznačuje příliv chladného vzduchu od severovýchodu mezi tlakovou výší nad Skandinávií a oblastí nižšího tlaku vzduchu nad východním středomořím a PCA-3 ukazuje příliv chladného vzduchu po zadní straně tlakové níže se středem nad severovýchodním Polskem. Tyto hlavní komponenty společně vysvětlují dalších 31 % společné variability. Vliv na ECD v zimních obdobích 1981–2000 měla advekce chladnějšího vzduchu od severozápadu mezi hřebenem vyššího tlaku vzduchu nad Britskými ostrovy a oblastí nižšího tlaku vzduchu nad severovýchodní Evropou, jak znázorňuje PCA-1 vysvětlující 30 % společné variability (obr. 4b). Podle dalších dvou hlavních komponent, které společně vysvětlují 36 % společné variability, způsobuje ECD převážně východní proudění, jenž probíhá mezi tlakovou výší se středem severně od Britských ostrovů resp. nad severním mořem a tlakovou níží mající svůj střed v obou případech nad Středozemním mořem. V zimních obdobích 2001–2022 způsobovala ECD na základě PCA-1 z 37 % advekce chladnějšího vzduchu od západoseverozápadu mezi oblastí nižšího tlaku vzduchu nad severní Evropou a oblastí vyššího tlaku vzduchu nad jihozápadní Evropou (obr. 4c). Dále PCA-2 naznačuje příliv chladného vzduchu od severovýchodu mezi tlakovou výší se středem nad Britskými ostrovy a tlakovou níží nad východním středomořím a PCA-3 zobrazuje příliv chladného vzduchu od východu po jižní straně tlakové výše nad Sibiří. Tyto další dvě hlavní komponenty společně vysvětlují 31 % společné variability.

Dále byla provedena PCA z polí geopotenciální výšky v hladině 850 hPa na základě zimních EWD. V zimních obdobích 1961–1980 měla největší vliv na EWD v Hrubém Jeseníku advekce teplejšího vzduchu ze západojihozápadu mezi oblastí vyššího tlaku vzduchu nad jihozápadní Evropou a oblastí nižšího tlaku vzduchu nad severním Atlantikem, což dokládá PCA-1 vysvětlující 61 % společné variability (obrázek pro toto ani další období není zahrnut). Další PCA-2 naznačuje příliv teplého vzduchu od jihu po přední straně tlakové níže se středem nad Britskými ostrovy a PCA-3 ukazuje jihovýchodní proudění po jižní straně tlakové výše se středem nad Pobaltím. Společně PCA-2 a PCA-3 vysvětlují 23 % společné variability. Vliv na EWD v zimních obdobích 1981–2000 a 2001–2022 má rovněž příliv teplejšího vzduchu od západojihozápadu, což naznačuje PCA-1, která v těchto případech vysvětluje 78 % společné variability pro zimu

1981–2000 a 79 % společné variability pro zimu 2001–2022. Zimní EWD v těchto dvou obdobích dále způsobuje podle PCA-2, která shodně vysvětluje po 10 % společné variability, příliv teplejšího vzduchu od jihu po přední straně tlakové níže se středem v oblasti Britských ostrovů. Poslední PCA-3 u zimních období 1981–2000 naznačuje východojihozápadní proudění a vysvětluje 5 % společné variability. V případě zimních období 2001–2022 ukazuje PCA-3 vliv středu tlakové výše nebo slabší jihozápadní proudění a vysvětluje 4 % společné variability.

V případě vlivu atmosférické cirkulace na zimní ECD lze u PCA-1 sledovat rozdíly ve směru proudění v závislosti na období. V zimách 1961–1980 způsobovalo ECD severní až severoseverozápadní proudění, zatímco v zimách 2001–2022 se jednalo o proudění západoseverozápadní. Tyto výsledky jsou konzistentní se studií Cahynové a Hutha (2010), kde bylo konstatováno, že hlavním rysem atmosférické cirkulace nad Evropou a severním Atlantikem je od roku 1960 zimní posilování zonálních větrů v důsledku převládající pozitivní fáze severoatlantické oscilace. Zesilování zonálního proudění naznačuje také PCA-1 u zimních EWD, kde v období 2001–2022 vysvětluje PCA-1 o 18 % společné variability více v porovnání s období 1961–1980. Dále zde dochází k postupnému zesilování tlakového gradientu mezi jižní a severní Evropou. Patrný u PCA-1 pro zimní EWD je také postupně se prosazující hřeben vyššího tlaku vzduchu ze severozápadní Afriky směrem k střední Evropě. K těmto výsledkům došla také studie Zahradníčka a kol. (2021), kde byl zjištěn statisticky nevýznamný rostoucí trend



Obr. 3 Distribuce průměrných denních teplot vzduchu znázorněná pomocí jádrových odhadů hustoty pravděpodobnosti pro Hrubý Jeseník v jednotlivých ročních obdobích 1961–1980, 1981–2000 a 2001–2022.

anticyklonálních cirkulačních typů v ČR vymezených na základě objektivní klasifikace (např. Řehoř a kol. 2021) v chladné části roku. K největšímu nárůstu relativní četnosti (o 2,6 %) došlo mezi obdobími 1961–1990 a 1991–2020 u západní anticyklonální (AW) situace (Zahradníček a kol. 2021). Tento nárůst může vysvětlovat avizované prosazování hřebene vyššího tlaku vzduchu zaznamenané u PCA-1 u zimních EWD.

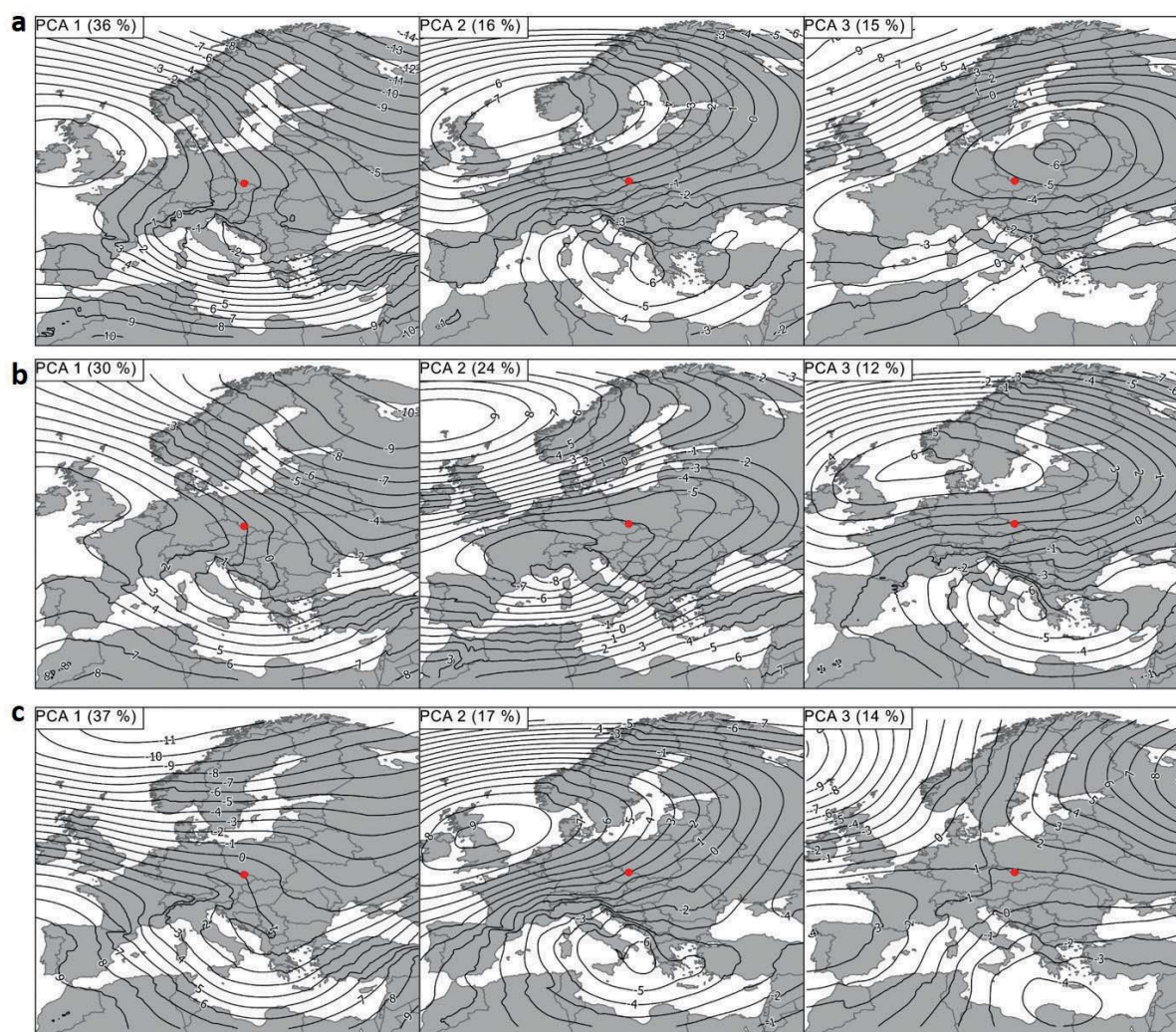
4. Závěr

V pohoří Hrubý Jeseník docházelo v období 1961–2022 k statisticky významnému růstu ročních a sezónních průměrných teplot vzduchu. Roční průměrné teploty vykazují pozitivní trend $0,33\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$, sezónní pak mezi $0,27\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$ pro podzim a $0,48\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$ pro léto. Dále bylo zjištěno, že zimní ECD ovlivňuje z 30–37 % převážně severozápadní proudění. U tohoto proudění byla pozorována změna, kdy v období 1961–1980 bylo severní a v období 2001–2022 se postupně změnilo na západoseverozápadní. Převažující proudění, které způsobuje zimní EWD, vykazuje v průběhu celého období západní směr. Dochází zde ke změně v četnosti výskytu, kdy mezi obdobími 1961–1980 a 2001–2022 došlo k vzrůstu vysvětlené společné variability z 61 % na 79 %.

Zdroje a literatura:

ArcČR 500. Digitální geografická databáze České republiky 1:500000 ; verze 2.0a – 2003. Online. Praha: ARCDATA, c1996–1997.

BRÁZDIL, R., ZAHRADNÍČEK, P., DOBROVOLNÝ, P., ŠTĚPÁNEK, P., TRNKA, M., 2021. Observed changes in precipitation during recent warming: The Czech Republic, 1961–2019. *Int. J. Clim.* , Vol. **41**, s. 3881–3902.



Obr. 4 Hodnoty prvních tří hlavních komponent (PCA-1, PCA-2 a PCA-3) vypočítané pro pole geopotenciální výšky v hladině 850 hPa pro ECD v zimních obdobích 1961–1980 (a) 1981–2000 (b) a 2001–2022 (c). V levém horním rohu každého výstupu je doplněna variabilita vysvětlená jednotlivými komponentami. Červený bod reprezentuje polohu Hrubého Jeseníku.

CAHYNOVÁ, M., HUTH, R., 2010. Circulation vs. climatic changes over the Czech Republic: A comprehensive study based on the COST733 database of atmospheric circulation classifications. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, Vol. **35**, 9–12, s. 422–428, <https://doi.org/10.1016/j.pce.2009.11.002>.

Climate Data Store, 2024. ERA5 hourly data on pressure levels from 1940 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS), DOI: 10.24381/cds.bd0915c6.

DEMEK, J., MACKOVČIN, P., BALATKA, B., BUČEK, A., CIBULKOVÁ, P., CULEK, M., ČERMÁK, P., DOBIÁŠ, D., HAVLÍČEK, M., HRÁDEK, M., 2006. Hory a nížiny. Zeměpisný Lexikon ČR. Brno: AOPK ČR, 544 s.

DOLÁK, L., ŘEHOŘ, J., LÁSKA, K., ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., 2023. Air Temperature Variability of the Northern Mountains in the Czech Republic. *Atmosphere*, Vol. **14**, s. 1063. <https://doi.org/10.3390/atmos14071063>.

GRACZYK, D., KUNDZEWICZ, Z. W., CHORYNSKI, A., FØRLAND, E. J., PINSKWAR, I., SZWED, M., 2019. Heat-related mortality during hot summers in Polish cities. *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. **136**, s. 1259–1273. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2554-x>.

IPCC, 2018. Global Warming of 1.5C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty. Geneva: World Meteorological Organisation.

KLIEGROVÁ, S., KAŠIČKOVÁ, L., 2019. změny teploty vzduchu a úhrnů srážek v období 1961–2016 v Krkonoších. *Meteorologické zprávy*, roč. **72**, č. 3, s. 88–93. ISSN 0026-1173.

KRAUSKOPF, T., HUTH, R., 2020. Temperature trends in Europe: comparison of different data sources. *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. **139**, s. 1305–1316. <https://doi.org/10.1007/s00704-019-03038-w>.

ŘEHOŘ, J., BRÁZDIL, R., TRNKA, M., LHOTKA, O., BALEK, J., MOŽNÝ, M., ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., MIKULOVÁ, K., TURŇA, M., 2021. Soil drought and circulation types in a longitudinal transect over central Europe. *Int J Climatol*, Vol. **41**, s. 2834–2850. <https://doi.org/10.1002/joc.6883>.

SEBERA, 2012. Analýza hlavních komponent a Faktorová analýza. dostupné z WWW: https://www.fsps.muni.cz/~sebera/vicerozmerna_statistika/pca.html.

ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., FARDA, A., 2013. Experiences with data quality control and homogenization of daily records of various meteorological elements in the Czech Republic in the period 1961–2010. *Időjárás*, Vol. **117**, s. 123–141.

TOLASZ, R., BRÁZDIL, R., BULÍŘ, O., DOBROVOLNÝ, P., DUBROVSKÝ, M., HÁJKOVÁ, L., HALÁSOVÁ, O., HOSTÝNEK, J., JANOUC, M., KOHUT, M. et al., 2007. Atlas Podnebí Česka (Climate Atlas of Czechia), 1st ed.; Český Hydrometeorologický Ústav; Univerzita Palackého v Olomouci: Praha, Olomouc; s. 255. ISBN 978-80-86690-26-1 (ČHMÚ). ISBN 978-80-244-1626-7 (UP).

WEBER, R. O., TALKNER, P., AUER, I., BÖHM, R., GAJÍČ-ČAPKA, M., ZANINOVIĆ, K., BRÁZDIL, R., FAŠKO, P., 1997. 20Th-Century Changes of Temperature in the Mountain Regions of Central Europe. In: Diaz, H. F., Beniston, M., Bradley, R. S. (eds.): *Climatic Change at High Elevation Sites*. Springer, Dordrecht.

ZAHRADNÍČEK, P., BRÁZDIL, R., ŘEHOŘ, J., LHOTKA, O., DOBROVOLNÝ, P., ŠTĚPÁNEK, P., TRNKA, M., 2022. Temperature extremes and circulation types in the Czech Republic, 1961–2020. *International Journal of Climatology*, Vol. **42**(9), s. 4808–4829. <https://doi.org/10.1002/joc.7505>.

ZAHRADNÍČEK, P., BRÁZDIL, R., ŠTĚPÁNEK, P., TRNKA, M., 2021. Reflections of global warming in trends of temperature characteristics in the Czech Republic, 1961–2019. *International Journal of Climatology*, Vol. **41**, s. 1211–1229. <https://doi.org/10.1002/joc.6791>.

Klíčová slova: teplota vzduchu, teplotní extrém, atmosférická cirkulace

Proměnlivost slunečního UV záření na vybraných stanicích v oblasti Jeseníků a v Krkonoších v letech 2020–2021

Marie Novotná^{1*}, Kamil Láska¹, Klára Čížková^{1,2}, Ladislav Metelka², Martin Staněk²

¹ Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Geografický ústav, Kotlářská 267/2, 611 37 Brno,

*novotna.marie@mail.muni.cz

² Český hydrometeorologický ústav, Solární a ozonová observatoř, Zámeček 456, 500 08 Hradec Králové 8

1. Úvod

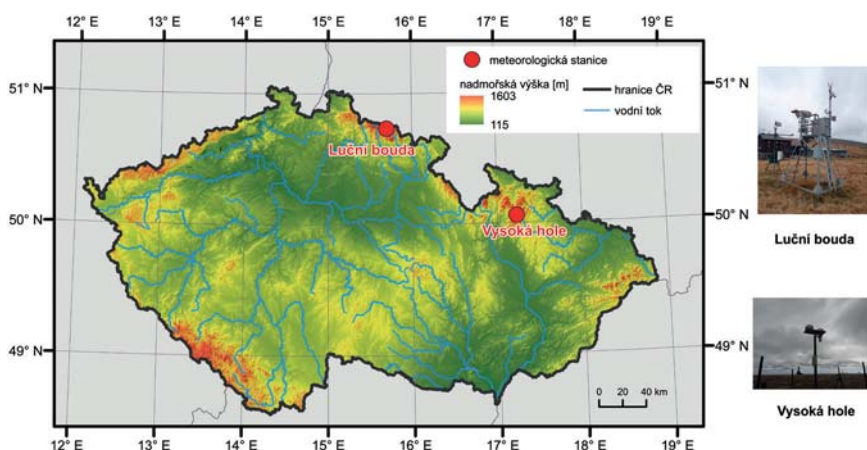
Sluneční ultrafialové (UV) záření představuje část elektromagnetického spektra zahrnující vlnové délky 100–400 nm. Přibližně 90 % UV záření dopadajícího na zemský povrch tvoří UV-A záření (400–315 nm), cca 10 % je zastoupeno UV-B zářením (315–280 nm; Kerr, Fioletov 2008). UV záření reprezentované nejkratšími vlnovými délkami (280–100 nm) se nazývá UV-C záření a na zemský povrch nedopadá. Proměnlivost UV záření je dána zejména výškou Slunce nad obzorem (resp. zenitovou vzdálenost Slunce), nadmořskou výškou, oblačností, celkovým množstvím ozonu a aerosolů a albedem zemského povrchu (Vaníček a kol. 1999; Kerr, Fioletov 2008).

Nadměrná expozice vůči UV záření může způsobit vážná onemocnění, např. rakovinu kůže či katarakt, kromě toho ale je UV záření prospěšné, protože napomáhá syntéze vitamínu D. Citlivost vůči UV záření můžeme definovat pomocí tzv. akčních spekter. Existuje např. erytemové akční spektrum (zarudnutí pokožky v závislosti na vystavení UV záření) nebo akční spektrum syntézy vitamínu D (Vaníček a kol. 1999). Důležitou veličinou pro kvantifikování účinků UV záření na lidské zdraví je UV index (UVI), který charakterizujeme na základě erytemového UV (EUV) záření. Erytemová dávka vyjadřuje celkové množství dopadajícího EUV záření za určitý čas.

Z hlediska potenciálních nežádoucích účinků, které mohou být znásobeny například přítomností sněhové pokrývky, je pozorování proměnlivosti UV záření důležité rovněž v horských oblastech (Pribullová, Chmelík 2005; Simic a kol. 2011). V České republice je UV záření měřeno na několika stanicích v rámci radiační sítě ČHMÚ a na stanicích Masarykovy univerzity. V průběhu roku 2019 byly instalovány přístroje na Vysoké holi a Luční boudě. Tato studie se snaží zhodnotit předběžné výsledky měření z těchto stanic. Cílem této práce je základní zpracování časových řad erytemového UV záření pro vybrané meteorologické stanice v oblasti Jeseníků a v Krkonoších v letech 2020–2021.

2. Metodika a popis zájmového území

V této práci byla použita data EUV záření měřená na dvou horských meteorologických stanicích v Hrubém Jeseníku a v Krkonoších (obr. 1). Luční bouda je lokalizována v nadmořské výšce 1413 m cca 1 km severozápadně od Studniční hory a 1,4 km severovýchodně od Luční hory v Krkonoších. Měření EUV záření zde probíhají od 12. října 2019 UV-Biometrem SL501A (Solar Light 2023). Tato stanice spadá pod správu Českého hydrometeorologického ústavu a přístroje zde umístěné jsou pravidelně kalibrovány. Stanice Vysoká hole leží v nadmořské výšce 1464 m v blízkosti stejnojmenného vrcholu. Byla vybudována Masarykovou univerzitou 7. října 2017 v rámci projektu



Obr. 1 Lokalizace Luční boudy a Vysoké hole v rámci České republiky, včetně fotografií stanic (napravo; zdroj dat: ArcDATA Praha, ZÚ, ČSÚ 2016; Archiv ČHMÚ 2023).

ECOPOLARIS (Dolák a kol. 2023). Měření EUV záření přístrojem UV-S-E-T (Kipp & Zonen 2023) zde započala v dubnu 2019. Přístroj je rovněž kalibrován ve spolupráci s Českým hydrometeorologickým ústavem.

Tato studie analyzuje výsledky v prvních letech měření, tj. v období let 2020–2021. K tomu byly dostupné 10minutové průměrné intenzity EUV záření, které následně byly přepočteny na 10minutové dávky EUV záření a UVI. Data byla zkontrolována v programu Mini32, Microsoft Excel a pomocí jazyka R v uživatelském rozhraní R studio. Poté byly vypočteny denní a měsíční erytemové dávky a maximální denní UVI.

Dále byly v programu libRadtran (Mayer a kol. 2019) pomocí RTES DISORT zjišťovány teoretické intenzity EUV záření za jasné oblohy. Do výpočtu vstupovalo: průměrné denní množství ozonu (angl. Total Ozone Column, TOC) měřené v Dobsonových jednotkách (angl. Dobson Unit, DU) Brewerovými spektrofotometry na Solární a ozonové observatoři v Hradci Králové, průměrné denní albedo (Snow albedo z reanalýzy ERA-5 Land, korigované podle staničních dat – výšky sněhové pokrývky a stavu půdy na Luční boudě a Šeráku, a přepočítané do UV oblasti dle postupu Čížková a kol. (2018), průměrné denní množství vodní páry v $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ z reanalýzy ERA-5 jako průměrné hodnoty pro gridový bod v okolí zájmových stanic a zenitová vzdálenost Slunce (angl. Solar Zenith Angle, SZA) vypočítaná pro časy měření radiometrů pro jednotlivé stanice. Porovnáním mezi modelovanými a naměřenými intenzitami EUV záření byl vypočítán koeficient propustnosti oblaků (angl. Cloud Modification Factor, CMF). Podrobnější postup je uvedený v diplomové práci Novotné (2023).

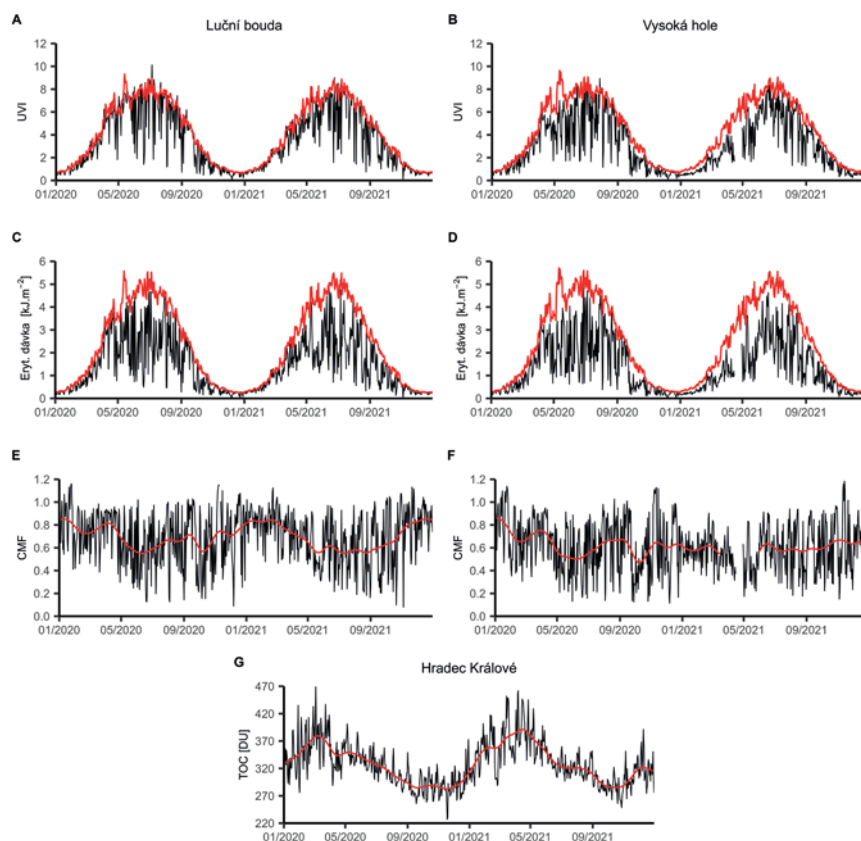
Pro porovnání časových řad byl vykreslen chod denních dávek EUV záření, maximálního denního UVI společně s teoretickými hodnotami za jasné oblohy na obou stanicích v letech 2020–2021 a dále měsíční dávky v roce 2020 a 2021. Rovněž je uvedený chod koeficientu propustnosti oblaků a celkového množství ozonu v letech 2020–2021. Pro posouzení vlivu oblačnosti a TOC na proměnlivost EUV záření na těchto stanicích byly vybrány také příklady dní jako případové studie.

3. Výsledky a diskuze

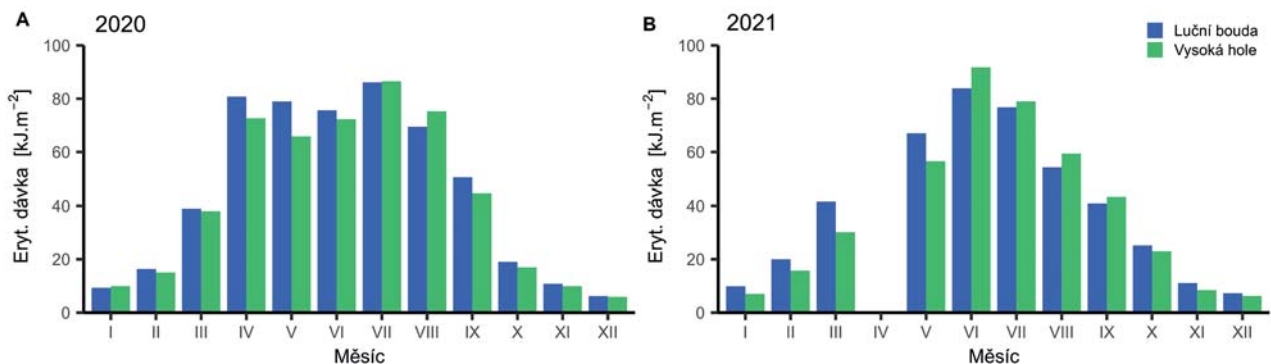
3.1 Proměnlivost erytemového UV záření a vybraných faktorů

Na obr. 2A–2D je zobrazena časová řada maximálního denního UVI a denních erytemových dávek v letech 2020–2021. Zatímco na Luční boudě byl nevyšší UVI s hodnotou 10,1 naměřen 5. července 2020, na Vysoké holi s hodnotou 8,9 28. června 2020, resp. 28. července 2020. Nejvyšší denní erytemová dávka na Vysoké holi dosáhla $4\,997\text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ a byla zaznamenána ve stejný den jako maximální UVI (tj. 28. června 2020). Na Luční boudě byla naměřena v zájmovém období nižší maximální erytemová dávka ($4\,850\text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$), a to 14. června 2021.

Modelované hodnoty UVI a erytemových dávek jsou v některých případech podhodnocené (naměřená hodnota UVI byla vyšší než modelovaná, tj. $\text{CMF} > 1$), což nejčastěji nastává v závislosti na vertikální struktuře, pohybu a dalších vlastnostech oblačnosti v zorném poli 180° od místa pozorování (Feister a kol. 2015). V roce 2020 byla v květnu zaznamenána velmi vysoká hodnota modelovaného UVI z důvodu vysoké hodnoty albeda



Obr. 2 Maximální denní UVI (A, B), denní dávky erytemového UV záření (C, D) doplněné o teoretickou hodnotu (červeně); a koeficient propustnosti oblaků (E, F) shlazený Gaussovým filtrem na stanici Luční bouda (vlevo) a Vysoká hola (vpravo) v letech 2020–2021. Chod celkového množství ozonu shlazený Gaussovým filtrem na Solární a ozonové observatoři v Hradci Králové v letech 2020–2021 (G).



Obr. 3 Měsíční dávky erytémového UV záření na stanicích Luční bouda (modře) a Vysoká hole (zeleně) v letech 2020 (A) a 2021 (B). Duben 2021 nebyl hodnocen z důvodu chybějících měření na Vysoké holi.

na obou stanicích, související se sněhovou pokrývkou trvající v řádu dní v tomto období. Na obr. 2E a 2F jsou patrné podobné rysy chodu CMF v roce 2020, avšak v roce 2021 byl na Vysoké holi zaznamenán v průměru nižší CMF v porovnání s Luční boudou. V letech 2020–2021 průměrný CMF na Vysoké holi činil 0,61 (2020: 0,63; 2021: 0,59) a na Luční boudě 0,70 (2020 i 2021: 0,70), což poukazuje na významnější vliv většího množství oblačnosti na Vysoké holi.

Chod průměrného denního TOC vykazuje minima na podzim a maxima na jaře (obr. 2G). Maximální TOC v Hradci Králové činilo 469,1 DU (4. března 2020). Významný pokles TOC (v porovnání s dlouhodobým průměrem TOC) byl zaznamenán listopadu 2020 (226,9 DU) a na přelomu března a dubna 2020 a 2021, což bylo pozorováno i na dalších stanicích v Evropě (Bernhard a kol. 2020; Petkov a kol. 2021; Svendby a kol. 2021).

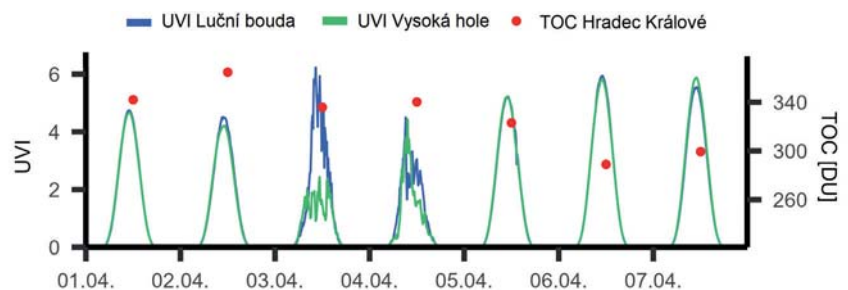
Měsíční erytémové dávky byly v porovnání s Vysokou holí na Luční boudě v obou letech vyšší od ledna do května a pak od října do prosince (obr. 3). V červenci a v srpnu byla vyšší měsíční erytémová dávka zaznamenána na Vysoké holi, v roce 2021 rovněž v červnu a září. V dubnu 2020 byla na obou stanicích naměřena vyšší erytémová dávka v porovnání s květnem téhož roku a na Luční boudě rovněž v květnu v porovnání s červnem. Na Luční boudě bylo v dubnu 2020 16 dní s hodnotou CMF > 0,9 a na Vysoké holi 6; v květnu 3 a 1, v červnu 2 a 0, což poukazuje na větší množství oblačnosti v těchto dvou měsících. Kromě toho byl začátkem dubna 2020 zaznamenán pokles TOC, který rovněž mohl vést ke zvýšení erytémových dávek (obr. 2G).

3.2 Případová studie vlivu vybraných faktorů na erytémové UV záření

Jako případová studie pro posouzení role oblačnosti a TOC bylo vybráno sedm po sobě jdoucích dní v dubnu 2020 (obr. 4, 1.–7. dubna), kdy byl zjištěn pokles TOC téměř o 76 DU (mezi 2.–6. dubnem 2020). V tomto období byla na obou stanicích registrována sněhová pokrývka, albedo se pohybovalo v rozmezí 0,54–0,67. V případě 6. dubna 2020 nižší TOC (288,9 DU) způsobil nárůst UVI o 37 % (Luční bouda), resp. 38 % (Vysoká hole) v porovnání s 2. dubnem (364,6 DU). Rozdíl v denní erytémové dávce mezi těmito dvěma jasnými dny byl 804 J.m⁻² na Luční boudě a 860 J.m⁻² na Vysoké holi a v maximálním denním UVI 1,6 (Vysoká hole), resp. 1,4 (Luční bouda). Kromě toho 3. dubna 2020 byl pozorován značný rozdíl v oblačnosti mezi oběma stanicemi. Na Luční boudě byl v tento den dokonce dosažen vyšší UVI (6,3) než 6. dubna (5,9) pravděpodobně způsobený proměnlivou oblačností, kdy může (při rozptýlené oblačnosti např. druhu Cumulus) docházet k odrazu UV záření od oblaků a tím i k jeho krátkodobému navýšení (Vaníček a kol. 1999; Podstawczyńska 2010). Zatímco na Luční boudě byl UVI v průměru o 34 % nižší v porovnání s 6. dubnem 2020 (s nižším TOC), na Vysoké holi rozdíl činil 46 %. Krátkodobé navýšení UVI 3. dubna na Luční boudě činilo 2–11 % oproti 6. dubnu 2020.

4. Závěr

V této studii byla analyzována první měření EUV záření na Vysoké holi v Jeseníkách a na Luční boudě v Krkonoších v letech 2020–2021. V tomto období, konkrétně 5. července 2020, byl na Luční boudě dosažen vysoký UVI s hodnotou 10,1. Maximální UVI na Vysoké holi byl nižší o hodnotu 1,1 a byl naměřen 28. června 2020 společně s maximální erytémovou dávkou. Kombi-



Obr. 4 Denní chod UVI na Luční boudě (modře) a na Vysoké holi (zeleně) 1.–7. dubna 2020 doplněný o průměrné denní množství ozonu (TOC, červeně).

liky docházet k vysokým UVI, resp. erytérových dávek. Ty mohou představovat riziko potenciálně škodlivých účinků, ochrana před UV zářením je tedy velmi důležitá.

Literatura:

- ARCDATA PRAHA, ZÚ, ČSÚ, 2016. ArcČR® 500 verze 3.3 [online]. Digitální vektorová databáze České republiky [cit. 13. 3. 2024]. Dostupné z WWW: <https://www.arcdata.cz/cs-cz/produkty/data/arccr>.
- BERNHARD, G. H., FIOLETOV, V. E., GROOSS, J. U., IALONGO, I., JOHNSEN, B., LAKKALA, K., MANNEY, G. L., MÜLLER, R., SVENDBY, T., 2020. RecordBreaking Increases in Arctic Solar Ultraviolet Radiation Caused by Exceptionally Large Ozone Depletion in 2020. *Geophysical Research Letters*, roč. **47**, č. 24, s. 1–9. doi: 10.1029/2020GL090844.
- ČÍŽKOVÁ, K., LÁSKA, K., METELKA, L., STANĚK, M., 2018. Reconstruction and analysis of erythematous UV radiation time series from Hradec Králové (Czech Republic) over the past 50 years. *Atmospheric Chemistry and Physics*, roč. **18**, č. 3, s. 1805–1818. doi: 10.5194/acp-18-1805-2018.
- DOLÁK, L., ŘEHOŘ, J., LÁSKA, K., ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., 2023. Air Temperature Variability of the Northern Mountains in the Czech Republic. *Atmosphere*, roč. **14**, č. 7, s. 1063. doi: 10.3390/atmos14071063.
- FEISTER, U., CABROL, N., HÄDER, D., 2015. UV irradiance enhancements by scattering of solar radiation from clouds. *Atmosphere*, roč. **8**, č. 6, s. 1211–1228. doi: 10.3390/atmos6081211.
- KERR, J. B., FIOLETOV, V. E., 2008. Surface ultraviolet radiation. *Atmosphere – Ocean*, roč. **46**, č. 1, s. 159–184. doi: 10.3137/ao.460108.
- KIPP & ZONEN, 2023. Broadband UV Radiometers for the accurate measurement of solar ultraviolet radiation [online]. Kipp & Zonen [cit. 13. 3. 2024]. Dostupné z WWW: <https://www.kippzonen.com/Download/135/UV-S-with-old-connector-Manual>.
- MAYER, B., KYLLING, A., EMDE, C., BURAS, R., HAMANN, U., GASTEIGER, J., RICHTER, B., 2019. libRadtran User's Guide. Edition for libRadtran version 2.0.3, libRadtran.
- NOVOTNÁ, M., 2023. Časoprostorová variabilita UV indexu na území České republiky [online]. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Brno [cit. 13. 3. 2024]. Dostupné z WWW: https://is.muni.cz/auth/th/jvwhk/DP_Novotna.pdf.
- PETKOV, B., VITALE, V., DI CARLO, P., MAZZOLA, M., LUPI, A., DIÉMOZ, H., FOUNTOULAKIS, I., DROFA, O., MASTRANGELO, D., CASALE, G. R., SIANI, A. M., 2021. The 2020 Arctic ozone depletion and signs of its effect on the ozone column at lower latitudes. *Bulletin of Atmospheric Science and Technology*, roč. **2**, č. 8, s. 1–16. doi: 10.1007/s42865-021-00040-x.
- PODSTAWCZYNSKA, A., 2010. UV and global solar radiation in Łódź, Central Poland. *International Journal of Climatology*, roč. **30**, č. 1, s. 1–10. doi: 10.1002/joc.1864.
- PRIBULLOVÁ, A., CHMELÍK, M., 2005. Effect of altitude and surface albedo variability on global UV-B and total radiation under clear-sky condition [online]. Contributions to Geophysics and Geodesy [cit. 13. 3. 2024], roč. **35**, č. 3, s. 281–298. Dostupné z WWW: <https://journal.geo.sav.sk/cgg/article/view/381>.
- SIMIC, S., FITZKA, M., SCHMALWIESER, A. W., WEIHS, P., HADZIMUSTAFIC, J., 2011. Factors affecting UV irradiance at selected wavelengths at Hoher Sonnblick. *Atmospheric Research*, roč. **101**, č. 4, s. 869–878. doi: 10.1016/j.atmosres.2011.05.022.
- SOLAR LIGHT, 2023. Model 501-DA analog UV Biometer Sensor. User manual [online]. Solar Light [cit. 13. 3. 2024]. Dostupné z WWW: <https://solarlight.com/wp-content/uploads/Model-501-DA-Analog-UV-Biometer-User.pdf>.
- SVENDBY, T. M., JOHNSEN, B., KYLLING, A., DAHLBACK, A., BERNHARD, G. H., HANSEN, G. H., PETKOV, B., VITALE, V., 2021. GUV long-term measurements of total ozone column and effective cloud transmittance at three Norwegian sites. *Atmospheric Chemistry and Physics*, roč. **21**, č. 10, s. 7881–7899. doi: 10.5194/acp-21-7881-2021.
- VANÍČEK, K., FREI, T., LITYNSKA, Z., SCHMALWIESER, A., 1999. UV-index for the public: a guide for publication and interpretation of solar UV index forecasts for the public. COST-713 Action (UVB Forecasting), Brusel. ISBN 92-828-8142-3.

Klíčová slova: erytérová dávka, UV index, ozón, Luční bouda, Vysoká hole

Tepelný komfort/diskomfort vyjádřený UTCI (Universal Thermal Climate Index) pro vybraná pohoří v Česku

Martin Novák¹, Martin Hynčica¹, Simona Procházková²

¹ Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ústí nad Labem, PS 2, 400 11 Ústí nad Labem-Kočkov, martin.novak@chmi.cz, martin.hyncica@chmi.cz.

² Český hydrometeorologický ústav, pobočka Plzeň, Mozartova 1237/41, 323 00 Plzeň, simona.prochazkova@chmi.cz.

1. Úvod

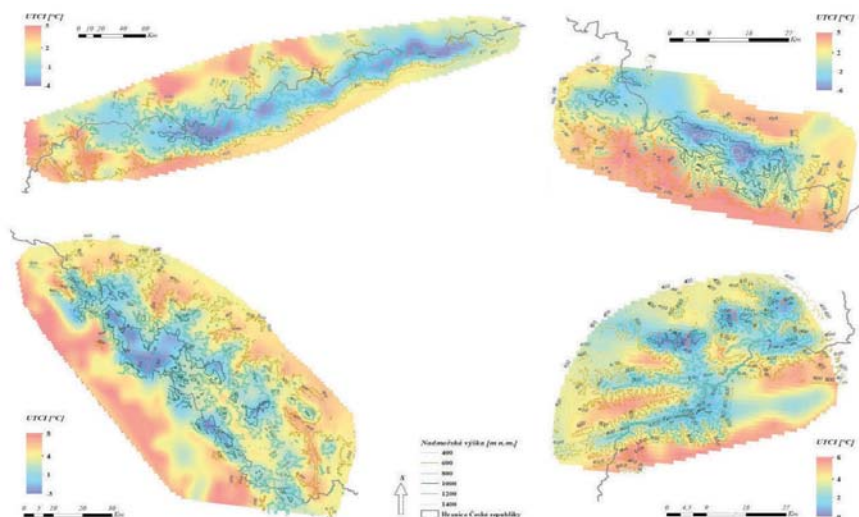
Podnebí našich hor je poměrně dobře zmapováno, ať už specializovanými studiemi (např. Kolektiv autorů 1975) nebo v rámci popisu klimatu celé republiky (Tolasz et al. 2007). V rámci řešení úkolů DKRVO 2023–2027 je ale třeba provést také bioklimatologické hodnocení území ČR, a to včetně horských oblastí jako možných cenných komfortních lokalit v horkých letních obdobích. Cílem příspěvku bylo nejen mapové zpracování tepelného komfortu/diskomfortu v horských oblastech, ale také studium závislosti UTCI (Universal Thermal Climate Index) na nadmořské výšce. Zde jsme pracovali s výchozím předpokladem odlišného charakteru jednotlivých pohoří, což výsledky práce potvrdily, přičemž hlavní roli zde hraje zejména orientace hřebenů jednotlivých pohoří a členitost terénu.

2. Data a metody

Důležitou součástí hodnocení území/lokality z hlediska humánní bioklimatologie je tepelný komfort, resp. diskomfort. Pro jeho vyjádření je možné využít některý z mnoha indexů popisujících vliv vnějšího prostředí na člověka. V ČHMÚ je od roku 2019 mezi operativní výstupy modelu ALADIN zařazen UTCI (Novák 2021), který počítá se současným působením všech čtyř rozhodujících složek vnějšího prostředí – teploty, vlhkosti a proudění vzduchu, a také toky krátko- i dlouhovělného záření. To umožnilo zařadit UTCI i mezi prvky počítané v rámci reanalýz ALADIN/PERUN. Proto byla pro posouzení tepelného komfortu použita právě pole UTCI z ALADIN/PERUN (s rozlišením 2,3 km, časovým krokem 1 h). Data poté byla statisticky zpracována (rozložení hodnot, územní průměry, lineární regrese) prostřednictvím programu R, mapové výstupy pak s použitím GIS (ArcGIS).

3. Výsledky

Hlavními výsledky práce jsou základní přehledy o rozložení ročních, sezónních a měsíčních průměrných hodnot UTCI v oblastech jednotlivých pohoří Česka (Šumava, Krušné hory, Krkonoše, Jeseníky a Beskydy) a návazně také spočítané závislosti hodnot UTCI na nadmořské výšce v těchto pohořích (opět pro měsíce, sezóny a rok). Vzhledem k omezenému rozsahu příspěvku zde prezentujeme rozložení ročních průměrů UTCI pro jednotlivá pohoří (obr. 1 a 2), v tabulce 1 a na obr. 3 jsou zpracovány závislosti UTCI na nadmořské výšce. Tabulka 1 obsahuje hodnoty korelačních koeficientů tak, že je možné sledovat také roční



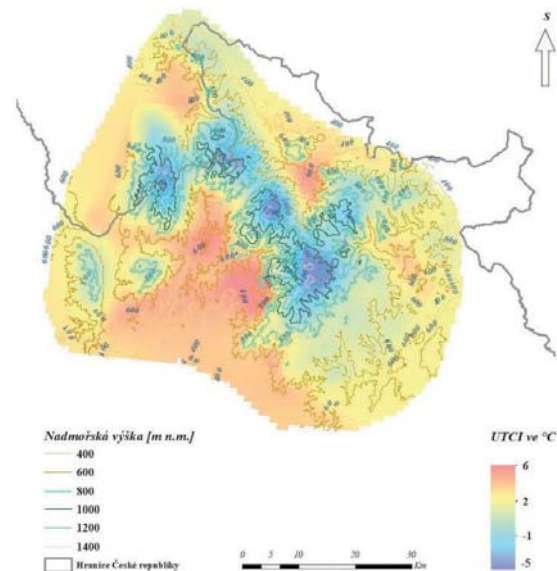
Obr. 1 Roční průměrné hodnoty UTCI a výškopis v oblasti Krušných hor (vlevo nahoře), Krkonoš (vpravo nahoře), Šumavy (vlevo dole) a Beskyd (vpravo dole).

chod pevnosti této závislosti, která je mnohem výraznější pro jednotlivá pohoří odděleně, než pro výšky nad 500 m n. m. na území ČR obecně („všechna pohoří“).

4. Diskuze

V přehledu sezónních korelačních koeficientů závislosti UTCI na nadmořské výšce (tab. 1) je zřejmé, že ve všech sledovaných pohořích jsou nejpevnější vazby v letních měsících, naopak nejslabší v zimě. Tento sezónní chod je zřejmě způsoben výskytem déletrvajících výškových teplotních inverzí v zimních (a částečně i podzimních) měsících. Tento efekt je podpořen orientací hřebene hor a počtem významnějších údolí znesnadňujících rozpouštění inverzí. Patrné je to i na podrobnějším studiu poměrů v Krušných horách, kde je zeslabení závislosti v zimních měsících výraznější hlavně ve východní polovině pohoří, kde hraje roli i výraznější snížení rychlosti větru v níž položených lokalitách vlivem Českého Středohoří.

Zajímavý je i pohled na roční chody hodnot UTCI v jednotlivých pohořích (obr. 4). Při srovnání Krušných hor a Šumavy se srovnatelnou měrou kontinentality podnebí je zjevné, že i přes vyšší průměrnou nadmořskou výšku Šumavy (741 m n. m. proti 666 m n. m.) vykazuje toto pohoří vyšší průměrné hodnoty UTCI v průběhu celého roku s tím, že nejvyšší rozdíl připadá na zimu. Odpovídá to situaci se snadnějšími průniky teplejšího vzduchu od jihu až jihozápadu a současně větrnější charakter hřebenových partií Krušných hor, ale také s četnějšími déletrvajícími teplotními inverzemi v zimním období.



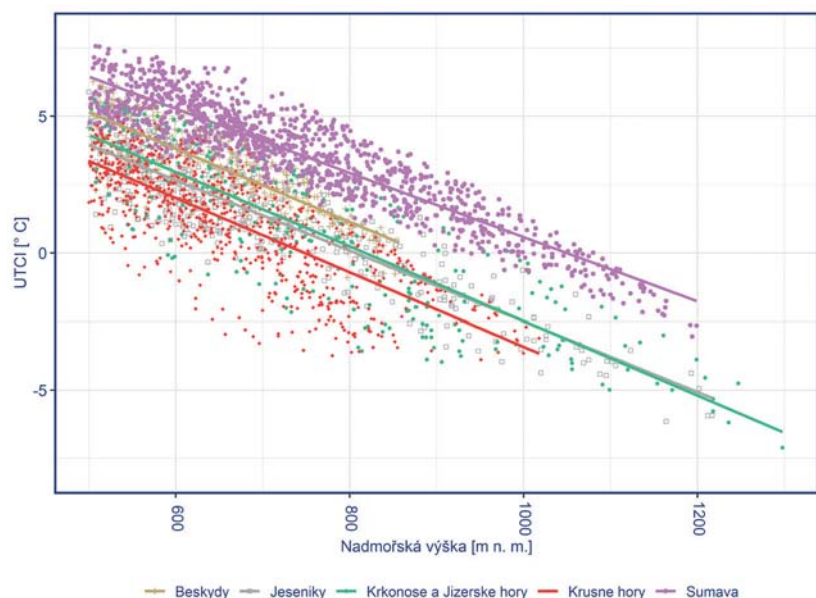
Obr. 2 Roční průměrné hodnoty UTCI a výškopis v oblasti Jeseníků.

Tab. 1 Korelační koeficienty závislosti UTCI na nadmořské výšce pro roční průměr UTCI a průměry za jednotlivá roční období pro vybraná pohoří v Česku.

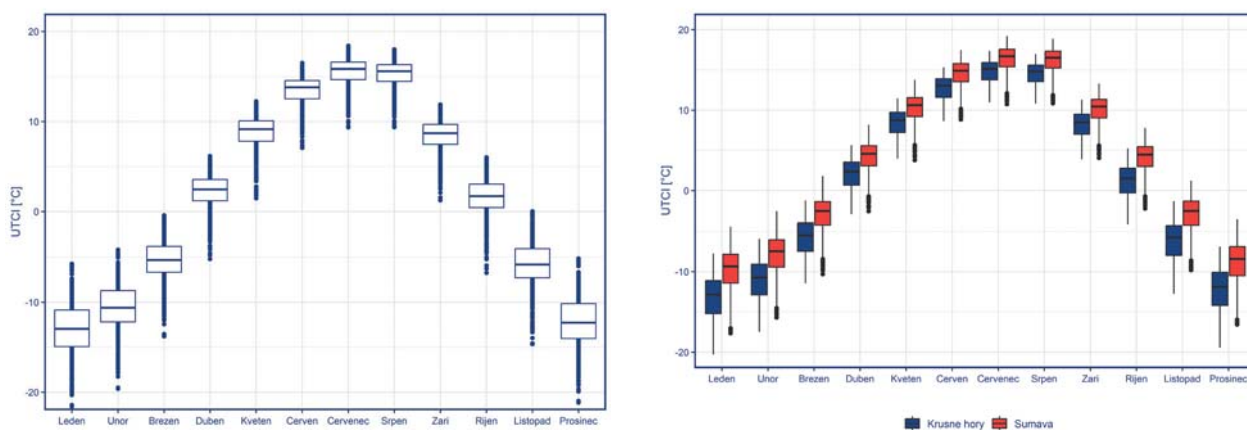
Oblast	R_{rok}	R_{DJF}	R_{MAM}	R_{JJA}	R_{SON}
Krušné hory	-0,78	-0,72	-0,78	-0,91	-0,76
Šumava	-0,92	-0,87	-0,93	-0,96	-0,91
Krkonoše	-0,85	-0,75	-0,9	-0,96	-0,85
Jeseníky	-0,88	-0,75	-0,92	-0,97	-0,88
Beskydy	-0,82	-0,72	-0,85	-0,94	-0,82
Všechna pohoří	-0,67	-0,59	-0,7	-0,8	-0,64

5. Závěr

Výsledky dosažené v rámci studia horských oblastí prokázaly, že nejde posuzovat podmínky tepelného komfortu, resp. diskomfortu člověka paušálně jen podle nadmořské výšky. Rozdílné geografické charakteristiky pohoří Česka vedou k rozdílům daným jak výškou jednotlivých pohoří, tak kompaktností jejich masivů (resp. členitostí terénu), orientací os hřebenů, či větrnými poměry v závislosti na směru větru (zřetelné rozdíly např. mezi Krušnými horami a Šumavou). Je tedy nutné řešit jednotlivé případy individuálně, v případě potřeby posuzovat některé horské lokality z hlediska vhodnosti k příslušnému účelu, např. pro účely klimatických lázní, protože místní podmínky budou pro dané poměry rozhodující.



Obr. 3 Závislost UTCI na nadmořské výšce pro polohy nad 500 m n. m. v jednotlivých pohořích (barevně odlišených).



Obr. 4 Roční chod UTCI v oblasti Jeseníků (vlevo) a Krušných hor a Šumavy (vpravo).

Literatura:

KOLEKTIV AUTORŮ, 1975. Podnebí a počasí v Krušných horách. Praha: Český hydrometeorologický ústav. ISBN 80-7184-951-0.

TOLASZ, R. et al., 2007. Atlas podnebí Česka, Climate Atlas of Czechia. Praha, Olomouc: Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-86690-26-1 a ISBN 978-80-244-1626-7.

NOVÁK, M., 2021. UTCI as the NWP model ALADIN (CHMI) output – first experiences. *Geographia Polonica*, Vol. 94, s. 237–249. <https://doi.org/10.7163/gpol.0203>.

Klíčová slova: hory, podnebí, bioklimatologie, sezónní změny

Poděkování: Tento výzkum je podporován z institucionální podpory MŽP DKRVO ČHMÚ v letech 2023–2027.

Proudění vzduchu v oblasti Žďárských vrchů

Gražyna Knozová

Český hydrometeorologický ústav, Pobočka Brno, Oddělení meteorologie a klimatologie, Kroftova 43, 616 67, Brno, grazyna.knozova@chmi.cz

1. Úvod

Žďárské vrchy leží na severozápadě Hornosvratecké vrchoviny a jsou součástí Českomoravské vrchoviny. Nadmořská výška zde kolísá přibližně mezi 385 a 836 m n. m. Meteorologická měření směru a rychlosti větru v okolí Žďárských vrchů jsou prováděna na pěti stanicích Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) (tab. 1). V předkládaném příspěvku byly zpracovány údaje naměřené v 10minutových intervalech v období 2011–2023. Na stanicích Svratouch, Nedvězí a Přibyslav jsou používány ultrasonické snímače větru řady WMT, zatímco v Bystřici nad Pernštejnem a ve Vatíně větroměrné systémy WA, složený ze samostatných čidel rychlosti větru a směrovky.

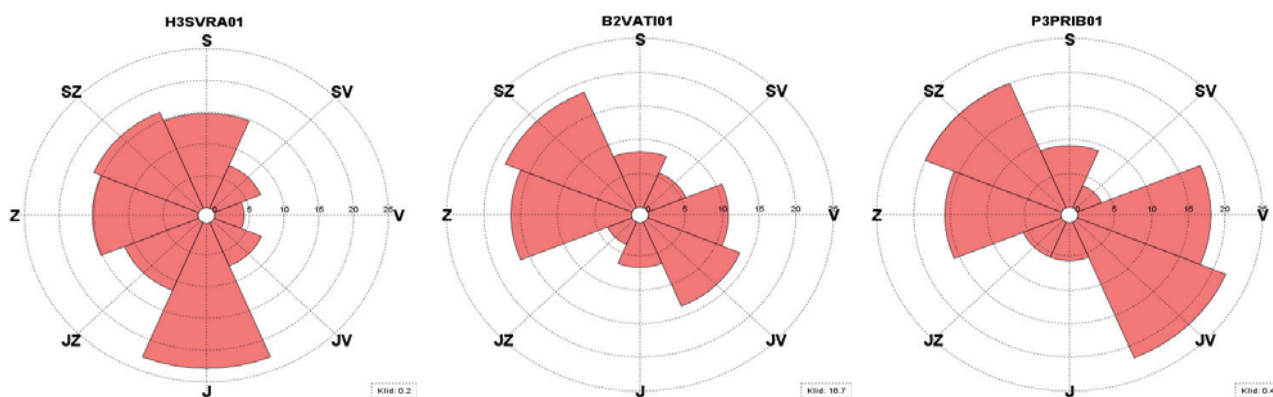
Kromě statistické analýzy staničních dat byla velká pozornost věnována modelování proudění v konkrétní meteorologické situaci, a to během vichřice, kdy směr a rychlost větru zůstávají po dobu několika hodin relativně stabilní v celé oblasti. Výpočet teoretické rychlosti větru v celém prostoru Žďárských vrchů byl proveden modelem WEng.

2. Směry větru

Směr větru je na stanicích ČHMÚ měřený ve standardní výšce 10 m nad terénem. V této výšce je vítr, na rozdíl od proudění ve volné atmosféře, stále ještě ovlivněn několika faktory, jako jsou morfologie a drsnost terénu, nebo okolní překážky; jedná se tedy o přízemní vítr. V oblasti Žďárských vrchů jsou převládající směry přízemního větru různé na různých stanicích. Na Svratouchu a v Nedvězí převládá jižní směr. Je to z velké míry způsobeno posílením jižní složky, při obtékání pahorků situovaných na jihovýchod a východ od každé ze zmíněných stanic. Jihovýchodní vítr převládá na stanici Přibyslav. Druhý nejčtenější je na všech třech stanicích severozápadní směr. Na jižním okraji Žďárských vrchů je dominantní severozápadní nebo západní vítr. Na závěr stručné analýzy je možno konstatovat, že proudění ve Žďárských vrších je generálně orientováno v ose jihovýchod–severozápad, což ilustrují větrné růžice ze stanic Nedvězí, Přibyslav a Vatín (obr.1).

Tab. 1 Klimatologické stanice v okolí Žďárských vrchů: průměrná rychlost a převládající směry větru v období 2011–2023.

ID	Název stanice	Nadmořská výška (m n. m.)	Průměrná rychlost (m/s)	Převládající směry větru
H3SVRA01	Svratouch	734	5,1	J (22,9 %); SZ (16,4 %)
B2NEDV01	Nedvězí	722	4,4	J (19,0 %); SZ (16,9 %)
B2BYSP01	Bystřice nad Pernštejnem	553	1,6	Z (11,9 %); S (10,3 %)
B2VATI01	Vatín	558	2,2	SZ (18,6 %); Z (16,3 %)
P3PRIB01	Přibyslav	533	4,1	JV (21,8 %); SZ (20,0 %)

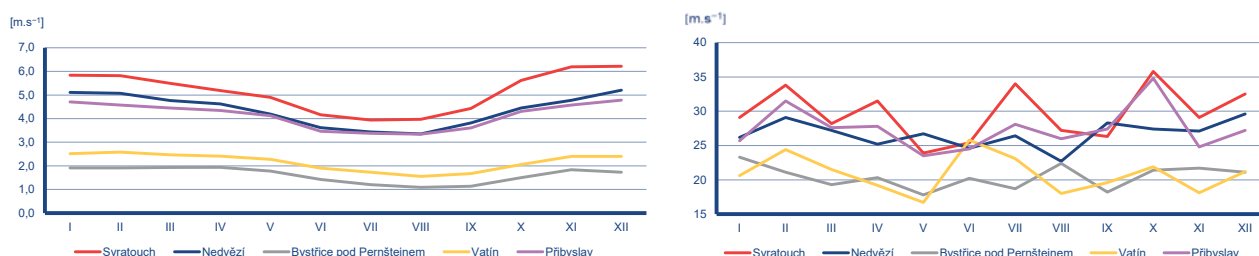


Obr. 1 Větrné růžice na stanicích Svratouch, Vatín a Přibyslav (2011–2023) (CLIDATA).

3. Rychlost větru

Rychlost větru je v prostoru Žďárských vrchu značně proměnlivá. Obecně lze říci, že nejvyšší rychlosti jsou dosahovány v otevřených, vrchovinných polohách, s malou drsností povrchu, tj. bez lesa nebo budov. Průměrná roční rychlost větru kolísá na sledovaných pěti klimatologických stanicích od $1,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ v Bystřici nad Pernštejnem do $5,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na Svatouchu. V posledních čtyřech letech pozorujeme mírný pokles rychlosti větru. Nejvyšší hodnoty byly zaznamenány v letech 2012 a 2019. Pro rychlost větru je, v návaznosti na celkovou cirkulaci v Evropě, charakteristická výrazná sezonnost. V teplém období od června do září, jsou hodnoty nižší než v chladných měsících (obr. 2; F).

V případě nárazů větru, hraje morfologie terénu a drsnost povrchu o něco menší roli než u průměrné rychlosti. Silné nárazy jsou často způsobené konkrétní meteorologickou situací. Při přechodu bouřky může vítr po krátkou dobu dosahovat velké síly, ale zároveň působení bouřky má lokální charakter. Na stanicích položených v nižší nadmořské výšce byly naměřené maximální nárazy od $23,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ v Bystřici pod Pernštejnem do $34,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ v Přibyslavi. Na stanicích situovaných nad 700 m n. m. nárazy dosahovaly $29,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ v Nedvězí a $35,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na Svatouchu. Ve sledovaném období nárazy větru kolísají z roku na rok. Vysoké hodnoty byly na všech stanicích zaznamenány v roce 2022. Ke klidnějším patřily roky 2016 a 2021. Na rozdíl od průměrné rychlosti, mohou nárazy větru dosahovat vysokých hodnot během celého roku. V teplém období se vyskytují v bouřkách, zatímco v chladném období doprovází vichřice (obr. 2; Fmax).



Obr. 2 Průměrná rychlost (F) vlevo a maximální nárazy větru (Fmax) vpravo v průběhu roku na stanicích Svatouch, Nedvězí, Bystřice nad Pernštejnem, Vatín a Přibyslav (2011–2023).

3.1 Vichřice

Zvláštním případem proudění jsou vichřice, které v Beaufortové stupnici definuje průměrná rychlost větru $20,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Vichřice, jsou prostorově rozsáhlé, nezdávka trvají více dnů, a jsou spojeny s hlubokými cyklony. Během vichřice, směr a rychlost větru zůstávají po dobu několika hodin relativně stabilní v celé oblasti. Takové specifická situace poskytují dobrou příležitost k podrobné analýze prostorových aspektů proudění. Jelikož bodová měření nemohou postihnout všechny morfologické formy a typy terénu, je v komplexních horských, vrchovinných a pahorkatinných oblastech vhodné pro odhad rychlosti větru, použít modelové výstupy. V předkládané studii bylo využito k tomuto účelu model WEng. Vichřice byly určeny na základě měření v největší nadmořské výšce 734 m n. m. , na stanici Svatouch, která je situovaná na vrcholové části kopce Otava mimo obec, mezi loukami. Severně ve vzdálenosti 300 m od stanice se nachází smíšený les.

Podle měření na stanici Svatouch se v období 2011–2023 vyskytlo šest vichřic, přičemž dvě z nich trvaly přes noc. Celkem bylo osm kalendářních dnů s vichřicí, tj. dnů, kdy byla zaznamenána průměrná rychlost větru větší než $20,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Extrémní hodnoty byly dosaženy dne 30. 10. 2018 kdy nejvyšší průměrná rychlost větru činila $25,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, a maximální náraz dosáhl $35,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (tab. 2).

Ve dnech s vichřicí bylo pomocí modelu WEng vypočítáno pole rychlosti větru v oblasti Žďárských vrchů. Do modelu byla zadána nejvyšší rychlost větru na Svatouchu a při ní naměřený směr. Výpočty byly provedené pro různé výšky nad terénem. Modelové výsledky pro 6 lokalit ve výšce 10 m nad terénem prezentuje tab. 3. K analyzovaným lokalitám patří čtyři klimatologické stanice a dva další charakteristické body: kopec Křovina (jeden z nejvyšších vrcholů Žďárských vrchů: 830 m n. m.) a Velké Dářko (nejrozsáhlejší vodní plocha: 620 m n. m.). V případech všech vichřic vál jižní vítr, proto výsledky z jednotlivých epizod jsou v podstatě shodné a vedou ke stejným závěrům.

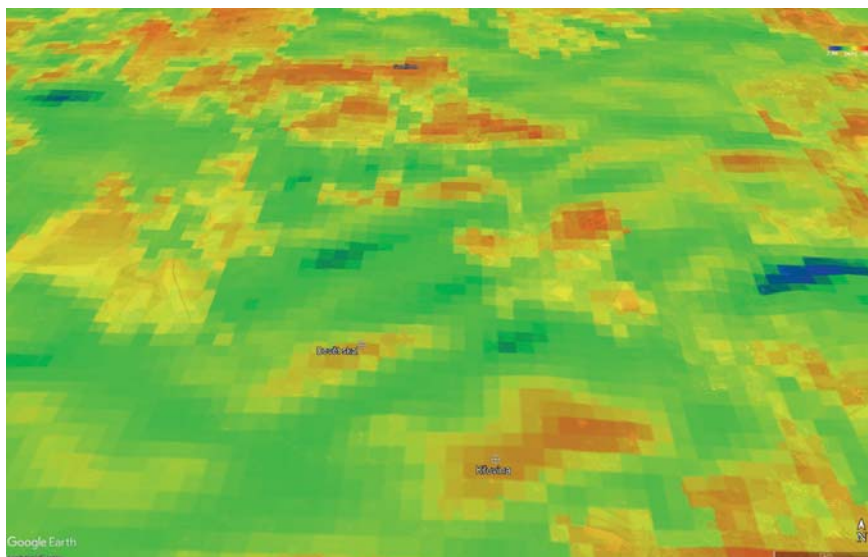
Tab. 2 Dny s vichřicí na stanici Svatouch v období 2011–2023.

Datum	29.04.2012	05.03.2013	29.10.2018	30.10.2018	30.11.2018	04.04.2019	27.12.2020	28.12.2020
Převládající směr (°)	176	175	144	189	179	169	179	170
Průměr F (m/s)	14,1	15,6	9,6	16,7	16,4	14,1	15,1	16,3
Max F (m/s)	21,1	22,2	22,2	25,6	21,8	23,1	22,4	21,5
Max náraz (m/s)	31,5	27,0	29,8	35,8	29,1	29,3	32,5	31,8

Tab. 3 Modelová rychlost větru [F_m , $m \cdot s^{-1}$]; 10 m nad terénem.

Datum	H3SVRA01		B2NEDV01	B2BYSP01	B2VATI01	P3PRIB01	Křovina	Velké Dářko
	D (°)	F (m/s)	F_m	F_m	F_m	F_m	F_m	F_m
29. 04. 2012	185	21,1	21,1	13,8	17,6	17,6	18,6	19,0
05. 03. 2013	177	22,2	21,7	14,9	18,9	19,4	20,2	20,7
29. 10. 2018	176	22,2	21,7	14,9	18,9	19,4	20,2	20,8
30. 10. 2018	179	25,6	25,0	17,1	21,9	22,2	22,9	22,9
30. 11. 2018	176	21,8	21,3	14,7	18,6	19,1	19,8	20,5
04. 04. 2019	185	23,2	23,1	15,1	19,3	19,3	20,4	20,5
27. 12. 2020	168	22,4	21,3	14,9	18,6	19,6	20,5	21,1
28. 12. 2020	167	21,5	20,4	14,3	17,8	18,7	19,7	20,3

Příkladový modelový výstup ze dne 27. 12. 2020 ve výšce 10 m nad terénem je na obr. 3. Grid rychlosti větru s rozlišení desítek metrů, dobře koresponduje s morfologií terénu, a zohledňuje i drsnost aktivního povrchu. Podle modelu vichřice byla predikovaná v četných větru exponovaných a nezalesněných polohách, k nimž patří Nedvězí (21,3 $m \cdot s^{-1}$) nebo vodní nádrž Velké Dářko (21,1 $m \cdot s^{-1}$). Na nejvyšších vrcholech, které však jsou pokryty lesem, rychlost větru nedosahovala síly vichřice; například na Křovině, model odhadl rychlost 20,5 $m \cdot s^{-1}$. Menší hodnoty byly vypočítané také na územích obcí, jak tomu bylo v Bystřici nad Pernštejnem: 14,9 $m \cdot s^{-1}$. Nejnižší rychlosti byly předpokládány v úzkých údolích, zvláště těch orientovaných příčně vzhledem směru větru. Porovnání modelových výstupů s měřeními na klimatologických stanicích ukazuje, že model nadhodnocuje realitu, a to o 3 až 13 $m \cdot s^{-1}$.



Obr. 3 Pole větru v oblasti Žďárských vrchů dne 27. 12. 2020 podle modelu WEng; 10 m nad terénem (WEng).

Model umožňuje výpočet rychlostí větru až do 200 m nad povrchem. Ve výšce 50 m byla dosažená rychlost vichřice ve všech sledovaných bodech a rozdíly mezi jednotlivými polohami byly menší než v 10 $m \cdot s^{-1}$.

4. Závěry

Proudění vzduchu v komplexním terénu pahorkatinných a horských oblastí je značně komplikované. Bodová měření na klimatologických stanicích často reprezentují jen místní poměry a interpolace větrných charakteristik je obtížná. Dobrým nástrojem pro získání prostorových informací jsou proto modely.

Pahorkatinný charakter Žďárských vrchů je vhodnou oblastí pro modelování rychlosti větru, z úvahy na přítomnost několika kontrolních klimatologických stanic. V předpokládané studii byl aplikován model WEng, který sice nadhodnocuje rychlost větru a nezohledňuje vznik místních cirkulačních systémů, ale vykazuje dobrou návaznost na morfologii terénu a drsnost povrchu. Modelové výstupy mají rozlišení desítek metrů a poskytují možnost výpočtu dalších charakteristik v prostředí GIS. Modelování směru větru nebylo předmětem této studie.

Literatura:

CLIDATA, 2024. CLIDATA – Climate Database Management System [interní databáze]. Praha: ČHMÚ [cit. 28. 2. 2024]. Dostupné z: ČHMÚ.

WEng, 2024. WAsP Engineering 4.00.0204 [software]. DTU Wind Energy [cit. 1. 3. 2024]. Dostupné z: <https://www.wasp.dk/software/wasp-engineering>.

Klíčová slova: anemometrická měření, rychlost větru, vichřice, model WEng

Zmienność ekwiwalentu wodnego śniegu w Karkonoszach i Górach Izerskich

Grzegorz Urban

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Podleśna 61, 01-673 Warszawa, Polska, grzegorz.urban@imgw.pl

1. Úvod

W zmieniającym się klimacie zasoby wody w śniegu w warunkach górskich nabierają coraz większego znaczenia. W zlewniach górskich topniejący śnieg zazwyczaj stanowi znaczną część całkowitego odpływu (Barnett et al. 2005; Hock et al. 2006). Dobre oszacowanie czasoprzestrzenne zmian ekwiwalentu wodnego śniegu (Snow Water Equivalent – SWE), ma kluczowe znaczenie dla wielu dziedzin gospodarki i nauki. SWE powszechnie jest też stosowany w długoterminowych badaniach klimatycznych i hydrologicznych (Marty et al. 2017; Helmert et al. 2018).

Monitoring oraz modelowanie zalegania i topnienia śniegu w zlewniach górskich jest trudne, zwłaszcza ze względu na dużą przestrzenną zmienność charakterystyk śniegu i ograniczoną dostępność danych pomiarowych (Hlavčová et al. 2015). Zwykle oszacowanie SWE (SWE_i), w różnych skalach czasowych i przestrzennych, odbywa się pośrednio przy użyciu satelit, teledetekcji, dronów, itd. (Guttmann et al. 2012; Kinar and Pomeroy 2015; Koch et al. 2019; Niedzielski et al. 2019), lub punktowych pomiarów czasu zalegania i wysokości pokrywy śnieżnej (Lapin, Faško 2005; Jonas et al. 2009).

W nawiązaniu do wyników z publikacji autora, dotyczących pokrywy śnieżnej w Sudetach Zachodnich (Urban et al. 2018, 2019, 2023), postanowiono oszacować wartości SWE (dla odróżnienia od wartości zmierzonej, wartość szacunkowa jest oznaczana SWE_i) i zbadać jego wieloletnie zmiany w tym rejonie. Postawiono hipotezy badawcze: 1) wykazane malejące tendencje w czasie zalegania i wysokości pokrywy śnieżnej (Urban et al. 2023) powodują w konsekwencji zmniejszanie się jej zasobów wodnych, 2) w cieplejszym klimacie maksymalne wartości SWE_i są niższe i występują wcześniej.

2. Metodika

Podstawowymi danymi były zmierzone dobowe wysokości pokrywy śnieżnej (HS) i wartości ekwiwalentu wodnego śniegu (SWE). Dane pochodziły łącznie z 16 stacji, w tym 8 CHMU, 7 IMGW-PIB i 1 Uniwersytetu Wrocławskiego. Oszacowania wartości SWE (SWE_i) dokonano w oparciu o równania prostych regresji – silny związek korelacyjny pomiędzy zmierzonymi wysokościami pokrywy śnieżnej (HS) a zmierzonymi wartościami SWE. SWE_i wyznaczono dla dni z pokrywą śnieżną o wysokości co najmniej 5 cm. Odpowiednie równania wyznaczono osobno dla każdej stacji i poszczególnych miesięcy sezonu zimowego (XI–IV). Określono również kierunek i tempo zmian SWE_i. Przy pomocy testu t-Studenta sprawdzono istotność statystyczną wyznaczonych tendencji. Do analizy tendencji SWE_i wykorzystano najdłuższe 60-letnie (1961–2020) ciągi danych pomiarowych HS. Tendencje z krótszych okresów, o ile zostały przytoczone, stanowią jedynie informacje uzupełniające.

3. Výsledky

Rozrzut odchyleń standardowych różnic, jak i wielkości średnich różnic pomiędzy SWE_i a SWE, jest znaczny. Wielkość średniej różnicy kształtuje się od ok. 3% w najwyższych do ponad 20% w niższych lokalizacjach. Wynika to z faktu, że model nie uwzględnia wcześniejszych warunków meteorologicznych, które wpływają na rozwój pobranego profilu śniegu do oznaczenia SWE. Fakt ten ma szczególne znaczenie w niższych lokalizacjach. Jednak wniosek ten nie w pełni potwierdził się w omawianym terenie. Wynikać to może z liczebności danych w poszczególnych stacjach, jak i także z dokładności niektórych pomiarów, czy naturalnej zmienności SWE w małej skali przestrzennej. Średnia ogólna różnica (z wszystkich 16 stacji) wyniosła 16,8%.

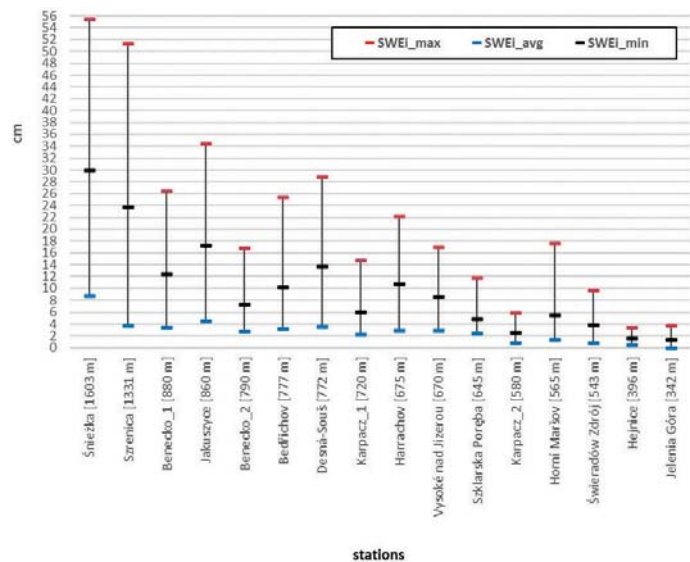
Przestrzenny rozkład średniego sezonowego SWE_i w Sudetach Zachodnich kształtuje się w przedziale od ok. 1,5 cm w najniższych lokalizacjach (Jelenia Góra, Hejnice) do ok. 24–30 cm w najwyższych. Wysokie średnie wartości SWE_i są charakterystyczne dla stacji, o makro-ekspozycji południowej, położonych w strefie wysokościowej 750–900 m n.p.m. w Górach Izerskich, np. Jakuszyce, Desná-Souš. Największy kontrast (rzędu 35–50%) pomiędzy stacjami leżącymi na podobnych wysokościach (np. Harrachov i Szklarska Poręba, Horní Maršov i Karpacz_2), lecz o przeciwnych makro-ekspozycjach, występuje w strefie 500–900 m (obr. 1).

Sezonowe wartości SWEi rosną wraz z wysokością nad poziomem morza. W tempie wzrostu wartości SWEi wraz z wysokością nie stwierdza się wyraźnych różnic pomiędzy makro-ekspozycjami.

Czasoprzestrzenny rozkład względnego SWEi wskazuje, że sezonami śnieżnymi zasobnymi w wodę były: 1962, 1964–1967, 1969, 1986–1987, 1998–1999, 2001 i szczególnie 2004–2005, lokalnie 2011. Do sezonów ubogich w wodę zaliczyć należy: 1970–1972, 1988–1990, 2006–2007 oraz szczególnie okres 2013–2020.

Przebiegi sezonowego SWEi we wszystkich lokalizacjach wykazują tendencje malejące od ok. 0,1–0,2 cm/dekadę w stacjach najniżej zlokalizowanych do ok. 1 cm/dekadę w środkowych partiach stoków. Tendencje te są w większości stacji istotne statystycznie. Podobnie jest też w poszczególnych miesiącach sezonu zimowego. Zwraca uwagę fakt, że tempo spadku SWEi jest zdecydowanie szybsze i istotne statystycznie w miesiącach kończących sezon (w fazie wiosennego zaniku pokrywy śnieżnej), niż go rozpoczynających (tab. 1).

Również w przypadku maksymalnych (MSWEi) i średnich maksymalnych wartości (MMSWEi) stwierdza się malejące tendencje. W większości przypadków tendencje w MMSWEi są istotne statystycznie. Średnia data wystąpienia MSWEi



Obr. 1 Sezonowe wartości oszacowanego ekwiwalentu wodnego śniegu SWEi (maksymalna – SWEi_max, średnia – SWEi_avg, minimalna – SWEi_min).

Tab. 1 Kierunek i wielkość tendencji SWEi [cm/dekadę].

Macro-exposure	Station	H [m a.s.l.]	Number of seasons	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	Nov-Apr
N-S (uncovered peak)	Śnieżka	163	60	-0.8	-0.9	0.3	-0.2	-0.3	0.3	-0.3
S	Jakuszyce	860	56	-0.5*	-0.9	-1.1	-1.0	-1.7	-0.7	-1.0
S	Bedřichov	777	60	-0.1	-0.5	-0.5	-0.8	-1.7*	-1.2*	-0.8*
S	Desná-Souš	772	60	-0.1	-0.8*	-1.1	-1.8*	-2.5*	-1.8*	-1.3*
S	Harrachov	675	54	-0.1	-0.5	-0.9	-1.3*	-1.5*	-0.9	-0.7
S	Horní Maršov	565	60	-0.1	-0.6*	-0.7	-0.8*	-0.9*	-0.7*	-0.6*
N	Świeradów Zdrój	543	60	-0.1	-0.2	0.0	-0.2	-0.7	-0.2	-0.2
N	Hejnice	396	60	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.3	-0.1	-0.1*
N	Jelenia Góra	342	60	-0.2*	-0.2*	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2*

Objaśnienia: * – statistically significant at the level of 0.05.

Tab. 2 Kierunek i wielkość tendencji maksymalnego (MSWEi) i średniego maksymalnego (MMSWEi) sezonowego ekwiwalentu wodnego pokrywy śnieżnej oraz średniej daty wystąpienia MSWEi.

Macro-exposure	Station	H [m a.s.l.]	Number of seasons	MSWEi [cm/dekadę]	MMSWEi [cm/decade]	MSWEi [days/decade]	Date of MSWEi
N-S (uncovered peak)	Śnieżka	163	60	-1.5	-0.9	2.7	12.03.
S	Jakuszyce	860	56	-2.1	-1.5	-1.1	24.02.
S	Bedřichov	777	60	-1.9*	-1.1*	0.2	23.02.
S	Desná-Souš	772	60	-2.6*	-1.8*	-2.5	23.02.
S	Harrachov	675	54	-1.3	-0.9	-1.6	18.02.
S	Horní Maršov	565	60	-0.9	-0.8*	0.1	09.02.
N	Świeradów Zdrój	543	60	-0.3	-0.4	-1.0	10.02.
N	Hejnice	396	60	-0.2	-0.2*	-2.3	31.01.
N	Jelenia Góra	342	60	-0.2	-0.2*	-1.2	30.01.

Objaśnienia: * – statistically significant at the level of 0.05.

w strefie szczytowo-wierzchwinowej przypada na marzec, w stokowej na luty, a w najniższych lokalizacjach na koniec stycznia. W większości stacji cechuje się ona nieistotną malejącą tendencją (poza Śnieżką), nie przekraczająca 2,5 dnia/dekadę (tab. 2).

4. Diskuze

Uzyskana średnia ogólna różnica (16,8%) jest niemal analogiczna, jak dla Alp tyrolskich, gdzie wyniosła 15,6% (Guyennon et al. 2019). Obie te wartości są także porównywalne do wielkości różnicy w obrębie danego miejsca, oszacowanej w Alpach szwajcarskich na 13–30% (Jonas et al. 2009). Ponadto uzyskane wyniki są też porównywalne do różnic szacowania SWE z użyciem bardziej zaawansowanych technik w zlewniach Sudetów Zachodnich (Niedzielski et al. 2019). Wynik ten potwierdza stwierdzenie, że jakość wyników dla SWEi, uzyskana z bardziej zaawansowanych metod szacowania gęstości objętościowej śniegu, nie jest wcale lepsza od uzyskanych ze stosunkowo prostych metod (Schöber et al. 2015). Zasadą jest, że modele regresji dają najlepsze wyniki SWEi dla wysokich lokalizacji i przy większej głębokości śniegu (Schöber et al. 2015). Stąd też, z uwagi na mniejsze wysokości bezwzględne i cieńszą HS w Sudetach Zachodnich niż w Alpach, spodziewane średnie różnice w SWEi powinny być większe. Uzyskane wyniki dla Sudetów Zachodnich można więc uznać za zadowalające.

Rozkład przestrzenny wartości SWEi jest podobny do rozkładu innych parametrów i wskaźników pokrywy śnieżnej (np. jej maksymalna i średnia grubość, liczba dni z pokrywą śnieżną, wskaźnik surowości i śnieżności zim) w Sudetach Zachodnich opisanych w pracach Urban et al. (2018, 2019, 2023).

Podobnie we wszystkich alpejskich stacjach w okresie 1968–2012 zaznaczył się malejący trend maksymalnej wartości SWE, nie stwierdzono jednak wcześniejszego wystąpienia maksimum SWE (Marty et al. 2017).

Większe tempo spadku SWEi w miesiącach kończących sezon zimowy, niż go rozpoczynających ma związek z wykazanym skracaniem się czasu zalegania i grubości pokrywy śnieżnej w Sudetach Zachodnich, uwarunkowanym większym tempem zmian w datach końca pokrywy śnieżnej, rosnącą tendencją wiosennego usłonecznienia i wzrostem antycyklo-nalnych typów pogody (Urban et al. 2023).

5. Závěr

SWE jest silnie dodatnio skorelowany z HS. Możliwe jest zatem szacowanie wartości SWE na bazie HS. Dokonana analiza SWEi i jego zmian w Sudetach Zachodnich w sezonach zimowych 1961/62–2020/21 z uwzględnieniem ekspozycji i wysokości terenu potwierdza postawione hipotezy badawcze i upoważnia do następujących stwierdzeń:

1. Przyjęta metoda oszacowania SWE (równania prostych regresji) jest dobrą i łatwą do zastosowania w badaniach klimatologicznych SWE. Średnia ogólna różnica jest porównywalna ze średnią różnicą dla innych obszarów górskich w Europie uzyskanych nawet z użyciem zaawansowanych technik pomiarowych.
2. Średnie i maksymalne sezonowe wartości SWEi wykazują ujemne tendencje, zwykle istotne statystycznie.
3. Wartości SWEi, w lokalizacjach położonych na podobnych wysokościach n.p.m., są większe w stacjach o makro-ekspozycji południowej niż północnej.
4. Tempo zmian SWEi z wysokością nad poziomem morza jest podobne na stokach o makro-ekspozycji północnej i południowej.
5. Dekada 2011–2020 cechowała się występowaniem małych, bardzo małych, bądź skrajnie małych sezonowych wartości SWEi.
6. W większości stacji stwierdzono, nieistotne statystycznie, tendencje wcześniejszego występowania (poza Śnieżką) maksymalnej sezonowej wartości SWEi.
7. Uzyskane wyniki dotyczące zmian SWEi w Sudetach Zachodnich korespondują z wynikami badań z innych obszarów górskich Europy. Są one symptomem ocieplenia klimatu, szczególnie intensywnego w ostatnich dekadach.

Literatura:

BARNETT, T.P., ADAM, J.C., LETTENMAIER, D.P. 2005. Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions. *Nature*, Vol. **438**, s. 303–309.

GUTMANN, E. D., LARSON, K. M., WILLIAMS, M. W., NIEVINSKI, F. G., ZAVOROTNY, V. 2012. Snow measurement by GPS interferometric reflectometry: an evaluation at Niwot Ridge, Colorado. *Hydrological Processes*, Vol. **26**, s. 2951–2961.

GUYENNON, N., VALT, M., SALERNO, F., PETRANGELI, A.B., ROMANO, E. 2019. Estimating the snow water equivalent from snow depth measurements in the Italian Alps. *Cold Regions Science and Technology*, Vol. **167**, 102859.

- HELMERT, J., ŞENSOY ŞORMAN, A., ALVARADO MONTERO, R., DE MICHELE, C., DE ROSNAY, P., DUMONT, M., FINGER, D. C., LANGE, M., PICARD, G., POTOPOVÁ, V., PULLEN, S., VIKHAMAR-SCHULER, D., ARSLAN, A. N., 2018. Review of snow data assimilation methods for hydrological, land surface, meteorological and climate models: Results from a COST HarmoSnow survey. *Geosciences*, Vol. **8**, 489, s. 1–22.
- HLAVČOVÁ, K., KOTRÍKOVÁ, K., KOHNOVÁ, S., VALENT, P., 2015. Changes in the snow water equivalent in mountainous basins in Slovakia over recent decades. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, Vol. **370**, s. 109–116.
- HOCK, R., REES, G., WILLIAMS, M.W., RAMIREZ, E., 2006. Preface – contribution from glaciers and snow cover to runoff from mountains in different climates. *Hydrological Processes*, Vol. **20**, Issue 10, s. 2089–2090.
- JONAS, T., MARTY, C., MAGNUSSON, J., 2009. Estimating the snow water equivalent from snow depth measurements in the Swiss Alps. *Journal of Hydrology*, Vol. **378**, s. 161–167.
- KINAR, N. J., POMEROY, J. W., 2015. Measurement of the physical properties of the snowpack. *Reviews of Geophysics*, Vol. **53**, s. 481–544.
- KOCH, F., HENKEL, P., APPEL, F., SCHMID, L., BACH, H., LAMM, M., 2019. Retrieval of snow water equivalent, liquid water content, and snow height of dry and wet snow by combining GPS signal attenuation and time delay. *Water Resources Research*, Vol. **55**, s. 4465–4487.
- LAPIN, M., FAŠKO, P., 2005. Snow cover changes in the Little Carpathians in Slovakia. *Croatian Meteorological Journal*, Vol. **40**, s. 658–661.
- MARTY, C., TILG, A. M., JONAS, T., 2017. Recent evidence of large-scale receding snow water equivalents in the European Alps. *Journal of Hydrometeorology*, Vol. **18**, Issue 4, s. 1021–1031.
- NIEDZIELSKI, T., SZYMANOWSKI, M., MIZIŃSKI, B., SPALLEK, W., WITEK-KASPRZAK, M., ŚLOPEK, J., KASPRZAK, M., BŁAŚ, M., SOBIK, M., JANCEWICZ, K., BOROWICZ, D., REMISZ, J., MODZEL, P., MĘCINA, K., LESZCZYŃSKI, L., 2019. Estimating snow water equivalent using unmanned aerial vehicles for determining snow-melt runoff. *Journal of Hydrology*, 124046.
- SCHÖBER, J., ACHLEITNER, S., BELLINGER, J., KIRNBAUER, R., SCHÖBERL, F., 2015. Analysis and modelling of snow bulk density in the Tyrolean Alps. *Hydrology Research*, Vol. **47**, s. 419–441.
- URBAN, G., RICHTEROVÁ, D., KLIEGROVÁ, S., ZUSKOVÁ, I., PAWLICZEK, P. 2018. Winter Severity and Snowiness and their Multiannual Variability in the Karkonosze Mountains and Jizera Mountains. *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. **134**, s. 221–240.
- URBAN, G., RICHTEROVÁ, D., KLIEGROVÁ, S., ZUSKOVÁ, I., 2019. Durability of snow cover and its long-term variability in the Western Sudetes Mountains. *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. **137**, s. 2681–2695.
- URBAN, G., RICHTEROVÁ, D., KLIEGROVÁ, S., ZUSKOVÁ, I., 2023. Reasons for shortening snow cover duration in the Western Sudetes in light of global climate change. *International Journal of Climatology*, Vol. **43**, Issue 12, s. 5485–5511.

Klíčová slova: snow water equivalent (SWE), snow depth, trends in change, climate change, Sudetes

Poděkování: The reported research has been carried out within the project No FBW-13/2023 (Snow cover of the Western Sudetes in light of global warming) of the Institute of Meteorology and Water Management-Nationale Research Institute.

Návštěvnost Lysé hory a počasí

Olga Halášová

Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta tělesné kultury, tř. Míru 117, 771 11 Olomouc, olga.halasova@upol.cz

1. Úvod

Příspěvek navazuje na článek z Meteorologické konference Jizerka 2022, který analyzoval návštěvnost Lysé hory v závislosti na počasí v letech 2019 a 2020. CHKO Beskydy dlouhodobě provádí monitoring návštěvnosti vybraných lokalit, a díky tomu se podařilo základní soubor rozšířit na období 2013–2022 (obr. 1). Oproti teplotě vzduchu a úhrnu srážek byly do této studie zahrnuty i další meteorologické prvky jako celková výška sněhové pokrývky, nový sníh a maximální rychlost větru. Nejvyšší počet návštěvníků byl zaznamenán v „covidovém“ roce 2020. Tehdy bylo sčítací zachyceno 544 421 průchodů.

Cílem práce byla snaha zjistit, zda je možné v 10letém období jasně identifikovat závislost návštěvnosti Lysé hory na počasí. Podrobněji byly zpracovány dny s maximální a minimální počty návštěvníků, resp. četnosti průchodů.

2. Metodika

2.1 Data

Data o návštěvnosti Lysé hory byla naměřena pro CHKO Beskydy firmou Monitoring návštěvnosti s.r.o. Podrobnější informace o průzkumu návštěvnosti popisují Zahradník & Banaš (2020, 2021), tzn. použitou technologii, metodiku zpracování výsledků, monitorované lokality a harmonogram monitoringu a další. Data byla naměřena na sčítačích Lysá hora – sever a Lysá hora – Mazák v letech 2013–2022. Meteorologická data poskytl ČHMÚ pobočka Ostrava. Jednalo se o data ze stanice Lysá hora. Četnost průchodů za roky 2019–2022 byla dále porovnávána s daty z aplikace Strava.com.

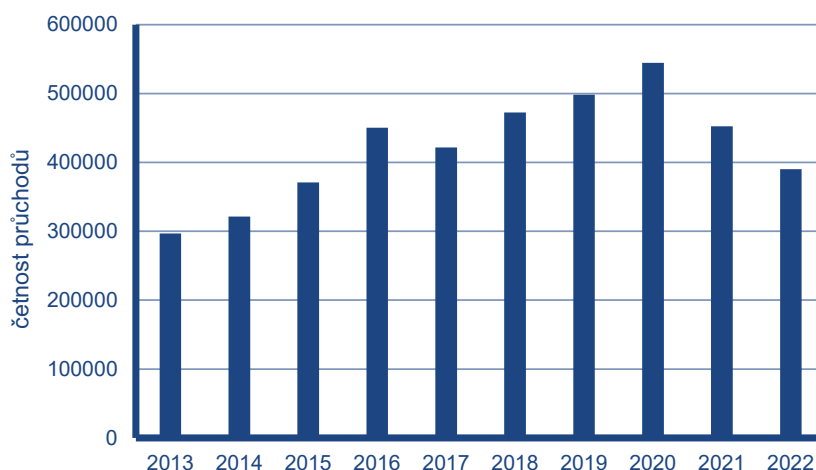
2.1 Statistické metody

Základní jednotkou návštěvnosti je počet průchodů přes sčítač. Jedná se o turisty – pěší, běžce, cyklisty, v zimě pak běžkaře. Počty návštěvníků, resp. průchodů byly porovnávány s denními daty z profesionální stanice ČHMÚ Lysá hora. U dat z let 2019–2022 byla snaha o provedení kalibrace sčítačů s daty „naměřenými“ resp. zaznamenanými uživateli aplikace Strava.com. Tato aplikace je oblíbená sportovními nadšenci z řad chodců, běžců, cyklistů i lyžařů atd.

3. Výsledky

Z obr. 1 je vidět nárůst počtu průchodů ve sledovaném období. První kulminace nastala v roce 2016, kdy sčítače zaznamenaly 450 542 průchodů. Tento počet pravděpodobně přímo souvisí se znovutevřením Bezručovy chaty, které proběhlo 25.11.2015 (www.bezrucova-chata.cz). Druhá kulminace je pak spojená s „covidovým“ rokem 2020. V té době platila opatření a lidé nemohli cestovat a využívali domácí možnosti. V tomto roce bylo zaznamenáno rekordních 544 421 průchodů na výše uvedených sčítačích.

V průběhu zpracování dat jsme se pokusili „zkalibrovat“ data ze sčítačů. K dispozici jsme měli údaje z aplikace Strava.com, která je v posledních letech velmi oblíbená



Obr. 1 Četnost průchodů návštěvníků Lysé hory v místech Lysá hora – sever a Lysá hora – Mazák v letech 2013–2022 (data ze sčítačů CHKO Beskydy-Monitoring návštěvnosti s.r.o.).

u sportovních nadšenců. Data byla k dispozici za roky 2019–2022 a to roční sumy. Z dostupných informací bylo zjištěno, že tito návštěvníci v roce 2019 v daných měřených úsecích tvořili 5,3 % návštěvníků, v roce 2020 již 7,3 %; 2021 to již bylo 10,4 % a 2022 10,2 %. V Krkonoších probíhají podobné studie, které zatím nebyly publikovány, ale počet návštěvníků, kteří používají tuto aplikaci, se tam pohybuje řádově v rozmezí 4–6 % z celkového počtu návštěvníků. Aplikace odhalila i další cesty na Lysou horu, které jsou návštěvníky hojně využívány. Po zpevněné silnici proudí nejen pěší, ale především cyklisté, kteří začínají tvořit významnou část návštěvníků Lysé hory. V roce 2019 bylo zaznamenáno 5715 cyklistů a v roce 2023 to již bylo 9 580 cyklistů, kteří si zapnuli aplikaci Strava.com.

Snahou práce bylo prokázat závislost návštěvnosti turistů na některém z meteorologických prvků. K dispozici byla denní data: maximální teplota vzduchu, minimální teplota vzduchu, denní srážky, celková sněhová pokrývka, výška nového sněhu a maximální rychlost větru. Analýze bylo podrobeno celkem 3 652 dnů a pro žádný výše uvedený meteorologický prvek nebyla zjištěna statisticky významná závislost. Významnější vliv na počet návštěvníků měl týdenní cyklus – tj. střídání pracovních dnů a víkendů. Nejvyšší počty návštěvníků pak byly zaznamenány ve dnech volna, o prázdninách a absolutní maxima byla zaznamenána v zimních měsících a to 26. ledna 2019 v sobotu 10 769 průchodů; 18. ledna 2020 v sobotu 10 351 průchodů a 27. ledna 2018 v sobotu 10 021 průchodů.

Pokud bychom se zaměřili na dny s nejvyššími počty průchodů, zjistíme, že nad 99percentil se dostanou dny s více jak 4 800 průchody. 57 % dní spadá do zimy, 24 % do jara, 14 % do léta a 2 % na podzim. V zimních měsících byla v těchto dnech zaznamenána na vrcholu Lysé hory celková sněhová pokrývka např. i 211 cm, 208 cm, 127 cm, 118 cm popř. 103 cm. Extrémní podmínky pro výstup panovaly 25. ledna 2014, kdy průměrná teplota dosáhla $-19,5^{\circ}\text{C}$. V ostatních ročních obdobích, kdy byla dosažena maxima, se výraznější výkyvy počasí nevyskytly. Důležitou roli také hraje fakt, že 78 % dnů s absolutními maximy byl víkend a pokud bychom připočítali i pátek, dostali bychom se na 84 %.

Na druhé straně souboru, tj. v 1percentilu, dosahovala denní návštěvnost do 80 průchodů. Ani jeden den za celé sledované období 2013–2022 se nenastalo, že by byla naměřena nula průchodů. 44 % dní s nejnižšími počty průchodů připadlo na jaro, 31 % na podzim, 22 % na léto a pouze 3 % na zimu. Zde již závislost na počasí můžeme prokázat. Ve všech dnech byly zaznamenány srážky a v 61 % to byly významné srážky nad 20 mm. Maximální hodnoty rychlosti větru pak ve všech těchto dnech přesáhly $10\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Přesto významnou roli hrál i fakt, že se jednalo ve všech případech o dny pracovní. Soubor byl následně rozšířen na 5percentil a bylo zjištěno, že dny se srážkami (zaznamenány 176 ze 182) i maximální hodnoty rychlosti větru nad $10\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (178 ze 182) byly pravděpodobně podstatné pro návštěvnost. Stejně na tom byly i dny v týdnu, kdy 178 dní ze 182 bylo pracovních.

4. Diskuze

Lysá hora v Beskydech se zcela vymyká výsledkům, které byly zjištěny např. v Krkonoších. Tam návštěvnost Sněžky přímo koreluje s počasím, a to i přes to, že na vrchol vede lanovka (Erlebach, Málková 2021; Erlebach, Romportl 2021). Zjištění, že maxima návštěvnosti Lysé hory nezávisí zcela na počasí, jsou v ČR docela unikátem. Počasí v tomto případě zcela „přebíjí“ akce, které jsou zde pořádány. A to i přes a možná právě přes extrémní podmínky, které v daných dnech panovaly, sčítače naměřily více jak 10 000 průchodů. Jednalo se o akci Lysá hora 24 (LH24). „Nejtěžší“ podmínky panovaly 26. ledna 2019, kdy maximální teplota vzduchu nepřesáhla $-5,7^{\circ}\text{C}$ a minimální teplota klesla na $-12,5^{\circ}\text{C}$. V ten den navíc připadlo 5 cm sněhu a celková výška sněhové pokrývky dosáhla úctyhodných 208 cm.

Z dat aplikace Strava.com, kterou používá v posledních letech řada profesionálních i amatérských sportovců, se dá usuzovat, že Lysá hora je oblíbená pro trénink. Lze předpokládat, že počet návštěvníků používajících tuto aplikaci bude narůstat – oproti např. Krkonošům, kde se v současné době drží na 4–6 %. Na Lysé hoře přesáhl 10 %.

5. Závěr

Závislost návštěvnosti a vybraných meteorologických prvků za období 2013–2022 nebyla prokázána. Vliv počasí na absolutní maxima návštěvnosti na Lysé hoře s největší pravděpodobností není určujícím faktorem. Větší vliv na návštěvnost má konání akcí a skutečnost, že se jedná o víkend nebo státní svátek. Naopak u minimálních průchodů je závislost na srážkách a maximální hodnotě rychlosti větru nad $10\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ již zřejmá. Lze je zařadit mezi faktory, které spoluurčují návštěvnost Lysé hory. Další důležitým faktorem je den v týdnu – v případě minimálních hodnot návštěvnosti se jedná o dny pracovní.

Významným podnětem z hlediska návštěvnosti Lysé hory je aplikace Strava.com, která přináší velmi zajímavé výsledky a ukazuje další možné cesty na Lysou horu. Dále dokazuje, že významný nárůst návštěvníků v letním období tvoří cyklisté. V září 2023 zde byl umístěn sčítač a již předběžná data ukazují, že současná data o návštěvnosti jsou podhodnocena.

Z dat dále vyplývá, že v roce 2020 návštěvnost Lysé hory kulminovala (pravděpodobně vlivem celosvětové pandemie Covidu-19) a dále již celková čísla nebudou narůstat, jak ukázala data z let 2021 a 2022. Což je pro Lysou horu příznivá zpráva a pravděpodobně i pro okolní obce.

Literatura:

ERLEBACH, M., MÁLKOVÁ J., 2021. Současný stav a vývoj turismu v Krkonoších, Stan obecny i rozwój turystyki w Karkonoszach, Current state and development of tourism in the Krkonoše Mountains. In: Kilianová (ed): *Evropská ochrana přírody v kontextu ekoturistiky v česko-polském příhraničí*. Univerzita Palackého v Olomouci: 52–97.

ERLEBACH, M., ROMPORTL, D., 2021. Časoprostorová distribuce turismu v Krkonoších a jeho environmentální dopady. *Opera Corcontica*, Vol. **58**, 5 s. 5–25.

ZAHRADNÍK, D., BANAŠ, M., 2020. Zpracování průzkumu návštěvnosti na vybraných lokalitách CHKO Beskydy, Monitoring návštěvnosti, 70 s.

ZAHRADNÍK, D., BANAŠ, M., 2021. Zpracování průzkumu návštěvnosti na vybraných lokalitách CHKO Beskydy, Monitoring návštěvnosti, 71 s.

Klíčová slova: sčítače návštěvnosti, meteorologické prvky, minima, maxima

Klimatologická měření v NPR Rejvíz

Miroslav Vysoudil, Vojtěch Jurník

Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geografie, 17. listopadu 12, 77146 Olomouc, miroslav.vysoudil@upol.cz, vojtech.jurnik01@upol.cz

1. Úvod

Klimatologické výzkumy v mokřadním typu krajiny na území ČR byly a jsou ojedinělé. Práce doplňuje a částečně navazuje na letité práce Lednického 1971 a Kříže 1971. Nověji vlivem rašelinišť na místní klima se zabývala Leštinová 2017. V lokalitách rašeliniště Borkovická blata a Olešenský mokřad a v kontrastním nemokřadním ekosystému trvalého travního porostu mezi obcemi Soběslav a Veselí nad Lužnicí zkoumala na základě vlastních měření režim teploty a vlhkosti vzduchu na úrovni vegetace a ve výšce 2 m nad povrchem. Dále se zabývala hodnocením evaporativní frakce, tlaku vodní páry a sytostním doplňkem. Ve vegetačním období odebrala vzorky rostlinné biomasy a zkoumala druhovou pestrost sledovaných lokalit ekosystémů. Výsledky na obou úrovních měření vykazaly malé rozdíly hodnot teploty vzduchu mezi sledovanými lokalitami. Přesto bylo možné prokázat, že nejvyšší hodnoty byly naměřeny v lokalitě trvalého travního porostu. V prostoru Olešenského mokřadu se vyskytovaly nejvyšší hodnoty relativní vlhkosti vzduchu, naopak lokalita travního porostu vykazovala hodnoty nejnižší. Na základě výše zmíněných výsledků se podařilo prokázat vliv rašeliništních biotopů na místní klima.

Tematicky obdobnou studií je práce Škardy 2018. V lokalitách rašeliniště Červené blato a Klenová a kontrastním nemokřadním ekosystému s trvalým travním porostem u obce Malíkov nad Nežárkou zkoumal z vlastních měření režim teploty a vlhkosti vzduchu na úrovni vegetace a ve výšce 2 m nad povrchem. Dále se zabýval vybranými ukazateli energetické bilance jednotlivých lokalit, odběrem rostlinné biomasy a druhovou pestrostí dle fytocenologického snímku. Výsledky na úrovni vegetace ukázaly velmi malé rozdíly mezi oběma rašeliništi, charakteristickými podmínkami byly ve srovnání s nemokřadním travním porostem nižší hodnoty průměrné teploty vzduchu a vyšší hodnoty relativní vlhkosti vzduchu. Na úrovni 2 m nad povrchem však došlo k nepředpokládané anomálii, kdy na rašeliništi Klenová byly naměřeny nejvyšší hodnoty průměrné denní teploty vzduchu, a naopak nejnižší hodnoty relativní vlhkosti vzduchu. Na základě výše zmíněných zjištění se v práci podařilo prokázat vliv mokřadních ekosystémů na teplotně-vlhkostní režim jen částečně (lokalita Červené blato).

Mikroklimatem rašeliniště a lesního porostu různého stáří a poškození (vlivem přemnožení kůrovce) se v prostředí národního parku Šumava zabývala Hojdová et al. 2005. Srovnávala chod teploty vzduchu ve 4 lokalitách (živý les, mrtvý les, mýtiny a prostředí rašeliniště). Měření teploty vzduchu bylo realizováno v několika výškových úrovních, půdy v hloubce 15 cm a na povrchu, nad bylinným patrem a ve výšce 2 m nad povrchem po dobu dvou vegetačních období. Zároveň byla nad bylinným patrem zaznamenávána data o relativní vlhkosti vzduchu jedno vegetační období. V práci jsou ale prezentována data pouze ze tří lokalit (zdravý les, odumřelý les, mýtina). Výsledky měření vykazaly nejnižší amplitudu teploty vzduchu v oblasti živého lesa, který svým charakterem tlumí teplotní extrémy, naopak nejvyšší amplituda teploty vzduchu a nejvyšší teplotní extrémy byly zaznamenány v lokalitě rašeliniště, které oproti předpokladům nebylo schopno svým charakterem tlumit teplotní extrémy. Jurník 2023 řešil bakalářskou práci „Příspěvek ke studiu místního klimatu NPR Rejvíz“ a výsledky jsou předmětem příspěvku.

2. Metodika

2.1 Staniční síť, data

Rozmístění jednotlivých stanic předcházela diskuse s pracovníkem CHKO Jeseníky. Jednalo se o vhodné umístění s ohledem na velikost a rozmanitost jednotlivých částí NPR Rejvíz. Po dohodě s majitelem soukromého pozemku bylo meteorologické čidlo umístěno také v osadě Rejvíz, tedy v nemokřadní krajině. Staniční síť tvořila 4 čidla HOBO U23 Pro v2. Udávaný provozní rozsah pro teplotu vzduchu je -40 až $+70$ °C s přesností $\pm 0,25$ °C (při teplotách od -40 °C do 0 °C) a $\pm 0,20$ °C (v rozsahu 0 °C až -70 °C). Pro relativní vlhkost vzduchu výrobce udává přesnost $\pm 2,5\%$ (0% – 100%), $\pm 5\%$ (10 – 90%).

2.2 Měřicí metody

Čidla byla upevněna do radičních krytů ve výšce 1,5 m nad aktivním povrchem. Tři čidla byla umístěna v NPR Rejvíz, jedno v horské osadě Rejvíz. Jednotlivé stanice dostaly označení Vstup (VST01), Velké mechové jezírko (VMJ02), Malé mechové jezírko (MMJ03) a Rejvíz (REJ04).

Soukupová 2011 uvádí, že mikroklima dané oblasti je výrazné především v době vegetačního období, kdy rostliny mají příznivé podmínky pro růst a vývoj. I proto probíhalo měření v teplém půlroce od 1. 4. 2022 (00:00) do 30. 9. 2022 (23:00) s intervalem odečtu 1 h (vše dle SEČ). V průběhu nedošlo k výpadkům a data byla kompletní.

2.3 Statistická analýza a grafická prezentace

Po ukončení měření byla originální data stažena v interním formátu *.hobo, konvertována do formátu *.xlsx a uložena na záznamové medium. Následně zpracování i analýzy proběhly výhradně v tabulkovém procesoru MS Excel (ver. 2212).

Hodnoty teploty a relativní vlhkosti vzduchu byly zaokrouhleny na jedno desetinné místo. Z původních datových souborů vznikly souhrnné měsíční tabulky. Pro každý den v měsíci byly vypočítány základní teplotní a vlhkostní charakteristiky. V případě teploty vzduchu to byly denní průměr z hodinových hodnot, denní maximum i minimum a denní amplituda. Pro relativní vlhkost vzduchu byl stanovený denní průměr. Vybrané charakteristiky byly znázorněny graficky pro názornější porovnání zjištěných rozdílů na stanicích v rozdílném prostředí. Pro zdůraznění topoklimatu a jeho projevů byl sledován režim teploty a vlhkosti vzduchu ve dnech s tzv. radiačním i advekčním počasím. Teplotně-vlhkostní režim zde prezentují pro radiační dny 13. 4. a 20. 7. 2022 a den s počasím advekčním 23. 8. 2022 (obr. 2, 3).



Obr. 1 Měřicí bod NPR Rejvíz Malé mechové jezírko.
Foto: Vojtěch Jurník, 16. 10. 2022).

3. Výsledky

Základní klimatické charakteristiky teploty a vlhkosti vzduchu v období teplého půlroku obsahuje tab. 1. Nejvyšší průměrná teplota vzduchu v NPR Rejvíz byla na stanici MMJ03 (11,8 °C). Podobná hodnota byla na stanici VMJ02 (11,7 °C). Nejnižší průměrná teplota vzduchu byla na stanici VST01 (11,2 °C), která byla nejchladnější lokalitou. Stanice REJ04 mimo NPR vykazovala ve srovnání se stanicemi ve zvláště chráněném území výrazně vyšší průměrnou teplotu (12,7 °C) a byla nejteplejší. Maximální teplota vzduchu byla na všech stanicích dosažena shodně 21. 7., a to na stanici MMJ03 (32,5 °C), na stanici VMJ02 (32,3 °C) a nejnižší maximální teplota vzduchu se vyskytla na stanici VST01 (29,6 °C). Stanice REJ04 byla chladnější (30,1 °C). Minimální teplota vzduchu byla na všech stanicích dosažena 3. dubna. Na stanicích v NPR VST01 a VMJ02 to bylo shodně -6,6 °C, podobná hodnota byla zaznamenána na stanici MMJ03 (-6,5 °C). Stanice REJ04 vykazovala v porovnání se stanicemi na území NPR podle očekávání nejnižší minimum (-6,9 °C). Největší amplituda teploty vzduchu v NPR se váže na stanici MMJ03 (39,0 °C). Podobná hodnota byla zaznamenána na stanici VMJ02 (38,9 °C). Nejmenší amplituda teploty vzduchu byla na stanici VST01 (36,2 °C) a REJ04 mimo NPR (37,0 °C).

Rozdílný režim teploty vzduchu odráží četnost výskytu charakteristických dnů (tab. 2). Nejvyšší počet tropických dnů byl v NPR na stanicích VMJ02 a MMJ03 (shodně 4 dny), na stanici VST01 se tropický den nevyskytl. Na stanici REJ04 nastaly 2 tropické dny. Den s tropickou nocí byl výjimečně pozorován jen na stanicích VMJ02 a REJ04 (1 den), na zbývajících VST01 a MMJ03 se vůbec nevyskytl. Nejvyšší počet letních dnů byl pozorován na stanici MMJ03 (25 dnů), o den méně pak na stanici VMJ02. Na stanici REJ04 bylo 18 letních dnů a nejnižší počet byl na stanici VST01 (14). Nejvyšší počet mrazových dnů byl pozorován na stani-

Tab. 1 Základní charakteristiky teploty vzduchu [°C] a relativní vlhkosti vzduchu [%] na stanicích v NPR Rejvíz a osadě Rejvíz, duben–září 2022.

Charakteristika	Stanice			
	VST01	VMJ02	MMJ03	REJ04
T _{prům_{IV–IX}}	11,2	11,7	11,8	12,7
T _{max_{IV–IX}}	29,6	32,3	32,5	30,1
T _{min_{IV–IX}}	-6,6	-6,6	-6,5	-6,9
T _{a_{IV–IX}}	36,2	38,9	39	37
r _{prům_{IV–IX}}	88,5	83,2	82,1	77,4

Tab. 2 Četnost výskytu charakteristických dnů na stanicích v NPR Rejvíz a osadě Rejvíz, duben–září 2022.

Typ dne	Stanice			
	VST01	VMJ02	MMJ03	REJ04
tropický	0	4	4	2
s tropickou nocí	0	1	0	1
letní	14	24	25	18
mrazový	19	33	33	17
ledový	3	3	3	3

cích v okolí mechových jezírek VMJ02 a MMJ03 (shodně 33). Nižší počet mrazových dnů zaznamenala stanice VST01 (19), nejnižší počet byl na stanici mimo NPR REJ04 (17). Počet ledových dnů se na jednotlivých stanicích neliší (shodně 3 dny). Teplotně extrémní dny, „supertropický“ a arktické, se nevyskytly.

Průměrné hodnoty relativní vlhkosti vzduchu jsou v tab. 1. Nejnižší průměrná relativní vlhkost vzduchu na stanicích na území NPR Rejvíz se dle očekávání výrazněji neliší MMJ03 (82,1 %), VMJ02 (83,2 %) a VST01 (88,5 %). Posledně jmenovaná byla nejvlhčí lokalitou. Stanice REJ04 mimo NPR vykázala dle teoretického předpokladu nejnižší průměrnou hodnotu (77,4 %) a byla tedy nejsušší lokalitou. Nejnižší měsíční průměrné hodnoty byly na všech stanicích naměřeny shodně v květnu (VST01 83,0 %, VMJ02 77,3 %, MMJ03 77,4 % a REJ04 70,5 %), nejvyšší vždy v září (VST01 97,2 %, VMJ02 93,1 %, MMJ03 92,0 % a REJ04 88,0 %).

4. Diskuse

Analýza režimu teploty a relativní vlhkosti vzduchu potvrdila očekávané rozdíly mezi lokalitami na území rašeliništního ekosystému a nemokřadního ekosystému. Rozdíly ale byly patrné mezi samotnými lokalitami přímo v NPR. Rozdíly mají své důvody a lze je hledat především mezi jednotlivými typy aktivních povrchů jako dominujícími (topo)klimatotvornými faktory, jejich pokrytí a ve struktuře vegetačního krytu. Klíčovou roli hrála přítomnost vodních ploch a jejich odlišný objem, vlastnosti rašelinných půd, nebo rozdílné množství vody v ekosystémech. V případě přítomnosti vodních ploch dochází k situaci, že tepelná kapacita vody výrazně zmenšuje amplitudu denního i ročního chodu teploty vody i bezprostředně přiléhající atmosféry. Poklesem míry insolace v odpoledních hodinách dochází přes noc k postupnému ochlazení vody a vydávání tepla do okolí Prošek, Rein 1982.

K podobným výsledkům dospěli Leštinová 2017 i Škarda 2018, kteří prokázali vliv rašeliništních ekosystémů na místní klima v oblasti Šumavy. Ve srovnání s těmito studiemi ale byly u našich měření zjištěny větší teplotní i vlhkostní rozdíly mezi lokalitami. Příčinu lze vysvětlit větší plochou rašeliništního ekosystému NPR Rejvíz, a patrně výrazným působením rozhodujících klimatotvorných faktorů.

Rašelinné půdy jsou charakteristické velmi malou tepelnou vodivostí a tepelnou kapacitou. V průběhu dne se rychleji prohřívají a také ochlazují v nočních hodinách. V prostředí rašelinišť tedy dochází k výskytu vyšších amplitud teploty vzduchu a vyšších teplotních extrémů Geiger et al. 2003. To se potvrdilo i v NPR. Tomuto jevu napomáhá i přítomnost rašeliničku, který nemá kořeny ani pravé vodivé pletivo, tudíž celý transport vody probíhá pouze pomalou difúzí. Při radičním počasí a dlouhodobější absenci srážek dochází k vysychání hlav rašeliničku, čímž se zvyšuje jeho albedo a snižuje se výpar, což způsobuje růst teploty vzduchu při zemi Kolmanová 1996.

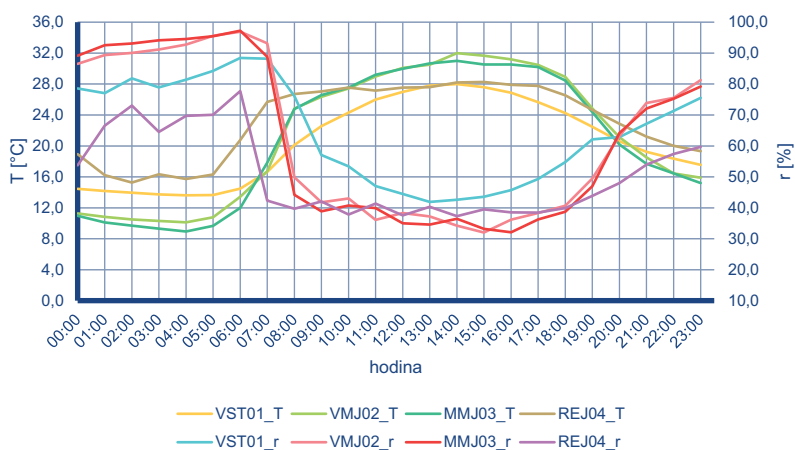
Nejvyšší průměrná teplota vzduchu a nejnižší průměrná relativní vlhkost byla zjištěna v osadě Rejvíz, což odráží charakterem krajiny v jejím okolí. Jde o otevřenou plochu v blízkosti zástavby a komunikace bez výrazného pokrytí vegetací, sluneční záření zde dopadá přímo na zemský povrch, který se rychle prohřívá.

Nižší průměrná teplota vzduchu a vyšší průměrná relativní vlhkost vzduchu byla naměřena v lokalitě Malého mechového jezírka. Dosažené hodnoty jsou zřejmě ovlivněny množstvím vody v rašelinném ekosystému a strukturou okolní vegetace.

Velmi podobné hodnoty byly naměřeny u Velkého mechového jezírka. Ve srovnání s oblastí Malého mechového jezírka byla tato lokalita nepatrně chladnější a vlhčí. Tuto skutečnost lze vysvětlit větším objemem vody v ekosystému i povrchem Velkého mechového jezírka. Větší objem se pomaleji prohřívá, větší povrch umožňuje vyšší výpar z vodní hladiny. Jeho okolí je ve srovnání s Malým mechovým jezírkem pokryto méně hustou vegetací. Hodnoty jsou ovlivněné kratší dobou trvání slunečního svitu oproti oblasti Malého mechového jezírka.

Nejnižší průměrná teplota vzduchu a nejvyšší průměrná relativní vlhkost vzduchu byla naměřena v lesním porostu u vstupní brány do rezervace. Hodnoty ovlivnila hustá lesní vegetace, tedy vysoký podíl difúzního záření a bezpochyby modifikované pole větru. Svůj vliv může mít teoreticky tvar okolního georeliéfu.

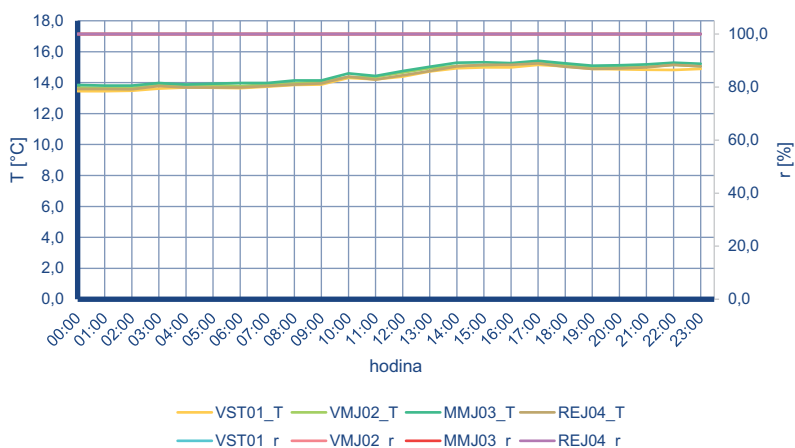
Chod teploty a vlhkosti ovlivňovalo i makropočasi. Dlouhodoběji se projevilo zejména v září, kdy dle Hladkého et al. 2022 přecházelo přes území ČR několik tlakových níží spojených s relativně vysokým úhrnem srážek



Obr. 2 Režim denní teploty vzduchu (T) a relativní vlhkosti vzduchu (r) na stanicích v NPR Rejvíz a osadě Rejvíz 20. 7. 2022. Zdroj: vlastní zpracování.

(Olomoucký kraj 104 % normálu 1991–2020). Na všech stanicích v NPR se tyto synoptické situace projevíly velmi vyrovnaným režimem relativní vlhkosti vzduchu (minimální měsíční amplituda relativní vlhkosti vzduchu ze všech studovaných měsíců). Výrazný byl i efekt radiačního počasí. Denní průběh teploty a relativní vlhkosti vzduchu (obr. 2, 3) vykázal na všech stanicích u obou prvků vysokou denní amplitudu. Toto počasí umožnilo demonstrovat místní klimatické rozdíly mezi stanicemi rašeliništního ekosystému a stanicí v kontrastním ekosystému nerašeliništní povahy.

V prezentovaných radiačních dnech lze sledovat vliv vlastností rašelinných půd a jejich vegetačního pokryvu (rašeliník). Stanice v blízkosti mechových jezírek vykazovaly při radiačním počasí nejvyšší i nejnižší denní teploty vzduchu ze všech studovaných lokalit. Přilehlé vodní plochy tedy i přes jejich významný objem nedokázaly zřejmě kvůli vlastnostem rašelinných půd výrazněji tlumit denní teplotní maxima i minima. Výsledky analýzy se tak typologicky shodují se studií Hojdové 2005, která taktéž potvrdila výskyt denních teplotních maxim i minim právě v oblasti rašeliniště.



Obr. 3 Režim denní teploty vzduchu (T) a relativní vlhkosti vzduchu (r) na stanicích v NPR Rejvíz a osadě Rejvíz 23. 8. 2022. Zdroj: vlastní zpracování.

5. Závěr

Hlavním cílem výzkumu bylo prokázat vliv rašeliništních biotopů na režim teploty vzduchu a relativní vlhkosti vzduchu v porovnání s nemokřadním ekosystémem na úrovni topoklimatu. To se podařilo prokázat ve všech pozorovaných lokalitách NPR Rejvíz. Vzájemné rozdíly odrážejí míru obsahu vody ve studovaných ekosystémech, rozdílné pokrytím vegetace a jejich typů a částečně urbanizované krajiny. Výsledky přispívají k rozšíření a obohacení poznatků ve specifickém prostředí mokřad (rašeliníšť), poukazují na důležitost existence a ochrany těchto specifických ekosystémů ve smyslu Ramsarské úmluvy o mokřadech z roku 1971.

Literatura:

- GEIGER, R., ARON, R. H., TODHUNTER, P., 2003. The climate near the ground. 6th ed. Lanham: Rowman & Littlefield Publishers. ISBN 0-7425-6654-4.
- HLADKÝ, D. et al., 2022. Zpravodaj. Měsíční zpravodaj pobočky Ostrava [online]. Český hydrometeorologický ústav, (9), 2–3 [cit. 2023-04-12]. Dostupné z WWW: <https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/zpravodaj/2022/Zpravodaj-2209.pdf>.
- HOJDOVÁ, M., HAIS, M., POKORNÝ, J., 2005. Microclimate of a peat bog and of the forest in different states of damage in the Šumava National Park. Silva Gabreta. Vimperk: Správa Národního parku Šumava, č. 11, s. 13–24. ISSN 1211-7420.
- JURNÍK, V., 2023. Příspěvek ke studiu místního klimatu NPR Rejvíz. Olomouc. Bakalářská práce, Přírodovědecká fakulta UP v Olomouci.
- KOLMANOVÁ, A., 1996. Autoekologie rojovníku bahenního. Praha: Univerzita Karlova. Diplomová práce.
- KŘÍŽ, V., 1971. Limnologie mechových jezírek u Rejvízu. In: Campanula. 2. Ostrava: Krajské středisko Státní památkové péče a ochrany přírody.
- LEDNICKÝ, V., 1971. Nástin klimatických podmínek Rejvízu. In: Campanula. 2. Ostrava.
- LEŠTINOVÁ, I., 2017. Rašeliniště a jejich vliv na místní klima – Borkovická blata, Olešenský mokřad. České Budějovice. Dostupné také z: <https://theses.cz/id/nd04nr/>. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- PROŠEK, P., REIN, F., 1982. Mikroklimatologie a mezní vrstva atmosféry. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- ŠKARDA, J., 2018. Rašeliniště a jejich vliv na místní klima – Červené blato, Klenová. České Budějovice. Dostupné také z: <https://theses.cz/id/fih7uk/>. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

Klíčová slova: účelová měření, teplota a vlhkost vzduchu, teplý půlrok, rašeliniště

Výskyt zimních bouřek na některých horských stanicích

Pavel Jůza

Český hydrometeorologický ústav, RPP Ústí nad Labem, Kočkovská 2699, 400 11 Ústí nad Labem, pavel.juza@chmi.cz

1. Nebezpečné jevy na horách

Při pohybu na horách se návštěvník či turista může setkat s různými nebezpečnými jevy, které na těch horách mohou být nepříjemnější než někde ve městě. V zimě například sněhové vánice, závěje, náledí, umrzlý tvrdý sníh, námraza, ledovka a řada podobných jevů, v létě například bouřky nebo přívalemé deště.

Méně typické, avšak někdy o to překvapivější, jsou jevy, které se objeví v netypickou roční dobu, jako například sněžení nebo mráz v létě, nebo bouřka v zimě. Tento referát se bude týkat výskytu bouřek v zimě, protože taková bouřka při běžkování je zajímavý jev a někoho může i překvapit.

2. Zdroje dat a zpracování

Pro zpracování byly použity údaje z profesionálních meteorologických stanic, protože u ostatních stanic by se těžko dohledávalo, zda a jakým způsobem se tam v různých obdobích bouřky pozorovaly. Byly použity stanice Churáňov, Milešovka, Pec pod Sněžkou a Lysá hora. Byly použity záznamy o meteorologických jevech z databáze CLIDATA Českého hydrometeorologického ústavu.

Tato práce se zabývá jen všeobecnou informací o výskytu zimních bouřek, nějaké podrobnější zpracování, například vyhodnocování trendů a podobně, udělat nelze, protože v průběhu času docházelo ke změnám podmínek i na profesionálních stanicích, k omezování provozu a podobně. Takže veškeré údaje jsou velmi všeobecné a jen orientační. Pro jmenované stanice byly zjištěny záznamy o výskytu bouřek (a souvisejících jevů, například blyskavice), v měsících prosinci, lednu a únoru. Byl vyhodnocován počet dní se zimní bouřkou na jednotlivých stanicích i na aspoň jedné ze stanic, počet dní se zimní bouřkou za rok a podobné parametry.

3. Výsledky

V databázi CLIDATA bylo z uvedených 4 stanic nalezeno celkem 111 záznamů o bouřkových jevech. V některých případech bylo i víc bouřek za den, ale v jiných případech se vyskytly záznamy o bouřkových jevech časově navazujících, kdy jedna bouřka byla rozepsána do dvou po sobě jdoucích s odlišnými vlastnostmi a podobně; proto se v dalším zpracování posuzovaly dny s bouřkou a nikoli jednotlivé bouřky.

Časově nejstarší záznam o bouřce v databázi byl z Milešovky z ledna 1952. Celkem bylo nalezeno 80 dní s výskytem zimní bouřky aspoň na jedné stanici. Na stanici Churáňov bylo zaznamenáno 20 dní se zimní bouřkou, první v prosinci 1961, poslední v únoru 2016. Na stanici Pec pod Sněžkou (kde je ne úplně souvislá řada měření) je v databázi 15 dní se zimní bouřkou, první z ledna 1990 a poslední z února 2022. Stanice Lysá hora má 35 záznamů o dnech se zimní bouřkou, první z prosince 1955 a poslední z prosince 2022. A stanice Milešovka, proslulá bouřkami, měla jen 19 dní se zimní bouřkou, první v lednu 1952 a poslední v prosinci 2023.

Žádný den nebyla zaznamenána zimní bouřka na všech čtyřech stanicích. Ve třech dnech byla zimní bouřka zaznamenána na třech z uvedených stanic, a to bylo 26. 2. 1990, 10. 2. 2020 a 17. 2. 2022. V dalších třech dnech byla bouřka zaznamenána na dvou stanicích, a to 18. 1. 2007, 28. 2. 2007 a 8. 2. 2016. Takže v naprosté většině dnů byla zimní bouřka zaznamenána jen na jedné z uvedených stanic.

Od roku 1952, za kdy je v databázi u uvedených stanic nejstarší záznam o zimní bouřce, se zimní bouřka aspoň na jedné z uvedených stanic vyskytla ve 47 kalendářních rocích, což odpovídá zhruba dvěma třetinám roků za uvedené období. Nejvíce dnů, kdy aspoň na jedné ze stanic byla zimní bouřka, bylo v roce 2007 a 2022, kdy bylo 5 dnů s výskytem bouřky aspoň na jedné ze stanic. Tři další roky byly zaznamenány 4 takové dny, a to v roce 1980, 1994 a 2020. Další tři roky byly 3 dny se zimní bouřkou, a to 1988, 1994 a 1995. V dalších 10 letech se vyskytly 2 dny se zimní bouřkou. Ve zbývajících 29 rocích se vyskytl jen jeden den, kdy se aspoň na jedné ze stanic vyskytla zimní bouřka.

Při posuzování ne podle kalendářních roků, ale podle zimních sezón by to možná vyšlo trochu jinak.

Když se podíváme na počet dní se zimní bouřkou na jednotlivých stanicích, zjistíme, že nejvíc dní se zimní bouřkou bylo zaznamenáno na stanici Lysá hora v roce 2022 (tři v únoru a jeden v prosinci), dále na stanici Churáňov byly tři dny se zimní bouřkou v roce 1980, na ostatních dvou stanicích se vyskytly ročně maximálně dva dny se zimní bouřkou.

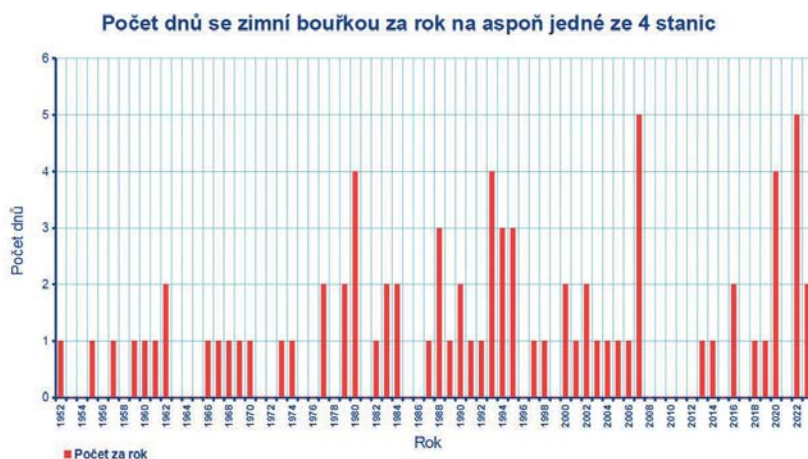
4. Diskuze

Při zkoumání záznamů z databáze CLIDATA bylo zjištěno, že aspoň na jedné ze stanic byla zjištěna zimní bouřka asi ve dvou třetinách roků od roku 1952. Většinou se jedná o bouřky ojedinělé, což je patrné z toho, že ve většině případů byla bouřka zaznamenána pouze na jedné ze čtyř sledovaných stanic, ale vyplývá to i z praktických zkušeností se zimními bouřkami. Na jednotlivých stanicích pak lze zimní bouřku zaznamenat v průměru každý druhý rok. S ohledem na vzdálenost zkoumaných stanic a plošného rozsahu zimních bouřek se dá předpokládat, že zimních bouřek na horách i mimo tyto meteorologické stanice bude mnohem víc. Ostatně i osobně jsem již při zimním běhkování na horách osobně zažil několik bouřek, jejichž datum v uvedených záznamech není, takže žádnou ze sledovaných stanic nezasáhly. Skutečný výskyt zimních bouřek na horách je tedy nepochybně výrazně větší, než naznačují výsledky z této řídké sítě horských profesionálních stanic.

5. Závěr

Řada svátečních turistů se vydává na hory, aby se rozhlédli z nějakého vrcholu nebo rozhledny, nebo aby si zajezdili na lyžích. Očekávají krásné slunečné počasí s dalekými výhledy, v létě přiměřeně teplo a v zimě ideální sníh. Horské počasí však může být i nepříjemné, v létě s bouřkami a v zimě s mlhami a sněhovými vánicemi. Avšak, ne úplně typicky, ale občas, mohou nastat i jevy netypické pro danou roční dobu, například sněžení v létě nebo bouřka v zimě. A taková bouřka s blesky, když turista jede na běžkách po nezalesněném horském hřebenu bez nějakých úkrytů, může být překvapením, někdy i nepříjemným. Zásah bleskem může být nebezpečný i například pro lyžaře na lyžařském vleku. Předložené výsledky ukazují, že zimní bouřka na horách není tak vzácná, jak by se mohlo zdát, a při návštěvě hor v zimě je nutno reálně počítat s možností jejího výskytu.

Klíčová slova: CLIDATA, meteorologická stanice profesionální, nebezpečné jevy



Obr. 1 Počet dní se zimní bouřkou za kalendářní rok aspoň na jedné ze 4 zkoumaných stanic.

Když zamrzne trolejové vedení...

Jan Rybář^{1,2}, Peter Onderčo^{1,2}

¹ Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Strojnická fakulta, Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava, jan.rybar@stuba.sk, xonderco@stuba.sk

² Dopravní podnik Bratislava, a. s., Olejkárska ulice 1, 814 52 Bratislava

1. Úvod do problematiky

Nežádoucí meteorologický jev – námraza – dokáže značně ovlivnit, a dokonce i zastavit tramvajovou/trolejbusovou dopravu ve městech. Zamrznutí a vzniklý led, nejen že zastaví elektrická vozidla, můžou také značně poškodit celou infrastrukturu, namrzání totiž zvyšuje nesenou zátěž celého vedení, které může dosahovat značného počtu jednotek kilogramů. Námraza a vzniknutý led je spojený se zvýšenou hmotností, která se projeví na vedení, což potom ovlivní i kontakt mezi sběračem proudu tramvaje/sběrači proudu trolejbusu a trolejovým vedením. Prevence před vznikem těchto meteorologických jevů je ve vypravování námrazových vozidel. O vypravení takového vozidla se rozhoduje operativně, právě na základě předpovědi počasí (Rybář et al. 2022)

2. Námraza, zamrznutí trolejového vedení a co dál

Když zamrzne trolejové vedení, může dojít k několika problémům, které ovlivní provoz městské hromadné dopravy, konkrétně tramvají nebo trolejbusů. V první řadě dojde k přerušení dodávky elektrické energie. Zamrzlé vedení dokáže přerušit spojení mezi vozidlem a zdrojem elektrické energie, což způsobí výpadek pohonu a dalších elektrických systémů vozidel městské hromadné dopravy, tramvaje a trolejbusy se stanou nepojízdnými. Potom tato vozidla bývají nahrazena, v městské hromadné dopravě nejčastěji náhradní autobusovou dopravou. Dále vlivem přerušení spojení mohou vznikat problémy s řízením a brzděním u tramvají/trolejbusů, zejména pokud vozidlo ztratí přístup k elektrické energii, může se to negativně projevit na jeho schopnosti jej řídit a brzdit, což může ohrozit bezpečnost provozu. Začnou vznikat zpoždění vozidel, zejména při lokálním namrzání určitých traťových úseků. Následné odstranění námrazy/ledu ze zamrzlého trolejového vedení vyžaduje čas a značné úsilí více složek a pracovníků, což potom způsobuje provozní zpoždění a omezení provozu vozidel v dané oblasti. V neposlední řadě může vzniknout vážné riziko poškození trolejového vedení. Zamrzlé vedení bývá náchylnější k poškození, například když se začne odstraňovat námraza nebo led, je potřebné si počínat opatrně. Pokud je celá soustava napájení nadměrně zatížena námrazou, může se poškodit (Dvořák 2017; Kubát et al. 2010; Málek 2020).

Řešení tohoto problému může zahrnovat použití speciálních technik pro odmrazování vedení, například ohřev, nebo mechanické či chemické metody odstraňování ledu. Důležité je provádět pravidelnou údržbu a monitorování trolejového vedení v zimním období, aby se minimalizovalo riziko zamrznutí a předešlo se tak možným problémům v provozu. Taková prevence se realizuje častokrát vypravením námrazových vozidel do sítě městské hromadné dopravy, zejména do rizikových úseků, kde může tento meteorologický jev vznikat (Dvořák 2017; Kubát et al. 2010; Málek 2020; Rybář et al. 2022).

Námraza vzniká obvykle různými mechanismy, zejména: desublimací vzdušné vlhkosti, mrznutím kapek nebo kapiček deště, také mlhy, případně během sněžení. Tento meteorologický jev – námraza – vzniká v situacích, při kterých dochází k namrzání molekul vody na předmětech, tedy i na drátech trolejového vedení. Trolejový drát bývá zespodu opotřebovaný od sběračů, takže je trochu zploštělý a jeho povrch je tedy hrubší, což je dobré místo na přichycování vody a vznik námrazy. V praxi se jedná o přilnutí vody na pevném podkladu. Námraza na trolejovém vedení vzniká z kapalně vody při teplotě pod 0 °C, kdy kapka vody na trolejovém vedení okamžitě zamrzne. Postupným namrzáním na trolejovém vedení roste hmotnost trolejového vedení a následně se zvyšující se vrstvou námrazy narůstá stupeň izolace drátu, který následně znemožní jízdu elektrických drážních vozidel (Dvořák 2017; Kubát et al. 2010; Málek 2020; Rybář et al. 2022).

Námraza vzniká při minimální teplotě 0 °C, často je doprovázená mírným deštěm a mrazem, což je v praxi ta nejhorší možná varianta pro vznik problémů v dopravě. Námrazový jev se vyskytuje nejčastěji v oblačnosti a v teplotním rozsahu od 0 °C do -12 °C, za těchto podmínek namrzne kapka vody prakticky okamžitě. Meteorologická praxe definuje tři typy námrazy: 1. jinovatka, 2. zrnitá námraza a 3. ledovka. Nejvíce komplikovaným typem námrazy je ledovka, která má hladký a průsvitný tvar, tvoří se namrzáním větších kapek vody, což vytvoří souvislou ledovou vrstvu. Ta se vyskytuje v teplotním rozsahu od 0 °C do -10 °C (Dvořák 2017; Rybář et al. 2022).

3. Námrazová vozidla v praxi

Námrazová vozidla (obr. 1, obr. 2) jsou speciální vozidla – tramvaje a trolejbusy, která jsou určena k odstraňování námrazy a ledu z trolejového vedení. Jejich hlavním účelem je udržovat trolejové vedení v provozuschopném stavu v zimních podmínkách a minimalizovat přerušení provozu tramvají nebo trolejbusů způsobených námrazou a ledem.

Hlavní funkce námrazových vozidel v praxi spočívá:

- v odmrazování vedení, kdy námrazová vozidla jsou vybavena mechanismy pro odstraňování námrazy a ledu z trolejového vedení. Mohou používat různé metody, jako je ohřev, mechanické odstranění nebo aplikace chemikálií, které pomáhají rozmrazit a odstranit led,
- v preventivní údržbě, kdy vlivem jízdy některá námrazová vozidla mohou provádět i preventivní údržbu trolejového vedení, například aplikací protinámrazových látek nebo pravidelným čištěním vedení, resp. trolejového drátu od tvorby námrazy a ledu,
- v monitorování stavu vedení, tedy některá námrazová vozidla jsou vybavena senzory nebo kamerami, které umožňují monitorovat stav trolejového vedení a identifikovat oblasti s námrazou nebo ledem,
- v zajištění plynulého provozu, který je hlavním cílem námrazových vozidel – zajistit plynulý provoz tramvají nebo trolejbusů i za nepříznivých povětrnostních podmínek. Prostřednictvím námrazových vozidel lze minimalizovat výpadky provozu a zlepšit bezpečnost a spolehlivost dopravy v zimních obdobích. V praxi tato vozidla jezdí nejčastěji v noci a zabezpečují uvedené funkce (Málek 2020; Rybář et al. 2022).



Obr. 1 Setkání tramvaje 30T s evidenčním číslem 7526 a trolejbusu 14Tr s evidenčním číslem 8145 na námrazovce v noční Bratislavě. Zdroj: J. Rybář.



Obr. 2. Setkání řidičů námrazových vozidel v noční Bratislavě – řidič tramvaje Peter Onderčo a řidič trolejbusu Jan Rybář. Zdroj: J. Rybář.

4. Diskuse a závěr

Tento konferenční příspěvek má za cíl přiblížit, co se děje, když zamrzne trolejové vedení – námraza potažmo zamrznuté trolejové vedení. To vede k řadě problémů, které ovlivní provoz městské hromadné dopravy. Jak se takovému meteorologickému jevu předchází a jak v zimním období dopravní podniky s tramvajovou/trolejbusovou dopravou přistupují k zabezpečení provozu městské hromadné dopravy, co všechno musí řešit. V daném okamžiku sledujeme mnoho veličin (Chudý et al. 1999, Kelemenová a Dovica 2016), které se projevují při usazování přechlazených částic a vodních kapek na trolejovém vedení při proudění vzduchu, v mlze, dešti nebo při mokřím sněhu (Tabačková 2014). Když potom zamrzne trolejové vedení, dokáže to zkomplikovat život cestujících veřejnosti, ale také pracovníkům dopravního podniku obecně. Více na přednášce na téma „Když zamrzne trolejové vedení...“.

Může to potom dopadnout například takto: „V Bratislavě jsou od 4:00 hod. problémy, nejezdí městská hromadná doprava (tramvaje a trolejbusy) v důsledku silné námrazy na trolejovém vedení. Cestujícím se doporučuje použít náhradní autobusovou dopravu. Provoz linky číslo 1 začal postupně od 6:40 hod. v omezeném rozsahu – nejezdí se na Hlavní nádraží, linka číslo 7 zatím nejezdí vůbec. V úseku Blumentál – Hlavní nádraží by měl být nasazen náhradní autobus linky číslo X1. S přibývajícím hodinami se situace v dopravě bude už zlepšovat, jelikož teploty budou na západě stoupat nad nulu, a náledí tak dopoledne povolí. (...)“ (Salayová 2024).

Literatura:

- DVOŘÁK, P., 2017. Letecká meteorologie 2017. Vydání první. Cheb: Svět křídel, 2017. 456 s. ISBN 978-80-7573-014-5.
- CHUDÝ, V., PALENČÁR, R., KUREKOVÁ, E., HALAJ, M., 1999. Meranie technických veličín. Bratislava: STU v Bratislave. 688 s. ISBN 80-227-1275-2.

KELEMENOVÁ, T., DOVICA, M., 2016. Kalibrácia meradiel. 1. vydanie. Košice: Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta. Edícia vedeckej a odbornej literatúry. 232 s. ISBN 978-80-553-3069-3.

KUBÁT, B. et al., 2010. Městská a příměstská kolejová doprava. Vyd. 1. Praha: Wolters Kluwer Česká republika. 347 s. ISBN 978-80-7357-539-7.

MÁLEK, J., 2020. Experimentální výzkum směsí proti tvorbě námrazy trolejových vedení. Brno. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124839>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí práce Radovan Galas.

RYBÁŘ, J., ZÁHOREC, M., GROSINGER, P., VINCZE, A., FIŤKA, I., 2022. Námrazovka. In: *Jizerka 2022: sborník příspěvků z meteorologické konference*. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, s. 74–76. ISBN 978-80-7653-034-8.

SALAYOVÁ, V., 2024. Pozor, cesty sú ako ľad. Západ pokryl mrznúci dážď. V Bratislave nepremávajú električky. MediaAd, s.r.o. – iMeteo.sk, © 2007–2024. [cit. 2024-02-21]. Dostupné z: <https://www.imeteo.sk/spravy/pozor-cesty-su-ako-lad-zapad-pokryl-mrznuci-dazd-v-bratislave-nepremavaju-elektricky>.

TABAČKOVÁ, M., 2014. Meranie rýchlosti a smeru vetra v leteckej meteorológii. Košice. 67 s. Diplomová práca. Technická univerzita v Košiciach, Letecká fakulta.

Klíčová slova: námraza, městská hromadná doprava, tramvaj, trolejbus, trolejové vedení

Poděkování: Autoři příspěvku děkují Ústavu automatizace, informatizace a měření ze Strojnické fakulty Slovenské technické univerzity v Bratislavě za podporu při přípravě tohoto konferenčního příspěvku, poděkování patří také Dopravnímu podniku Bratislava, a. s. za jejich podporu řešit tuto problematiku.

III. Problematika měření na horách – horské stanice a meteorologické jevy

70 let civilní synoptické stanice na Lysé hoře

Otakar Šlofar, Milan Čermák, Radek Křenek, Marek Brosch

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

1. Úvod

Současná budova meteorologické stanice na Lysé hoře se začala stavět v roce 1953 a dokončená a předána do provozu byla v roce 1954. Letos (2024) je to 70 let nepřetržitého provozu. K tomuto výročí si kolektiv současných pozorovatelů z Lysé hory připravil velice stručný přehled zajímavých událostí z provozu meteorologické stanice, který čerpal z podrobně psaných předávacích knih, kroniky a záznamů.

Než se k přehledu dostaneme, tak aspoň trošku z historie ještě před stavbou současné budovy.

2. Trocha historie z Lysé hory

- V roce 1880 byla na Lysé hoře postavena úplně první primitivní dřevěná stavba na počest prvního výstupu arcivévody Albrechta Habsburského.
- 1893 započala výstavba Albrechtovy chaty klubem německých turistů a otevřena byla v roce 1895.
- 15. července 1897 počátek meteorologických pozorování na Lysé hoře. První pozorovatelé byli postupně nájemci Albrechtovy chaty.
- 1935 zahájena stavba Bezručovy chaty.
- Leden 1942 poslední záznam meteorologických pozorování na Slezském domě (Albrechtova chata).
- 23. 8. až 31. 12. 1944 prováděli meteorologická pozorování na Lysé hoře vojáci Wehrmachtu, kteří obsluhovali zesilovačku rádiového spojení.
- Koncem května 1946 byla vybudována vojáky československé armády vojenská letecká meteorologická stanice obsazením a vybavením srubu na vrcholu po německých vojácích. V hodinových, v noci v tříhodinových intervalech, byly morseovkou předávány zprávy o počasí vojenskému ústředí. Tím vojáci zahájili synoptická měření a ta trvají dodnes.
- Květen 1953 zahájena stavba nové zděné budovy, kterou vojáci po dokončení v roce 1954 předali do užívání nově vzniklému Hydrometeorologickému ústavu.



Obr. 1 Letecký pohled na vrchol Lysé hory v 60. letech 20. století.

Zdroj: archiv Meteorologické stanice (MS) Lysá hora.

3. Přehled událostí z provozu

- 6. října 1954 začalo v nové budově pravidelné pozorování, které trvá bez přerušení do dnes.
- 1954 založení Horské služby na Lysé hoře.
- 1955–1957 stanice postupně vybavena tehdejšími nejmodernějšími přístroji.
- 21. května 1964 v odpoledních hodinách v husté mlze těsně pod vrcholem Malchoru havarovalo vojenské letadlo MIG, pilot nepřežil.
- Od 1. ledna 1970 se zavádí nepřetržitý provoz stanice a na stanici slouží 5 pozorovatelů.
- 1970–1973 stavba asfaltové komunikace na Lysou horu kvůli plánované stavbě televizního vysílače.
- 28. prosince 1972 vyhořela do základů bývalá německá turistická chata Slezský dům.

- 1974 zahájena stavba nové budovy HS, dokončená v roce 1976.
- 24. června 1974 se mimo službu v dřevěné boudě u stanice zastřelil služební pistolí náš kolega Karel Vašek, od té doby na stanici straší.
- 1977 přístavba garáže a likvidace dřevěné kůlny v rohu zahrady.
- 11. března 1978 vyhořela do základů Bezručova chata. Personál chaty našel útočiště na naší stanici.
- V roce 1979 byla provedena přestavba bývalého chlěva a seníku vedle vyhořelé Bezručovy chaty na provizorní bufet. Slavná éra Šantánu mohla začít.
- Od podzimu 1979 byla naše stanice přeřazena pod pobočku ČHMÚ Ostrava-Poruba a vedoucím staniční sítě se stal Josef Pitner.
- V roce 1980 byl dokončen televizní vysílač.
- Prosinec 1980 byla stanice vybavena novým nábytkem
- V roce 1981 stanice vybavena novým vyhřívaným anemografem. Téhož roku byla vyměněna okna a vchodové dveře na verandě budovy za nové a dokonalejší.
- 18. prosince 1981 silný nárazový vítr zlomil kovový anténní stožár u garáže. Obalený silnou námrazou praskl jako sirka.
- 20. srpna 1982 přímý úder blesku do budovy stanice. Vše spáleno i vysílač.
- 12. října 1982 instalována distanční stanice. Ta umožňuje odečet teploty a vlhkosti vzduchu na displeji v pozorovatelně MS. První vlašťovka k měření elektronickými čidly.
- Od 1. ledna 1983 jsme vybaveni osobními radiostanicemi VXW 100. Jsou ale příliš objemné a i dost těžké. Jejich nošení do a ze služby bude spojeno s obtížemi. Ale za pocit jistoty, že nikdo z nás nemůže „zhynout“, se případné obtíže s jejich nošením nějak překonají.
- 22. ledna 1983 zlomil silný nárazový vítr spolu s námrazou anténní stožár u budky čistoty ovzduší.
- V srpnu 1983 provedena výměna všech velkých oken v přízemí budovy.
- 6. února 1984 jsme si za vlastní peníze zakoupili elektrický kávomlýnek.
- 4. prosince 1984 byla mechaniky z Ostravy instalována na volném stožáru u vrátek starodávna větrná korouhev. Pro vlastní měření nemá význam, ale je to pěkné.



*Obr. 2 V březnu 2005 byly na stanici naposledy změřeny rovné 3 m celkové sněhové pokrývky.
Foto: archiv MS Lysá hora.*

- V červnu 1985 instalována distanční stanice pro měření rychlosti a směru větru.
- V neděli 2. března 1986 odpoledne se na severozápadním úbočí Lysé hory utrhla lavina se dvěma běžkaři a jejich psem. Všichni vyvázli bez zranění, jen pan Kubica pozbyl běžky.
- V červnu 1986 byla provedena rekonstrukce ústředního topení. Instalován nový kotel a všechny radiátory.
- V srpnu 1987 provedena výměna oken v pozorovatelně.
- 2. června 1988 na Lysé hoře silná bouřka. Při předávání zprávy telefonem dostal Ladislav Hrtoň silnou ránu do pravého ucha. Ucho bolí a telefon nejde.
- V srpnu 1988 bylo provedeno nové pokrytí střechy nad služebnou. 24. prosince 1988 na Lysé hoře silná bouřka se sněžením. Blesk spálil všechny pojistky a jističe. Provedena provizorní oprava, službu měl Jaroslav Chalupa, který od té doby neuznává slogan: „Vánoce svátky klidu“.
- 23. ledna 1990 do provozu uveden dálkopis pro předávání zpráv do Prahy-Komořany.
- 1. října 1990 přechází MS Lysá hora do Odboru profesionální staniční sítě, jehož vedoucím byl jmenován Antonín Chalupský.
- 1991 zkušební provoz PC ESCOM s programem METEOBSERVER.
- 16. září 1991 instalována kamera ČSAV Ondřejov.
- 1993 zprovozněn elektrický kotel na ústřední topení, generální oprava oplocení MS. Kotel na koks s obrovskou zásobou koksu ponechán jako záložní.
- 1. února 1996 instalace automatického větroměrného čidla na střeše budovy, výstup na displej a monitor PC.
- Duben 1997 zakoupeny nové osobní radiostanice pro větší bezpečnost při cestě do služby a zpět. Jsou značně lehčí a menší než stávající.
- 1998 rekonstrukce střechy pozorovatelny – nová měděná krytina.
- 11. června 1998 proběhla instalace automatizované meteorologické stanice a byl zahájen provoz v programu MONITWIN.
- 1999 rekonstrukce zbytku střechy na budově – nová měděná krytina.
- 16. dubna 2000 paraglaidista startující z vrcholu Lysé hory při poryvu větru přerazil trámek plotu a několik latěk. Bude to mít drahé.
- 28. června 2001 dovezen nový křovinořez. Téhož dne se na stanici zaběhla ovečka, kterou jsme pojmenovali Baruška. Ubytovali jsme ji jako ekologickou sekačku do doby, než na ní dostaneme chuť.
- 6. října 2001 při pěším výstupu na Lysou horu do služby v oblasti značkováného chodníku k Ivančeně se setkal Ota Šlofar s medvědem. Pro případ napadení měl připraven plán hodit šelmě batoh s anglickou slaninou a došlou poštou ČHMÚ. Vše dopadlo dobře a nahoru dorazil s čistým spodním prádlem. Možná.
- 26. října 2001 ekologická sekačka ovečka Baruška dosekala a následně byla sežrána.
- 2003 instalace čističky odpadních vod.
- 2004 výměna oken na stanici, položení nové dlažby v chodbách stanice, dřevěné obklady chodeb a stěn v obou ložnicích.
- 2006 nové opláštění budovy stanice včetně zateplení.
- 17. listopadu 2006 instalace dřevěného kříže pod vrcholem Lysé hory na červené turistické trase k uctění památky obětem Lysé hory.
- 21. června 2007 večer silná frontální bouřka na stanici. M. Čermák napočítal 5 bleskových výbojů přímo do stanice. Hned při prvním, 5 minut před zprávou odešlo komplet elektronické měření, shořel hlavní PC a přestalo fungovat i telefonické spojení. Zpráva předána osobním mobilním telefonem. Byl to mazec, připadal jsem si jako na střelnici.
- 2009 oprava střechy vložením silných měděných pásků aby se měděný plech při silném větru nevlínil.



Obr. 3 Výrazná ledovka na vrcholu Lysé hory dne 13. března 2012.
Foto: archiv MS Lysá hora.

- 27. července 2010 instalace a uvedení do provozu 3 webových kamer ČHMÚ. Téhož, roku byla vyrobena a postavena vyvýšená rampa pro srážkoměry a ceilometr z důvody vysoké sněhové pokrývky v zimě.
- Od 1. ledna 2011 přechod stanice na kombinovaný provoz, počet pracovníků snížen z 5 na 4.
- V roce 2011 provedeny vrtvy a instalace tepelného čerpadla.
- V roce 2012 provedeny stavební úpravy pro instalaci nového dieselelektrického agregátu, který byl v září uveden do provozu.
- 26. února 2015 vypadly dveře na ochoz. Jardovi Chalupovi nezbyvalo nic jiného, než je provizorně opravit, jinak by mu hrozilo umrznutí.
- 31. března 2016 přestala fungovat lednička. Byla pořízena v roce 1984, takže za 32 let toho má už dost za sebou.
- Září 2016 instalace výstavky historických meteorologických přístrojů ve vstupní chodbě budovy.
- V roce 2017 instalace nádrže na dešťovou vodu, téhož roku přestavba uhelny na technickou místnost, do níž byly přemístěny ústředny a zařízení AMS.
- Od listopadu až do vánoc 2017 kompletní rekonstrukce elektroinstalace budovy. Stihli jsme to i s malováním vše do vánoc, ale ten bordel bych už zažít nechtěl.
- V roce 2022 kompletní rekonstrukce ústředního topení z důvodu prasklého starého potrubí někde v podlaze.



Obr. 4 Návštěva klimatologů z Nigerie na meteorologické stanici Lysá hora 5. října 2017. Foto: archiv MS Lysá hora.

4. Závěr

Těch událostí za 70 let bylo daleko víc, snažili jsme se vybrat spíše ty ne moc technické a hlavně trochu k pobavení. Ale že služba na Lysé hoře není zdaleka pohodová, může doložit vzpomínka bývalého pozorovatel Vladimíra Ondrucha st. na „Málem poslední výstup“ ze 17. března 1962.

Cítuji: „Mám taky zážitek na jeden zimní výstup. Napadlo velké množství čerstvého sněhu a pořád sněžilo. Už v Ostravici po vystoupení z vlaku bylo sněhu po kotníky. S přibývajícimi nastoupanými metry začalo sněhu přibývat nejprve po kolena a postupně místy po pás. Po chodníku ani tuchy, a k tomu ještě mlha a silný nárazovitý vítr. Bylo to několikahodinové bloudění a trápení se v hlubokém sněhu. Pod vrcholem kopce jsem se vyčerpáním zastavil u stromu a chtěl si odpočinout. Měl jsem u sebe lístek od autobusu a na ten jsem napsal krátké rozloučení se svou rodinou. Velké štěstí bylo, že sloužící kolega Láďa Hrtoň se mne vydal hledat a po nějaké době mne našel a pomohl mi dojít nahoru. V zimě trvá výstup okolo dvou hodin, ale ten můj se protáhl až na osm a půl hodiny. Nebýt pomoci kolegy asi bych vůbec nedošel.“

Dá se říct, že každý, kdo sloužil a slouží na Lysé hoře, si zažil hodně těžký zimní výstup do služby a určitě ne jeden, já osobně jsem se hodně trápil 2×, z toho jednou jsem musel některé úseky překonávat jako voják plížením, protože chůze přes pětimetrové závěje byla nemožná. Ale vždy jsme došli a k naší práci to prostě patří a máme ji rádi.

Problematika merania vo vyšších horských polohách z hľadiska historických údajov meteorologickej stanice Lomnický štít

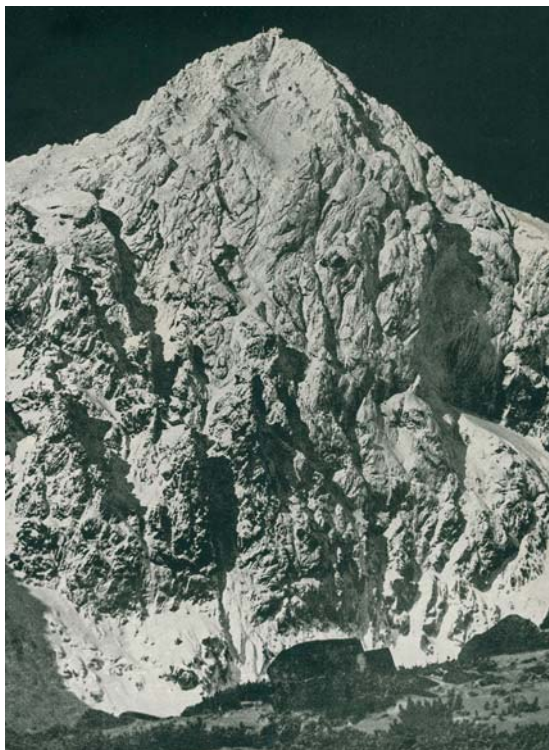
Rastislav Mačura

Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, macura.rasto@gmail.com

1. Prvé historické zmienky o výstupe na Lomnický štít a počiatky meteorologických pozorovaní v Tatrách.

Moto: „Dejiny sú svedkami času, svetlom pravdy, živou pamäťou, učiteľkou života a poslom minulosti.“ Marcus Tullius Cicero

V roku 1615 podnikol **David Fröhlich** (1595–1648) ako študent kežmarského lýcea s kolegami prvý písomne zaznamenaný výstup na jeden z vrcholov v údolí Zeleného plesa a to Lomnický alebo Kežmarský štít vo Vysokých Tatrách. Tento výstup spojil s pozorovaniami, ktoré neskôr opísal v geografickom diele. Priniesol poznatky o výške oblakov a už pred fyzikmi Torricellim a Pascalom poukázal na vzťah tlaku vzduchu a nadmorskej výšky. Jeho postrehy prebral geograf Bernhard Varenius vo svojom diele „Geographia generalis“ z roku 1650. Fröhlich o svojom tatranskom výstupe napísal: „Pri výstupe ma obklopila veľmi hustá hmla. No keď som sa blížil ku končiaru, bol som už len v bielych kopovitých mrakoch a v nich sa mi zrazu otvorilo okno, ktorým bolo vidieť na niekoľko míľ, až za hranice Spiša. Ovzdušie na najvyššom štíte bolo také pokojné a mierne, že sa mi nepohol ani vlas na hlave, hoci na nepomerne nižších vrchoch som musel zápasiť s citeľnými prúdmi. Z toho som usúdil, že najvyšší končiar tohto karpatského vrchu meria od úpätia asi jednu míľu, čiže siaha do najvyššej sféry ovzdušia, kde sa už nedostáva vietor.“ Ako polyhistor začal vydávať kalendáre a prvý mu vyšiel v roku 1622 pod názvom „Diarium Oder Newer auch Alter Schreibencalender“ a bol venovaný Spišskej župe. Kalendáre obsahovali predpovede počasia, astronomické, zemepisné a historické údaje. Vydával tiež kalendáre v slovakizovanej češtine v štyroch vydaniach. Kalendár na rok 1640, vydaný v Levoči pod názvom „Nowy a Starý Kalendarz Na Rok po Narození Krysta 1640“ obsahuje dobové názvy a termíny z oblasti meteorológie ako predpovede počasia. Poveternostné javy sa označujú ako „Sněhowé powětrí, gasno (jasno), posmaurný (pochmúrny), wlhke počasy, studeny wjtr, powětrno, bauřka (búrka), wětry, wlhko, desst, prjwal (príval) sn-jěh“, mrazy. Za jeho činnosť mu cisár Ferdinand III. v roku 1640 udelil titul „cisársky a kráľovský matematik a praktický astronóm v kráľovstve Uhorskom“ spojený s rentou. Fröhlich vykonával tiež astronomické pozorovania a v kalendári z roka 1627 poukázal v súvislosti s meteorologickými predpoveďami na potrebu prijatia poznatkov Kopernika o pohybe planét. Teórie korešpondujúce so zisteniami M. Kopernika, G. Bruna a G. Gallileiho vyjadril Fröhlich v astronomickom diele „Anatome revolutionibus mundanae“ (Náčrt o pohybe sveta), ktoré vyšlo v roku 1632 v Levoči. V diele zhrnul 14 vedeckých a teologických argumentov o guľatosti Zeme a vyjadril tiež myšlienku o magnetizme Zeme, pričom vychádzal z experimentov učenca Petra Peregrina a diela Williama Gilberta „O magnetē“ z roku 1601. **Juraj Buchholtz, starší** (1643–1724) bol evanjelický kňaz, horolezec a notár, ktorý zverejnil prvý známy opis horolezeckého výstupu na Slavkovský štít. V rukopise „Das weit und breit Erschollene Ziepsers – Schnee – Gebürg“ (Široko-ďaleko známe spišské Snehové hory) z roku 1719 popisuje výstup na Slavkovský štít v roku 1664, keď bol študentom v Matejovciach: „Pri výstupe na štít sme sa päť – šesťkrát ocitli v oblakoch, obklopení úplnou tmou a zmizlo nám slnko. (...) Medzitým sa však celkom vyjasnilo a tak sme pri bezoblačnom a čistom počasí videli celý Spiš, mestá, mestečká aj obce a veľký kus Poľska i Uhorska.“ Jeho syn, **Juraj Buchholtz**



Obr. 1 Lomnický štít, Antonín Mrkos, 1949.

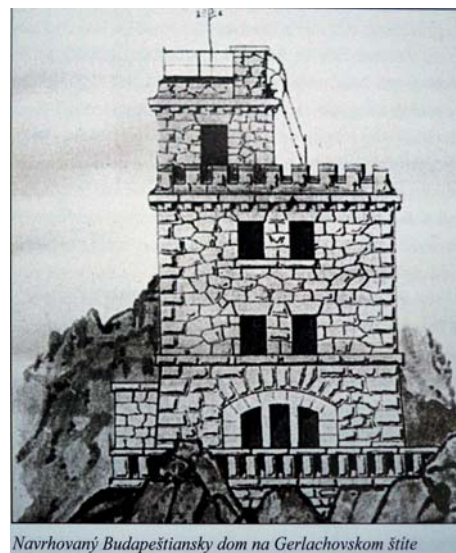
(1688–1737), bol polyhistor a astronóm, ktorý pôsobil na evanjelickom lýceu v Kežmarku. Ako prvý nakreslil panorámu Vysokých Tatier, bol členom vedeckých spoločností vo Vroclave a Lipsku. So svojimi študentmi sa vybral v roku 1724 do Belianskych Tatier k Zelenému plesu pod Kežmarským a Lomnickým štítom. Túto vysokohorskú túru opísal v „Relation von der Carpathischen Reise“ v Annales physico-medicorum, Breslau roku 1725. Publikoval v rokoch 1723–1726 vo Vroclavských análoch „Sammlung von Natur und Medizin – wie auch hierzu gehörigen Kunst und Literatur – Geschichten“ svoje meteorologické pozorovania na základe denných zápisov. Napísal štúdiu o charaktere vetrov vo Vysokých Tatrách. Buchholtz sa venoval aj astronómii, kde v análoch napísal, že 1. marca a 14. júna 1726 bolo v Kežmarku vidieť dve slnká, a dňa 29. januára 1724 bolo na celom Spiši zemetrasenie s dvoma otrasmi. V roku 1725 skúšal prvé výškové merania vo Vysokých Tatrách, ale ich výsledky sa nezachovali. Buchholtz je autorom prvej známej panorámy Tatier, pohľadom od Veľkej Lomnice z roku 1717 s legendou, pričom jeho terminológia 28 štítov sa dodnes zachovala a ako prvý zaviedol názov Lomnický štít. A v roku 1793 anglický prírodovedec **Robert Townson** prisúdil v Tatrách výškové prvenstvo Lomnickému štítu, keď za pomoci barometra na jeho vrchole nameral 2880 yardov, t.j. 2 634 metrov, čo zodpovedá výsledku najnovších meraní: 2 633,9 metrov, pričom podľa satelitných meraní STU klesajú Tatry o milimeter ročne.

2. Zriadenie meteorologickej vysokohorskej stanice v rámci Štátneho hydrologického a meteorologického ústavu na Lomnickom štíte v roku 1940

Moto: „Meteorologové jsou částečně vědci a částečně básníci. Obdivují pestrost a krásu počasí, vzrušeně prožívají jeho vrtochy a radují se ze splněných svých předpovědí.“ Karel Krška, Ferdinand Šamaj

Od roku 1882 boli snahy uhorských učencov vybudovať vo Vysokých Tatrách meteorologické observatórium a Maďarská geografická spoločnosť v roku 1900 začala zbierku na vybudovanie meteorologického observatória na Slavkovskom štíte (2452 m), pričom sa vyzbierala štvrtina sumy. Podporovateľom snahy bol **Kabos Hegyfoky** (1847–1919) rímskokatolícky kňaz a meteorológ, ktorého v časopise Turisták lapja podporil aj **Edmund Téry**. Meteorológ Hegyfoky vykonal na vrchole Slavkovského štítu v lete 1895 testy a zistil, že je vhodný pre observatórium, o čom informoval na valnom zhromaždení Maďarskej spoločnosti prírodných vied. Pre stavbu observatória sa spočiatku vyslovil aj gróf **Miklós Konkoly-Thege**, riaditeľ Kráľovského maďarského národného inštitútu pre meteorológiu a geomagnetizmus. Konkoly-Thege zverejnil v časopise Turisták lapja v roku 1895 aj list kolegu Hanna z Viedne, ktorý vítal zriadenie stanice: „Veľmi ma potešila správa, že máte vo Vysokých Tatrách v úmysle zriadiť horskú pozorovateľňu. Najväčšou hodnotou zriadenia tejto stanice bude to, že môžeme konečne študovať fyzikálne podmienky vysokých vrstiev vzduchu a tiež to zvýši hodnotu pozorovania ostatných vrcholových staníc, ako sú stanice Sonnblick a Santis, a to ovzdušia, tlakové podmienky, zmeny teploty atď., ako môžeme sledovať od Pic du Midi až po Vysoké Tatry, kde budete mať k dispozícii observatórium na východnej hranici...“. Uhorský karpatský spolok – Karpatenverein zase v lete 1922 spustil kampaň na vybudovanie hvezdárne na Gerlachu (2 655 m n. m.). Súčasne zaznela kritika, keďže z alpského hľadiska zriadenie observatória a lanovky na vrchole Gerlachu by znamenalo, že tento vrchol by bol pre horolezcov stratený. Pre výstavbu na Gerlachu vznikli aj plány meteorologického observatória v roku 1922, ktoré by fungovalo aj ako turistický dom s plochou 10x15 metrov a na budove mal byť 10 metrová pozorovacia veža. Súčasťou bol aj podrobný rozpočet na 11 až 13 miliónov československých korún a tiež na budovu lanovky v sume 2 milióny. Iniciatíva neskôr upadla, no ešte v apríli 1924 československé ministerstvo národnej obrany chcelo na Gerlachu zriadiť pozorovateľňu. Medzitým na poľskej strane Tatier, na vrchole Kasprovom vrchu (1987 m n. m.) v roku 1938 bolo postavené meteorologické a astronomické observatórium, na ktoré vedie lanovka zo Zakopaného. Až meteorologické memorandum z **11. januára 1935**

o potrebe umiestniť v budove vrcholovej stanice lanovej dráhy meteorologické observatórium umožnilo dosiahnuť od nápadu k realizácii pri výstavbe visutej lanovej dráhy Skalnate pleso – Lomnický štít. Pri založení meteorologického observatória Lomnický štít prispelo viacero osobností meteorológie a klimatológie v Československu, ako prof. Alois Gregor, prof. Rudolf Schneider, dr. Gustav Swoboda, prof. Ferdinand Vitásek, prof. Mikuláš Konček a dr. Štefan Petrovič. Najvýznamnejšie sa však vznik a chod observatória spája s meteorológom a astronómom dr. **Antonínom Bečvářom**, ktorý inicioval stavbu štátnej hvezdárne na Skalnatom Plese. Samotná stavba budovy s lanovkou, ktorej projektantom bol architekt **Dušan Jurkovič**, začala v roku 1938 a bola dokončená v lete 1940, čo umožnilo inštaláciu prístrojového vybavenia observatória a **1. októbra 1940** začala meteorologická stanica pozorovateľskú činnosť v rotunde na streche budovy. Z roku 1940 sa dochoval Bečvářov popis jeho funkcií a poverení, keď mal na starosti viacero pracovísk: budovanie štátneho observatória na Skalnatom plese, ktoré bolo dokončené v roku 1941, ďalej prevádzkovanie a odborné vedenie vojenských meteorologických pracovísk na Lomnickom štíte a na Skalnatom plese, verejnú meteorologickú stanicu v Tatranskej Lomnici, Vyšných Hágoch a štátnu meteorologickú stanicu



Navrhovaný Budapeštiansky dom na Gerlachovskom štíte

Obr. 2 Gerlachfalvi, meteostanica, 1909.

na Štrbskom plese a to s údajmi odosielanými pre Štátny ústav hydrologický a meteorologický v Bratislave, pričom sám prebýval do dokončenia observatória v hoteli Kriváň na Štrbskom plese: „Antonín Bečvář, narodený dňa 10. júna 1901 v Staré Boleslavi v Čechách, doktor prírodných vied, vedecký správca Slovenského štátneho observatória, správca štátneho meteorologického observatória na Lomnickom štíte, klimatológ slovenských štátnych kúpeľov (Štrbské pleso), člen Českej astronomickej spoločnosti, člen Société astronomique de France, poverený suplovaním prednášok z astrofyziky. Byt: Štrbské pleso, Hotel Kriváň 47“. Od roku 1941 bol súčasťou observatória na Skalnatom plese aj riaditeľský byt s miestnosťou pre kuchárku a klavírne krídlo v spoločenskej miestnosti. V liste A. Bečvářa zo 7. marca 1942 adresovaného Robotníckej sociálnej poisťovni, ktorá v tom období prevádzkovala zotavovňu Vyšné Hágy, sa hovorí o tom, že po predchádzajúcej dohode umiestnia meteorologickú stanicu tak, aby bolo možné začať pravidelné merania. Vo februári roku 1942 im totiž vo Vyšných Hágoch firma Palencsár inštalovala novú budku, ktorá tiež dodala nové meteorologické budky na meteorologické stanice Lomnický štít a Skalnaté pleso. Plány búdok firme Palencsár dodal Štátny hydrologický a meteorologický ústav. Dr. Bečvář nabádal prevádzkovateľa z Hágov, že v ich záujme rovnako ako slovenskej meteorológie a lekárskej klimatológie je, aby sa čím skôr začali pravidelné pozorovania. Pre novú meteorologickú stanicu mali dodať prístroje z meteorologického ústavu a pre prácu pozorovateľa navrhoval mesačnú odmenu vo výške 200 korún slovenských s tým, že meteorologický ústav externým pozorovateľom v tom čase dával len ročnú sumu vo výške 200 korún slovenských. Rovnako im Bečvář navrhol, aby si zotavovňa objednala anemograf s umiestnením na hornom deviatom poschodí budovy. Po začatí meteorologických pozorovaní tak vznikla v roku 1942 sieť tatranských meteorologických staníc od Štrbského plesa po Tatranskú Lomnicu až po Lomnický štít. V roku 1937 v rámci československého Štátneho meteorologického ústavu z Prahy pri dodávke prístrojov pre Antonína Bečvářa a meteorologickú stanicu na Štrbskom plese išlo o jeden aktinometer „Arago Davy“ a dva teplomery – „čierny“ a „lesklý“ značky „Fuess“ s držiakmi. Stanica bola vtedy umiestnená pri Hoteli Kriváň. Ale prvé meteorologické merania pod Lomnickým štítom vykonával Dr. Bečvář už v **lete 1939** v budove lanovej dráhy v nadmorskej výške 1769 metrov na úrovni plesa, kde neskôr vznikla budova observatória Skalnaté pleso a od roku 1943 v budove Astronomického observatória prebiehali meteorologické pozorovania v nadmorskej výške 1783 metrov. Na Skalnatom plese a Lomnickom štíte vznikali aj fotografické zábery dr. Bečvářa pre jeho publikovaný Atlas horských mrakov roku 1953, ktorý vznikol tri roky predtým, než Svetová meteorologická organizácia tieto oblaky vôbec klasifikovala a pracoval na ňom trinásť rokov. Už ako aktívny pozorovateľ v roku 1942 pre ŠMU – Štátny hydrologický a meteorologický ústav v Bratislave v júni 1942 posielal dr. Bečvář z dôvodu registrácie tatranskej víchrice zo septembra 1941 tieto originálne registračné pásky: Dines (anemograf), Fuess (teplomery), mikrobargraf, barograf, termograf, hygrogaf, ombrogaf zo Štrbského plesa a zo Skalnatého plesa pásky anemografu Dines. Ide o prístrojové vybavenie, ktoré sa od pôsobenia klimatológa na Štrbskom plese pre dr. Bečvářa vylepšili vybavením aj počtom meteorologických staníc. Na stanici Lomnický štít boli prvými pozorovateľmi vojenský meteorológovia z poľného vojenského letiska v Spišskej Novej Vsi ako Jozef Uhlár a Štefan Olejník. Po povstaní okrem vojakov slovenskej armády tu pôsobili aj príslušníci Luftwaffe na pracovisku vojenskej leteckej stanice. V dokumente z 1. decembra 1943 mala meteorologická stanica označenie: „Vojenská letecká poveternostná stanica 17 – Skalnaté Pleso“. V **januári 1945** bola pred frontom nariadená evakuácia personálu a meracie prístroje boli odoslané do Bratislavy. Dr. Bečvář sa počas návštevy jednotky wehrmachtu so zoznamom evakuovaných položiek snažil odhovoriť ich od zámeru odvozu optiky a meracích prístrojov zo Skalnatého plesa a Lomnického štítu, čo sa mu podarilo pre observatórium Skalnaté pleso: „Nie je ľahká vec prehovoriť nemeckých dôstojníkov, aby urobili niečo iné, ako stojí v rozkaze... Nuž, skončilo sa to všetko tak, že uznali absurdnosť svojho úmyslu, sľúbili podať svojmu veliteľstvu správu o ťažkej realizácii tejto úlohy a počkať s evakuáciou do nového rozkazu. Nič viac som od nich nechcel,“ zapísal si vtedy Antonín Bečvář. Nakoniec po zničení strojovne lanovky a prerušení elektrického vedenia v Tatranskej Lomnici v januári 1945 boli pozorovania obmedzené do konca roku 1946 a činnosť observatória bola obnovená až **1. januára 1947**. Observatórium v čase uvedenia do činnosti roku 1940 malo meteorologické prístroje od firmy Rudolf Fuess, ďalej anemograf typu Fuess pre vysokohorské stanice, anemograf typu Dines, mikrobargraf Tycos, aktinometer Michelson-Marten, aktinograf Robitzscha, váhový ombrogaf Fuess, slnkomer Campbell-Stokes, slnkomer Stade-Becker a katateplomer a tiež meranie výparu. Od roku 1947 sa posunul klimatologický termín merania z pôvodnej 38. na 39. minútu. Od júla 1946 sa meteorologická stanica Lomnický štít nazývala „Štátne meteorologické observatórium Skalnaté Pleso“ so správcom dr. Bečvářom. Správcom observatória od septembra 1950 až do júna 1952 sa stáva A. Mrkos.

3. Meteorologické podmienky a rekordy stanice Lomnický štít

Moto: „Meteorologové usmířeni s přírodou odnášeli si blahý pocit vděčnosti, že se podařilo postavit observatoř na pravém místě, ve strojovně povětrí. Těmito observatoři se věru můžeme pochlubit před celým světem.“ Meteorologické zprávy. 1947, č. 6, str. 151

Vrcholová poloha meteorologického observatória na Lomnickom štíte umožňuje zaznamenávať podmienky voľnej atmosféry ako je oblačnosť ležiaca pod úrovňou stanice s prítomnosťou inverzného rozhrania, intenzitu búrkovej činnosti, hmly pri prechode atmosférických frontov, výskyt mrznúcej hmly a silnej námrazy. S tým súvisí aj sneženie vyskytujúce sa v priebehu celého roka, vyššie ročné úhrny slnečného svitu a hlavne cezhraničný prehľad o oblačnosti nad štyrmi susednými štátmi, pri dobrej dohľadnosti aj 250 kilometrov. Klimatologicky je vrcholová poloha Lomnického štítu prí-

Tab. 1 Extrémy vybraných meteorologických charakteristik pre meteorologickú stanicu Lomnický štít za obdobie od 1.10.1940 (v niektorých prípadoch od 1.1.1951) do 25.10.2020 (nedostupné údaje o teplote vzduchu – prerušenie pozorovania z dôvodu vojnových udalostí: 1. 1 1945 – 31. 12. 1946).

Charakteristika	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	jar	leto	jeseň	zima	teplý polrok	chladný polrok	rok
TEPLOTA VZDUCHU																			
najvyšší M/S/R priemer [°C]	-5,9	-6,2	-4,9	-0,2	3,5	7,5	7,5	8,3	5,7	2,2	-2,4	-4,3	-2,1	6,4	0,4	-6,3	3,7	-4,8	-1,6
	2020	2014	1959, 1991	2018	2003	2019	1995	2015	1982	1943	1978, 2011, 2014	2015	2018	2015	1982, 2012	2013/2014	2018	2013/2014	2014
najnižší M/S/R priemer [°C]	-17,5	-18,1	-14,7	-9,9	-4,4	-0,7	0,6	0,2	-2,6	-7,1	-10,8	-14,2	-7,7	1,0	-5,2	-14,3	-1,3	-10,1	-5,2
	1953	1965	1987	1997	1980, 1991	1974	1979	1976	1996	1974	1973	1940	1987	1978	1972	1962/1963	1978	1955/1956	1956
najvyššie maximum [°C]	5,4	5,1	6,3	9,3	16,0	17,5	19,5	19,4	14,8	12,7	10,8	6,8	16,0	19,5	14,8	6,8	19,5	12,7	19,5
	17.01.1947	17.02.2020	18.03.1990	23.04.1962	07.05.2003	25.06.2019	01.07.2019	20.08.1943	15.09.1947	22.10.1943	03.11.2015	14.12.1942	07.05.2003	01.07.2019	15.09.1947	14.12.1942	01.07.2019	22.10.1943	01.07.2019
najnižšie maximum [°C]	-27,9	-26,7	-23,1	-17,9	-13,3	-8,0	-4,0	-5,2	-8,7	-16,4	-20,4	-22,8	-23,1	-8,0	-20,4	-27,9	-17,9	-27,9	-27,9
	31.01.1956	18.02.1965	09.03.1956	08.04.2003	20.05.1952	01.06.1977	04.07.1964	20.08.1949	29.09.1972	27.10.1997	30.11.1973	15.12.1961	09.03.1956	01.06.1977	30.11.1973	31.01.1956	08.04.2003	31.01.1956	31.01.1956
najvyššie minimum [°C]	0,2	0,8	1,0	4,2	7,4	10,4	10,9	11,8	9,0	8,4	6,3	2,4	7,4	11,8	9,0	2,4	11,8	8,4	11,8
	12.01.1998	21.02.1990	19.03.1990	30.04.2012	15.05.1969	29.06.1994	29.07.2013	03.08.1998	18.09.1975	24.10.2019	04.11.2004	01.12.2000	15.05.1969	03.08.1996	18.09.1975	01.12.2000	03.08.1996	24.10.2019	03.08.1998
najnižšie minimum [°C]	-31,6	-30,1	-31,4	-22,8	-18,3	-12,4	-8,0	-8,4	-13,1	-19,9	-28,7	-30,4	-31,4	-12,4	-28,7	-31,6	-22,8	-31,6	-31,6
	13.01.1968	02.02.1949, 08.02.1956	03.03.1987	18.04.1955, 08.04.1956	20.05.1962	02.06.1977	15.07.1977	25.08.1980	22.09.1948	26.10.1997	30.11.1957	27.12.1976	03.03.1987	02.06.1977	30.11.1957	13.01.1968	18.04.1955, 08.04.1956	13.01.1968	13.01.1968
najvyšší denný priemer [°C] (od 1951)	2,2	3,2	3,9	6,4	10,6	14,7	14,5	14,0	11,0	10,1	8,7	5,2	10,6	14,7	11,0	5,2	14,7	10,1	14,7
	15.01.1975	03.02.2002	31.03.1981	30.04.2012	30.05.2005	30.06.2019	01.07.2019	08.08.2013	03.09.1956	19.10.2012	03.11.2015	17.12.2019	30.05.2005	30.06.2019	03.09.1956	17.12.2019	30.06.2019	19.10.2012	30.06.2019
najnižší denný priemer [°C] (od 1.1.1951)	-29,8	-28,4	-30,9	-20,6	-15,0	-11,0	-5,2	-6,2	-11,2	-17,9	-26,4	-26,1	-30,9	-11,0	-26,4	-29,8	-20,6	-30,9	-30,9
	16.01.1963	18.02.1985	03.03.1987	18.04.1955	20.05.1962	01.06.1977	21.07.1963	28.07.1981	28.09.1972	26.10.1997	30.11.1957	26.12.1995	03.03.1987	01.06.1977	30.11.1957	16.01.1963	18.04.1955	03.03.1987	03.03.1987

ATMOSFÉRICKE ZRÁŽKY																			
najvyšší M/S/R úhrn [mm]	429.2	383.6	454.6	425.7	342.6	322.2	388.7	293.4	288.7	277.5	339.4	404.1	840.0	860.8	680.3	819.3	1357.0	1529.6	2399.7
	2007	2020	2009	2017	2010	1948	2001	2006	1995	2017	2006	2008	1945	1949	2017	2008/ 2009	2010	2008/ 2009	2007
najnižší M/S/R úhrn [mm]	28.4	7.6	20.6	24.0	43.8	55.1	58.5	40.1	15.0	1.8	0.4	16.0	146.0	230.0	134.3	98.2	440.6	193.7	770.4
	1943	1976	1974	2009	1950	1976	1979	1973	1945	1951	2011	1972	1969	1976	1966	1942/ 1943	1976	1942/ 1943	1942
najvyšší denný úhrn [mm]	67.6	64.7	119.1	67.0	79.5	141.2	116.6	71.4	85.6	91.8	68.7	71.2	119.1	141.2	91.8	71.2	141.2	119.1	141.2
	18.01. 2000	03.02. 2007	09.03. 1963	11.04. 1994	15.05 2014	29.06. 1949	22.07. 1949	05.08. 1955	01.09. 2010	17.10. 1992	21.11. 2019	01.12. 2016	09.02. 1953	29.06. 1958	17.10. 1992	01.12. 2016	29.06. 1958	09.03. 1953	29.06. 1958
NOVÝ SNIEH a CELKOVÁ SNEHOVÁ POKRÝVKA																			
maximálna výška novej sneh. pokrývky za deň [cm]	88	80	68	75	48	36	48	49	51	65	60	56	75	49	65	88	75	88	88
	18.01. 2000	03.02. 2007	09.03. 2000	05.04. 2003	15.05. 2014	04.06. 1962	04.07. 1964	29.08. 1947	01.09. 2010	18.10. 1950	15.11. 1943	14.12. 1958	05.04. 2003	29.07. 1947	18.10. 1950	18.01. 2000	05.04. 2003	18.01. 2000	18.01. 2000
najvyššia M/S/R suma novej sneh. pokrývky [cm] (od 1.1.1951)	301	259	336	274	182	106	78	53	144	295	287	250	582	147	411	634	416	1163	1390
	2007	2004	2000	1995, 2003	1952	2006	1984	2005	1996	1974	2001	1955	1995	2006	1952	1951/ 1952	1996	1999/ 2000	1952
najnižšia M/S/R suma novej sneh. pokrývky *[cm] (1.1.1951)	24	6	23	14	7	0	x	x	0	1	0p	14	91	0	64	155	79	338	441
	1954	1976	1974	2009	2002	7 prípa- dov	1967, 2006	2013, 2015, 2018, 2020	1967	1951	2011	1972	1959	2015	1967	1977/ 1978	2009	1977/ 1978	2011
maximálna výška celkovej sneh. pokrývky [cm]	331	400	408	403	319	299	61	74	80	136	213	247	408	299	213	400	403	408	408
	22.01. 1948	11.02. 2007, 14.02. 2007	25.03. 2009, 30.03. 2009	01.04. 2009	29.05. 2004	01.06. 2004	08.07. 1984	31.08. 1947	07.11. 2010	30.10. 1974	15.11. 2006	31.12. 2017	25.03. 2009, 30.03. 2009	01.06. 2004	15.11. 2006	25.03. 2009, 30.03. 2009	01.04. 2009	25.03. 2009, 30.03. 2009	25.03. 2009, 30.03. 2009
SLNEČNÝ SVIT																			
najvyššia M/ SR suma slnečného svitu [h]	190.2	210.8	250.2	307.0	245.9	227.0	273.1	243.5	261.9	252.3	243.6	186.4	646.2	618.9	647.8	487.3	1241.8	995.2	2097.7
	1989	1976	1963	2009	2011	1994	1995	2003	1982	1957	2011	1972	2007	1952	2011	1996/ 1997	2007	2010/ 2011	1953
najnižšia M/S/R suma slnečného svitu [h]	57.7	49.4	94.6	102.0	67.9	68.6	89.0	96.5	76.4	64.5	52.5	57.4	351.6	332.9	326.3	244.3	630.9	660.9	1512.3
	1983	1952	2009	1972	1978	1969	1980	2006	1996	1974	1981	1997	1978	1980	2002	1982/ 1983	1972	1966/ 1967	1972

M – mesačný/á, **S** – sezónny/á, **R** – ročný/á
*: **0** – vyskytlo sa sneženie, prípadne aj s prechodnou snehovou pokrývkou, avšak v termíne merania nebola prítomná súvislá snehová pokrývka, **0p** – snehový poprašok, **x** – bez sneženia

slušná do chladnej klimatej oblasti ako studený horský okrsok s priemernou teplotou v júli nižšou ako 10 °C, pričom priemerná ročná teplota vzduchu na Lomnickom štíte bola v rámci obdobia rokov 1961–1990 na úrovni –3,9 °C, v rámci teplejšieho normálu 1981–2010 je to hodnota –3,4 °C. Priemerný ročný počet mrazových dní v období 1981–2010 bol 278, počet ľadových dní 187 a počet arktických dní 39. Pozorovania ukázali zvýšenie celkového úhrnu zrážok v ročnom priemere o 35 %, z 1 240 mm (1961–1990) na 1 671 mm (1981–2010), pričom úhrn zrážok sa zvýšil na jar o 56 % a v zime o +41 %. Podľa údajov stanice na Kasprovom vrchu za posledných 30 rokov sa ukazuje, že Tatry sa každých 10 rokov otepľujú o 0,55 °C.

Meteorologické rekordy stanice Lomnický štít:

- Maximálna teplota vzduchu: +19,5 °C, 1. júla 2019
- Minimálna teplota vzduchu: –31,6 °C, 13. januára 1968
- Maximálny denný úhrn zrážok: 141,2 mm, 29. júna 1958
- Maximálny mesačný úhrn zrážok: 454,6 mm, marec 2009
- Maximálny náraz vetra: 221,8 km·h⁻¹, 24. február 2017

Literatura:

KONČEK, M., 1974. Klíma Tatier. Bratislava: Veda, Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 855 s.

SMOLEN, F., 1990. Päťdesiat rokov činnosti meteorologického observatória na Skalnatom Plese. In: *Sympózium k 50. výročiu činnosti meteorologického observatória Skalnaté Pleso* (zost. E. Závodská), Stará Lesná, 8. až 12. októbra 1990, 13–21.

DÁVID FRÖHLICH, 2023. [online]. [cit. 18. 03. 2024]. Dostupné z WWW: https://sk.wikipedia.org/wiki/D%C3%A1vid_Fr%C3%B6hlich.

Astronom, geograf, matematik a filolog David Fröhlich (Fröhlich), 2024. [online]. [cit. 17. 03. 2024]. Dostupné z WWW: <https://www.aktuality.sk/clanok/NnXk4CP/astronom-geograf-matematik-a-filolog-david-frohlich-frohlich/>.

Nowy a Starý Kalendarz Na Rok po Narodzeniu Krysta 1640, 2024. [online]. [cit. 17. 03. 2024]. Dostupné z WWW: <http://epa.niif.hu/00000/00021/00185/pdf/303-310.pdf>.

Jiří Buchholtz (1643), 2024. [online]. [cit. 17. 03. 2024]. Dostupné z WWW: [https://sk.wikipedia.org/wiki/Juraj_Buchholtz_\(1643\)](https://sk.wikipedia.org/wiki/Juraj_Buchholtz_(1643)).

Jiří Buchholtz (1688), 2024. [online]. [cit. 17. 03. 2024]. Dostupné z WWW: [https://sk.wikipedia.org/wiki/Juraj_Buchholtz_\(1688\)](https://sk.wikipedia.org/wiki/Juraj_Buchholtz_(1688)).

GEORGE BUCHHOLTZ mladší, 2001. [online]. [cit. 17. 03. 2024]. Dostupné z WWW: <https://kezmarok-sk.szm.com/osobnosti/buchholtz-juraj-ml/index.htm>.

Měří pohyby na milimetry. Stoupají nebo klesají Vysoké Tatry? 2018. [online]. [cit. 17. 03. 2024]. Dostupné z WWW: <https://hnonline.sk/tema/1747686-pohyby-meraju-na-milimetre-rastu-alebo-klesaju-vysoke-tatry>.

Co přineslo 80 let unikátních meteorologických pozorování na Lomnickém štítu, 2020. [online]. [cit. 17. 03. 2024]. Dostupné z WWW: <https://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=1084>.

HALLON, L., SABOL, M., FALISOVÁ, A., 2011. Vojnové škody a rekonštrukcia Slovenska 1944–1948 [online]. [cit. 17. 03. 2024]. Dostupné z WWW: <http://www.history.sav.sk/eknihy/Ludovit-Hallon-Miroslav-Sabol-Anna-Falisova-Vojnove-skody-a-rekonstrukcia-Slovenska-1944-1948-Hospodarstvo-infrastruktura-zdravotnictvo.pdf>.

Kdo byl první? Záznamy o dobyvatelích tatranských štítů jsou nepřesné! 2013. [online]. [cit. 17. 03. 2024]. Dostupné z WWW: <https://zivot.pluska.sk/zaujímavosti/kto-bol-prvy-zaznamy-dobyvateloch-tatranskych-stitov-su-nepresne>.

Meteorologické zprávy, 1966. [online]. [cit. 17. 03. 2024]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/casmz/assets/starsi_rocniky/MZ_1966_h/MZ_1966_6_1.pdf.

Klíčová slova: meteorologická stanica, Lomnický štít, meteorologické rekordy, Vysoké Tatry

Významná sněhová epizoda na Šumavě v prosinci 2023

Jan Procházka^{1,3}, Pavel Lipina², Veronika Šustková², Ivo Rolčík³, Antonín Vojvodík³, Sláva Čáp³

¹ Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta zemědělská a technologická, Studentská 1668, 370 05 České Budějovice, prochazkaj@fzt.jcu.cz

² Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava-Poruba
pavel.lipina@chmi.cz, veronika.sustkova@chmi.cz

³ Meteo-Šumava, Tolarova 425, 384 51 Volary,
ivo.rolcik@seznam.cz, antonin.vojvodik@seznam.cz, slava.cap@gmail.com

1. Úvod

Máme za sebou další meteorologickou zimu a podle hodnocení Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) byla nadprůměrně teplá a na srážky mimořádně bohatá. Pokud jde o sněhovou pokrývku, resp. o nově napadlý sníh, byla průměrná suma nového sněhu 49 cm na území Česka v zimní sezoně 2023/2024 nižší v porovnání s hodnotami 62 cm v zimní sezoně 2021/2022 a 84 cm v zimní sezoně 2020/2021 a naopak bohatší oproti sezoně 2022/2023, kdy napadlo v průměru pouze 29 cm (ČHMÚ 2024). V průběhu zimy napadlo nejvíce sněhu v prosinci, kdy také na většině území byla i nejvyšší sněhová pokrývka, naopak nejméně sněhu napadlo v únoru a na mnoha místech se sněhová pokrývka tento zimní měsíc nevyskytovala vůbec. Jako celek se poslední zima mezi ty chladnější a sněhově bohatší rozhodně nezapíše.

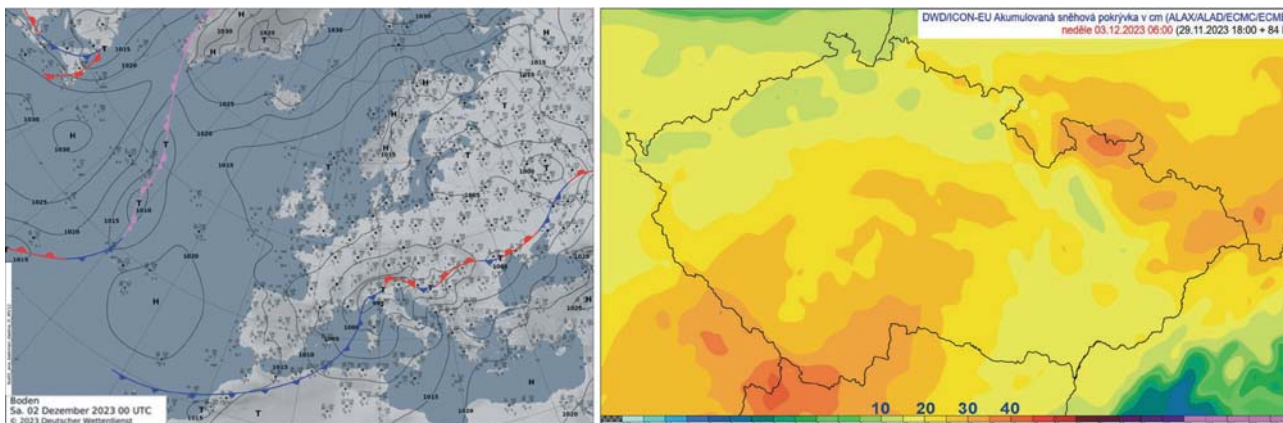
Tématem a cílem tohoto příspěvku je však připomenutí a vyhodnocení významné sněhové epizody z počátku prosince v oblasti Šumavy a jejího podhůří. V prvních dnech meteorologické zimy zasáhl část našeho území přes jižní Čechy a Vysočinu až do Slezska pás intenzivního sněžení. Jeho původcem byla srážková oblačnost související s přechodem hluboké tlakové níže, při kterém se v prostoru střední Evropy vytvořilo výrazné teplotní rozhraní. Díky tomu 1. a 2. prosince vydatně sněžilo na podstatné části našeho území, v oblasti Šumavy to bylo především v její JV polovině. Klimatologické hodnocení zimy 2023/2024 v Česku v Tiskové zprávě ČHMÚ zahrnuje i sdělení, že nejvyšší denní úhrn nového sněhu 60 cm zaznamenaly 1. 12. 2023 stanice právě v podhůří Šumavy Husinec, Frantoly a Bavorov. Tyto dny na počátku zimy byly u nás nakonec označeny vrcholem zimní sezony (ČHMÚ 2024). To bylo navíc hned 4. prosince potvrzeno výrazným poklesem teploty vzduchu, kdy byl na čerstvém šumavském sněhu zaznamenán zároveň i nejsilnější mráz celé zimy (Rolčík, Procházka 2023). Bylo tak inspirací se v rámci uvedeného příspěvku na sněhovou epizodu podívat podrobněji.

2. Popis a vývoj situace

Hluboká tlaková níže a zároveň bouře s názvem „Ciro“, která byla takto pojmenována italskou meteorologickou službou Aeronautica Militare, byla při svém formování nad západním Středomořím a následným postupem přes Ligurské moře nad severní Itálii (obr. 1) spojena s varováním před extrémními meteorologickými jevy, jakými byly na jedné straně rekordně vysoké teploty, extrémní dešťové srážky a povodně, a na druhé straně silné sněžení (MeteoWeb 2023). Z našeho pohledu se pozornost upírala více na druhý případ vzhledem k vyšší pravděpodobnosti, že i díky svému rozsahu významně zasáhne naše území. Silné sněžení v důsledku sněhové bouře („Ciro Snowstorm“) opravdu zasáhlo poměrně široký pás střední Evropy. Zde nejvíce postihlo jižní Německo, Rakousko, Švýcarsko a také Českou republiku, přičemž mělo za následek rozsáhlé narušení infrastruktury v celém regionu (ClimaMeter 2023).

Na naše území a k Šumavě postupovalo sněžení od Alp především přes jižní Bavorsko. Bavorská media situaci 1. prosince 2023, kdy bylo například paralyzováno letiště v Mnichově, označovala nejčastěji příznačným termínem „Schnee-chaos“. Den na to je hlášeno překonání historických rekordů prosincové výšky sněhové pokrývky právě přímo z Mnichova, a také například v nedalekém Pasově (BR24 2023a). O tehdejší poměrně výjimečné situaci vypovídalo i následné klimatologické hodnocení ze 143 bavorských meteorologických stanic DWD měřících minimálně od roku 1961, kdy se jednalo o překonání prosincových rekordů ve výšce sněhové pokrývky v 18 případech (BR24 2023b).

Na možnost silného sněžení se začátkem meteorologické zimy bylo v souvislosti s postupem tlakové níže *Ciro* u nás upozorňováno. Poměrně zajímavé a pravidelné zprávy k tomuto bylo možné postupně sledovat na FB profilu ČHMÚ (ČHMÚ 2023). Proto zde stojí za připomenutí stručný chronologický souhrn postupně zveřejňovaných informací.



Obr. 1 Poloha nezvykle hluboké tlakové níže *Ciro* a frontálního rozhraní v době nejvyšší intenzity sněžení na Šumavě (mapka vlevo) a 3denní předpověď akumulace sněhu do neděle 3. 12. 2023, 6 h (mapka vpravo, zdroj: DWD a ČHMÚ).

2.1 Vývoj situace u nás

První konkrétnější informace o možnosti vydatného sněžení byly zveřejněny prostřednictvím FB profilu ČHMÚ ve středu ráno 29. 11. Zpráva avizovala, že během pátku a soboty nás od jihozápadu zasáhne porce sněžení a lokálně by mohlo nasněžit opravdu dost, nejvíce (i několik desítek cm nového sněhu) v jižní a jihozápadní polovině území, a to i v nejnižších polohách. Výstižně bylo psáno, že tyto situace umí, co se týče množství sněhu překvapit, takže se určitě máme na co těšit.

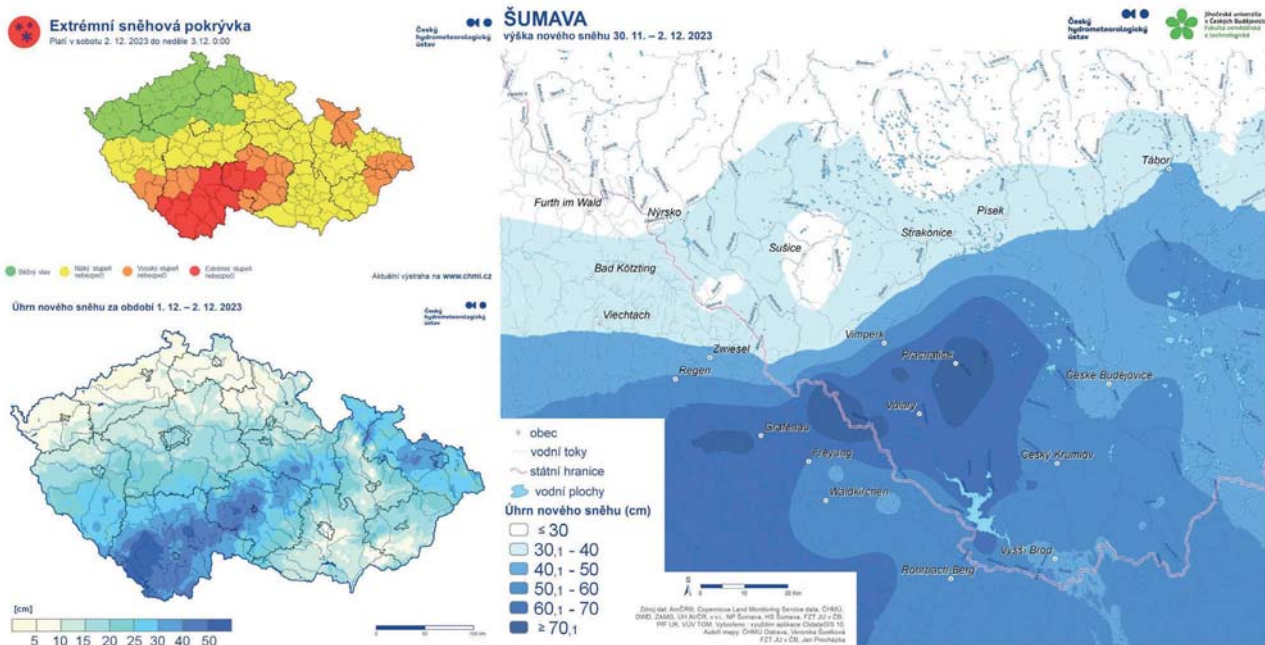
Další den ve čtvrtek ráno (30. 11., 7 h) se ve zveřejněné zprávě píše o velké nejistotě v předpovědi množství napadnutého sněhu s tím, že do nedělního rána může napadnout na mnoha místech našeho území i přes 20 cm sněhu. Pro dokreslení byl k tomu přiložen jeden z možných scénářů – mapa akumulace sněhu (obr. 1). Již v poledne byla ovšem vydána i Výstraha ČHMÚ na novou sněhovou pokrývku s nízkým (žlutým) stupněm nebezpečí, že za pátek a sobotu se očekává v úhrnu většinou 10 až 25 cm, ojediněle, zejména na jihu a východě území až 35 cm nového sněhu.

V pátek ráno (1. 12., 6 h) bylo upozorněno na očekávané komplikace v dopravě a zároveň byla zveřejněna další mapa předpokládané akumulace sněhu do nedělního rána, tj. do 3. 12., 7 h. V té se dle výstupu z modelu Aladin předpovídalo na jihu území nejvíce nového sněhu až přes 40 cm, a to poněkud východněji než předtím, do oblasti Novohradských hor. Ještě během dopoledne byla zveřejněna Aktualizace výstrahy ČHMÚ již s oranžovým (vysokým) stupněm nebezpečí, kde se v Jihočeském kraji a na jihozápadě Kraje Vysočina očekávalo do nedělní půlnoci 30 až 40 cm nového sněhu a v kombinaci s větrem tvorba sněhových jazyků a závějů. Ve večerní zprávě (21 h) už byly hlášeny úhrny výšky nového sněhu 20 cm na Šumavě a Novohradských horách a narůstající komplikace v dopravě. V rámci předpovědi bylo konstatováno, že sněžení na našem území bude pokračovat v průběhu noci i zítřka, kdy ve večerních hodinách začne slábnout, vyjma hor na SV, a v JV polovině Čech a na horách S a SV Moravy a ve Slezsku případně dalších 5 až 25 cm.

V sobotu ráno (2. 12., 6 h) byla ale nakonec vydána další Aktualizace výstrahy ČHMÚ na množství nového sněhu s nejvyšším, extrémním stupněm nebezpečí pro většinu jižních Čech a pro západ Kraje Vysočina. Bylo konstatováno, že na jihu Čech sněží velmi vydatně! Zároveň, že od pátečního dopoledne napadlo v části jižních Čech a Vysočiny 20 až 45 cm sněhu, intenzita přesahuje i 3 cm/h (tzn. 25 cm v nižších polohách, na horách 40 cm za 12 hod). To už se nově předpokládalo, že sněžení bude s proměnlivou intenzitou pokračovat i v následujících hodinách během rána a dopoledne, a že



Obr. 2 Vrstvy nového sněhu u šumavské Řasnice na Strážensku 2. prosince 2023. Foto: J. Procházka.



Obr. 3 Výstraha ČHMÚ (po poslední úpravě z 2. 12. 2023) na novou sněhovou pokrývku (vlevo nahoře), orientační mapa rozložení úhrnu výšky nového sněhu na území Česka za období 1.–2. 12. 2023 (vlevo dole) a vyhodnocení prostorového rozložení úhrnu výšky nového sněhu v oblasti Šumavy během celé sněhové epizody (vpravo).

v této oblasti spadne během soboty dalších 10 až 25 cm, tzn. v celkové sumě 30 až 65 cm. Postupně se objevovala bohatá fotodokumentace o vrstvách nového sněhu z různých míst Česka (obr. 2). Následně (v 9 h) byla ještě výstraha ČHMÚ upravena tak, že byla zvýšena její intenzita (na oranžovou – tedy vysoký stupeň nebezpečí) v některých oblastech okresu Klatovy a oblasti Beskyd a Jeseníků (obr. 3). Následovaly postupně standardní informace o výšce celkové sněhové pokrývky, úhrnu výšky nového sněhu k sobotnímu ránu a zpráva o postupném slábnutí sněžení v Čechách a přesouvání nad Moravu a Slezsko s tím, že v oblastech jižních Čech, Pošumaví a Vysočiny může napadnout ještě dalších 5–10 cm nového sněhu. Nicméně sněhová epizoda s intenzivním sněžením začala postupně odeznívat a Šumavu opouštět.

Po víkendu během pondělí (4. 12.) bylo možno v rámci sněhového zpravodajství zaregistrovat jakousi prvotní rekapitulaci této sněhové epizody prostřednictvím orientační mapy SNO za dva dny 1.–2. prosince (obr. 3, ČHMÚ 2023).

3. Soubor dat pro oblast Šumavy

V rámci hodnocení sněhové epizody spojené s přechodem tlakové níže Ciro byla pro účely tohoto příspěvku analyzována dostupná data od pozorovatelů a z meteorologických stanic v širší oblasti Šumavy a podhůří, a to pro období od 30. listopadu do 3. prosince 2023. Soubor meteorologických stanic zahrnoval základní stanice ve správě ČHMÚ, dobrovolnické a výzkumné stanice a pozorované lokality, na přeshraniční straně Šumavy se jednalo o stanice meteorologických služeb Deutscher Wetterdienst (DWD) a rakouské ZAMG/Geosphere Austria.

Celková výška sněhové pokrývky (SCE) byla u všech stanic primárně hodnocena z termínového odečtu v 07:00 SEČ, z automatického měření výšky sněhové pokrývky (SCEa) byly navíc hodnoceny hodinové hodnoty po verifikaci 10 min dat. Denní úhrn výšky nového sněhu (SNO) byl hodnocen dle termínových měření v 07:00 SEČ, tam kde nebyl SNO v příslušném období měřen standardním způsobem, byl vypočten dle denní změny SCE, úhrnu srážek, teploty vzduchu a hodnot z blízkých stanic se standardním měřením SNO. Zatímco dle metodiky ČHMÚ se hodnota denního SNO zapisuje k předchozímu dni, tak německí a rakouští meteorologové evidují SNO ke dni, kdy byl naměřen, což zde bylo zohledněno (sjednoceno). Hodinová intenzita sněžení byla hodnocena pouze z dat automatických sněhoměrných stanic, které měří výšku sněhové pokrývky kontinuálně v 10min kroku. Konkrétní hodnota intenzity sněžení v $\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ pak byla stanovena dle rozdílu hodinových hodnot výšky sněhové pokrývky měřených automatickými čidly příslušných stanic. Klimatologická mapa zahrnující sumu SNO v oblasti Šumavy za hodnocenou sněhovou epizodu (obr. 3) je výsledkem prostorové analýzy dat naměřených údajů z více než 160 meteorologických stanic a pozorování. Mapa byla vytvořena pomocí GIS a příslušné interpolační metody při zachování původní naměřené hodnoty, obdobně jako je tomu v případě pravidelných hodnocení některých sněhových charakteristik na vymezeném území pro oblast Šumavy a okolí (Procházka a kol. 2023).

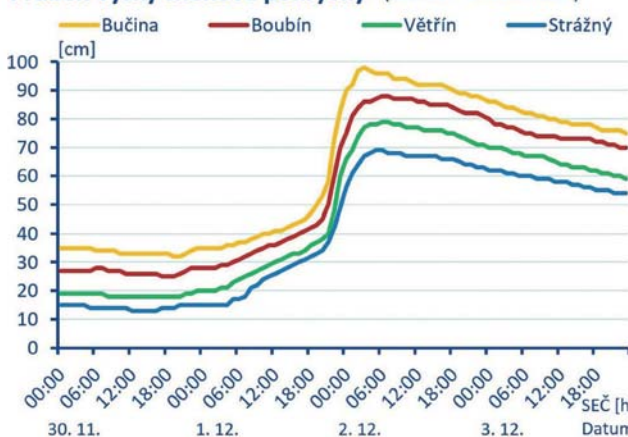
Tab. 1 Přehled stanic v oblasti Šumavy, kde byl během této sněhové epizody (30. 11. – 2. 12.) zaznamenán nejvyšší úhrn výšky nového sněhu (SNO 3 dny), denní úhrn nového sněhu (SNO 24 h), maximální intenzita sněžení v cm za hodinu, dále pak i minimum a maximum celkové výšky sněhové pokrývky (SCE min a SCE max).

Stanice ID	Název Stanice / lokalita	Nadmořská výška [m]	SNO 3 dny [cm]	SNO 24 h [cm]	SCE min [cm]	SCE max [cm]	Max. intenzita sněžení [cm·h ⁻¹]
3930	Philippsreut (DE)	917	87	63	31	98	x
3211	Mauth-Finsterau (DE)	990	80	60	30	97	x
C7BUCI01	Bučina, u Kvildy	1 152	80	65	32	98	15
4528	Schönberg/Niederbayern (DE)	548	77	63	13	73	x
4515	Schöfweg (DE)	755	76	55	30	86	x
C7BOUB01	Boubín	1 356	75	60	25	88	10
C1FRAN01	Frantoly	700	75	60	2	70	x
C1HUSI01	Husinec	492	74	60	2	63	x
C4VETR01	Větřín	1 157	73	60	18	79	12
FZT JU	Arnoštov	830	73	55	9	70	x
Meteo-Sumava	České Žleby	930	73	55	22	78	x
C1ZBYT01	Zbytiny	829	73	56	10	72	7
C1PRCH01	Prachatice	595	72	58	3	69	x
FZT JU	Řasnice	770	70	55	20	71	x
Meteo-Sumava	Dolní Sněžná	920	70	50	10	65	x
1933	Haidmühle-Bischofsreut (DE)	1 015	70	50	30	81	x
C1KHUT01	Kubova Huť	1 001	70	58	17	75	12
Meteo-Sumava	Nové Údolí	796	70	47	20	68	5
C1BAVO01	Bavorov	439	69	60	1	60	x
C1STRZ01	Strážný, obec	810	68	53	13	69	7

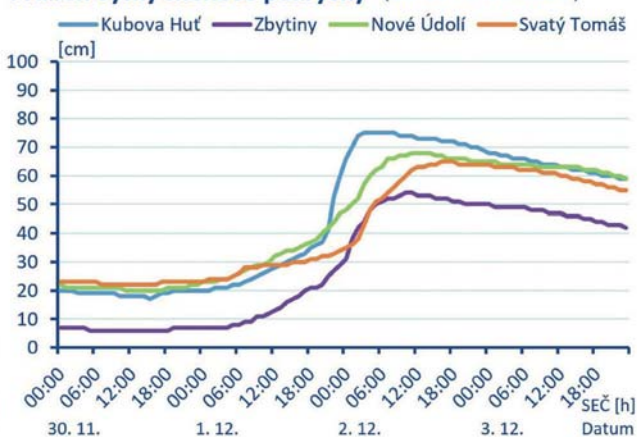
4. Vyhodnocení epizody na Šumavě

Na Šumavu se při přechodu srážkové oblačnosti od Alp k SV postupně nasouvalo sněžení dle předpokladu nejdříve v její JV části, aby se postupně rozšiřovalo poměrně nečekaně dál k SZ až k centrální části pohoří. Velmi silné sněžení se poté dostavilo v pozdních večerních hodinách v pátek 1. prosince v pásu zasahujícím z bavorského okresu Freyung-Grafenau přes hraniční úsek v okolí Finsterau a Philippsreutu směrem k Boubínu a dále na Prachaticko. Nejvyšší intenzity sněžení zaznamenaly po 21. h stanice Bučina u Kvildy (15 cm·h⁻¹, mezi 21–22 h), Kubova Huť (12 cm·h⁻¹, 21–22 h), Větřín (12 cm·h⁻¹, 22–23 h) nebo Boubín (10 cm·h⁻¹, 21–23 h). Nejvyšší denní úhrny výšky nového sněhu (SNO) byly následně naměřeny v sobotu ráno 2. prosince 2023 v 7 h, kdy na 9 stanicích v oblasti Šumavy a podhůří byly zaznamenány hodnoty 60 cm a vyšší, z toho 3 v její bavorské části (Procházka 2023). Přičemž i díky znatelnému plošnému poklesu teploty vzduchu před zesilujícím sněžením nebylo rozhodující, v jaké nadmořské výšce se stanice nacházejí. Sníh padal zpravidla prachový s nízkou vodní hodnotou ve všech polohách. V průběhu celé sněhové epizody, tedy za tři dny (od 30. 11., 7 h do 3. 12., 7 h), se na více místech vyskytly celkové úhrny SNO přes 70 cm, ojediněle až 80 cm.

Průběh výšky sněhové pokrývky (30. 11.–3. 12. 2023)



Průběh výšky sněhové pokrývky (30. 11.–3. 12. 2023)



Obr. 4 Porovnání průběhu výšky sněhové pokrývky na Šumavě z několika automatických sněhoměrných stanic na různých lokalitách Šumavy během sněhové epizody 30. 11. – 3. 12. 2023 (zdroj dat: ČHMÚ, FZT JU, ÚH AV ČR).

Vybrané meteorologické stanice a lokality s nejvyšším celkovým úhrnem SNO zahrnuje tabulkový přehled, v němž jsou pro příslušné stanice uvedeny pro porovnání mj. i minimální a maximální hodnoty SCE v průběhu hodnocené epizody (tab. 1). Ve které oblasti Šumavy a jejího podhůří se hodnocená sněhová epizoda projevila nejvýrazněji, naznačuje pomocí plošné interpolace naměřených dat klimatologická mapa sumy tří denního úhrnu SNO (obr. 3). Pro dokreslení změn výšky sněhové pokrývky byly v grafech zobrazeny průběhy hodinových hodnot SCEa vybraných automatických sněhoměrných stanic v oblasti Šumavy (obr. 4).

5. Závěr

Významná sněhová epizoda počátkem prosince 2023 nám připomněla, že i v poměrně výrazném trendu poklesu hodnot sněhových charakteristik v posledních letech se mohou vyskytnout situace, které nás do jisté míry překvapí. Cílem tohoto příspěvku je připomenout vznik a průběh této události spojené s přechodem hluboké tlakové níže pojmenované *Ciro* a vyhodnotit některé zaznamenané sněhové charakteristiky v oblasti Šumavy. Vysoké hodnoty denního úhrnu výšky nového sněhu, 60 cm a více, se zařadily mezi nejvyšší naměřené u nás od roku 1961, na některých stanicích v nižších polohách padly i prosincové rekordy výšky celkové sněhové pokrývky. Díky automatickým sněhoměrným stanicím byly místy zaznamenány vysoké hodinové intenzity sněžení 10–15 cm·h⁻¹. V součtu pak za tři dny trvající sněhové epizodě v JV polovině Šumavy napadlo většinou od 50 do 75 cm, lokálně až kolem 80 cm nového sněhu. Popsaná sněhová epizoda z počátku prosince se nakonec stala na velké části území Šumavy i Česka vrcholem celé zimní sezóny 2023/2024.

Literatura:

BR24, 2023a. Dezember in Bayern: War früher wirklich mehr Schnee? [online]. BR24 [cit. 15. 3. 2024]. Dostupné z WWW: <https://www.br.de/nachrichten/bayern/dezember-in-bayern-war-frueher-wirklich-mehr-schnee-daten,Txke1Rx>.

BR24, 2023b. Historisch viel Schnee: Rekorde in München und im Passauer Land [online]. BR24 [cit. 15. 3. 2024]. Dostupné z WWW: <https://www.br.de/nachrichten/bayern/historisch-viel-schnee-rekorde-in-muenchen-und-im-passauer-land,TxHviNJ>.

ČHMÚ, 2024. Zima 2023/2024 na území Česka [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 15. 3. 2024]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2024/TZ_zima2023_2024_0403.pdf.

ČHMÚ, 2023. Český hydrometeorologický ústav [HomeFacebook page]. Facebook [cit. 15. 3. 2024]. Dostupné z WWW: <https://cs-cz.facebook.com/chmi.cz/>.

ClimaMeter, 2023. *Ciro* Snowstorm [online]. ClimaMeter [cit. 15. 3. 2024]. Dostupné z WWW: <https://www.climameter.org/20231202-ciro-snowstorm>.

MeteoWeb, 2023. Allerta Meteo, la grande tempesta *Ciro* approccia l'Italia: caldo record ma domani allarme alluvioni e maxi nevicate [online]. MeteoWeb [cit. 15. 3. 2024]. Dostupné z WWW: <https://www.meteoweb.eu/2023/12/allerta-meteo-la-grande-tempesta-ciro-approccia-litalia-caldo-record-ma-domani-allarme-alluvioni-e-maxi-nevicate/1001333143/>.

PROCHÁZKA, J., ŠUSTKOVÁ, V., JIRÁK, J., TESAŘ, M., 2023. Význam a problematika automatického měření sněhové pokrývky – studie pro oblast Šumavy. *Meteorologické zprávy*, roč. 76, č. 3, s. 73–83. ISSN 0026-1173.

PROCHÁZKA, J., 2023. Šumava 2. prosince pod rekordním sněhem [online]. Meteo-Šumava [cit. 15. 3. 2024]. Dostupné z WWW: <https://meteo-sumava.cz/clanky/2023/sumava-2-prosince-pod-rekordnim-snehem/>.

ROLČÍK, I., PROCHÁZKA, J., 2023. Po přivalech sněhu mráz až –28,1 °C [online]. Meteo-Šumava [cit. 15. 3. 2024]. Dostupné z WWW: <https://meteo-sumava.cz/aktuality/2023/po-privalech-snehu-mraz-az-281-c/>

Klíčová slova: výška nového sněhu, intenzita sněžení, měření sněhu, sněhová pokrývky, meteorologická stanice

Poděkování: Poděkování patří zejména všem pozorovatelům a provozovatelům meteorologických stanic, bez jejichž dlouhodobé a obětavé práce by nebylo možno obdobná data archivovat a hodnotit. Poděkovat je potřeba taktéž pracovníkům ČHMÚ za průběžné zveřejňování aktuálních informací o stavu, vývoji a předpovědi počasí pro odbornou i širokou veřejnost.

Porovnání srážkoměrů Meteoservis, typ MW7 a MR3 na lokalitě Rozmezí v Jizerských horách

Václav Vajskebr

Český hydrometeorologický ústav, Oddělení aplikované hydrologie, Želivského 5, 466 05 Jablonec nad Nisou, vaclav.vajskebr@chmi.cz

1. Použité přístroje

Nový model srážkoměru Meteoservis MW7 funguje na stejném konstrukčním i softwarovém principu jako model Meteoservis MW501, který se standardně používá v měřicí klimatologické síti ČHMÚ. Oproti tomuto typu je však výrazně kompaktnější a snazší na instalaci i obsluhu. Starší použitý model srážkoměru Meteoservis MR3 funguje na principu překlápění člunku (tipping-bucket) po naplnění srážkovou vodou o objemu 5 ml, resp. 0,1 mm srážky. Všechny přístroje mají standardní zachytnou plochu 500 cm² a rozlišení 0,1 mm. Přesný čas srážky je zaznamenán do datové jednotky a následně agregován do desetiminutových dat. Data jsou v on-line režimu přenášeny pomocí mobilní sítě na server výrobce, resp. do databáze ČHMÚ (Clidata) pod indikativy P4JDRO01 pro člunkový typ MR3 a P4JDR02 pro váhový typ MW7. Podrobný popis všech uvedených přístrojů je uveden v produktových listech na [www stránkách](http://www.meteoservis.cz) výrobce Meteoservis, v.o.s. (Meteoservis 2024a, Meteoservis 2024b).

Oba dva srážkoměry (MW7 i MR3) jsou zároveň doplněny tzv. totalizací: systémem pro sběr spadlých srážek. Ty jsou pomocí hadicových svodů shromažďovány v uzavřené plastové nádobě u paty každého srážkoměru. Na přelomu každého měsíce je během inspekční návštěvy změřen objem, resp. spočítán měsíční úhrn srážky pro každý přístroj. Tím je pro každý srážkoměr získána verifikační hodnota pro porovnání s úhrnem sečteným z naměřených dat. Tyto sady dat jsou následně podrobeny vzájemnému srovnání.

Meteorologická stanice Rozmezí (995 m n. m.) se nachází v centrální části Jizerských hor na plochem plató, které je řídce zalesněné smrkovou monokulturou. Nejedná se tedy o extrémní horskou lokalitu, ale o charakteristické místo odpovídající dané nadmořské výšce. Stanice je osazena čidly na měření teploty, vlhkosti, výšky sněhové pokrývky a dvěma uvedenými srážkoměry. Veškerá data jsou zaznamenávána v desetiminutovém intervalu a jednou za hodinu odesílána. Stanice je bez 230 V elektrického připojení a zdrojem jsou 12 V akumulátory dobíjené solárním panelem. Z těchto důvodů fungují přístroje bez vytápění, což je i jejich limitem během zimního období. Inspekční návštěvy se provádějí zpravidla ve dvoutýdenním intervalu.

2. Metodika a výsledky

Výhodnocení naměřených hodnot bylo provedeno pro období května až listopadu 2023, kdy došlo k ukončení měření vlivem vysokých úhrnů sněhových srážek. V uplynulém letním hydrologickém půlroku byly posuzovány měsíční sumy srážek, denní sumy srážek, vybrané srážkové epizody v desetiminutovém kroku a v minutovém intervalu (intenzity srážek).

Tab. 1, 2 Měsíční úhrny srážek [mm] a jejich relativní rozdíly [%] ze srážkoměrů MR3 (P4JDRO01) a MW7 (P4JDR002). Zdroj Data = digitálně zaznamenané hodnoty; zdroj Tot = totalizační měsíční úhrny srážek ve sběrné nádobě.

Zdroj:	Data	Data	Tot	Tot
ID:	P4JDRO01	P4JDRO02	P4JDRO01	P4JDRO02
Typ:	MR3	MW7	MR3	MW7
V. 23	58	56	56	57
VI. 23	65	62	64	61
VII. 23	121	117	117	116
VIII. 23	201	203	204	201
IX. 23	58	56	58	56
X. 23	157	154	165	158
XI. 23	207	200	204	201
2023:	867	849	869	850

Zdroj:	Data-Tot	Data-Tot	Data-Data	Tot-Tot
ID:	P4JDRO01	P4JDRO02	P4JDRO01	P4JDRO02
Typ:	MR3	MW7	MR3	MW7
V. 23	102,3	99,4	97,7	100,6
VI. 23	102,2	101,6	95,1	95,6
VII. 23	103,5	101,3	96,6	98,7
VIII. 23	98,4	100,8	101,1	98,7
IX. 23	98,5	99,8	96,5	95,2
X. 23	95,1	97,7	98,1	95,5
XI. 23	101,6	99,5	96,6	98,7
2023:	99,7	99,9	97,9	97,8

Měsíční data obsahují součet denních sum srážek pro oba přístroje. Navíc jsou k dispozici objemy, resp. srážkové úhrny z totalizačních měření. Pro dosažení úplné shody v časových intervalech měřených srážek byla suma dat vymezena přesným shodným desetiminutovým intervalem, kdy byl odměřen objem totalizace. Všechny získané údaje jsou vzájemně porovnány z hlediska absolutních (suma srážek) i relativních hodnot.

Z uvedených hodnot je patrná výjimečně vysoká shoda jak mezi přístroji, tak s objemy totalizací. Celkový sedmiměsíční úhrn se liší v datech o pouhých 18 mm z 867 mm (tj. 2 % rozdíl). Mezi dvěma totalizacemi to je 19 mm (2 %). U přístroje MR3 se data od totalizace liší o 2 mm (0,2 %), u MW7 1 mm (0,1 %), což jsou rozdíly, které jsou hluboko pod možnou přesností odečítání objemu odměrným válcem.

U relativního porovnání je brána jako základní hodnota (100 %) výstup z přístroje MR3. Všechny hodnoty se v jednotlivých měsících liší o -4,9 % až 3,5 %. Oba měsíční výstupy (data i totalizace) z MW7 jsou většinou o 2 % nižší než výstupy z MR3. V součtu srážek za celý rok se odchylky pohybují v desetinách procenta.

Denní data byla vyhodnocována v klimatologickém termínu k 7:00 h. Korelace mezi datovými řadami je 0,98. Maximální odchylka ($P_{MR3} - P_{MW7}$) činila -1,8 mm při denním úhrnu 30,3 mm, resp. +1,3 mm při 31,2 mm.

V případě porovnání hodinových, 10 minutových a i minutových dat byla též prokázána výjimečná shoda paralelních měření ve srážkových úhrnech i časových průbězích a rozložení srážkových epizod.

3. Diskuze, závěr

Dosavadní výsledky a přesnost měření nového modelu srážkoměru MW7 lze hodnotit jako excelentní.

Obdobné porovnávací měření mezi přístroji MW7, MW501 a manuálním klimatologickým měřením pozorovatelem probíhá od února 2023 i na pobočce ČHMÚ v Ostravě. Jeho výsledky nejsou obsahem toho článku, ale obecně též vykazují velmi dobrou shodu: většinou se naměřené rozdíly mezi MW7 a MW501 pohybují do 2 %.

Před zimním obdobím bude proveden přesun srážkoměru MW7 (o 4,2 km sv. směrem a o 160 m níže) ze stanice Rozmezí na klimatologickou stanici Smědava. Ta disponuje 230 V připojením, které zajistí kontinuální měření i během zimního hydrologického půlroku. Pro verifikaci a porovnání je zde osazen váhový srážkoměr MW501 a následně i MR3 s totalizací.

Z dosavadních zkušeností a výsledků vyplývá, že nový typ srážkoměru MW7 představuje další pokrok v oblasti měření srážek. Jeho výhodami jsou především kompaktní a malý formát, možnost připojení do stávajících systémů, jednoduchá instalace i obsluha. Proto se jeví jako vhodný pro umístění v níže situovaných lokalitách s mírnější zimou.

Literatura:

METEOSERVIS, 2024a. Srážkoměry váhové [online]. Meteoservis [cit. 15. 3. 2024]. Dostupné z WWW: <https://www.meteoservis.cz/75-SRAZKOMERY-VAHOVE>.

METEOSERVIS, 2024b. Srážkoměry člunkové [online]. Meteoservis [cit. 15. 3. 2024]. Dostupné z WWW: <https://www.meteoservis.cz/57-SRAZKOMERY-CLUNKOVE>.

Klíčová slova: srážkoměr, Meteoservis, Jizerské hory, porovnání



Obr. 1 Meteorologická stanice Rozmezí v Jizerských horách (995 m n. m.). Vlevo váhový srážkoměr MW7. Uprostřed automatická sněhoměrná stanice s ultrazvukovým čidlem na měření výšky sněhu. Vpravo člunkový srážkoměr MR3.



Obr. 2 Váhový srážkoměr Meteoservis MW7 v detailu: bez vnějšího ochranného pláště. Dole řídicí jednotka s váhou, na ní sběrná nádoba s čerpadlem.

Úskalí kombinovaných odhadů srážek v závislosti na lokalitě, trvání a intenzitě srážek

Petr Novák, Hana Kyznarová

Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha, petr.novak@chmi.cz, hana.kyznarova@chmi.cz

1. Vývoj kombinovaných odhadů srážek v ČHMÚ

Kvantitativní odhady srážek z digitálních radarových dat jsou v Českém hydrometeorologickém ústavu (ČHMÚ) počítány od roku 1996 (Šálek a Kráčmar 1997). Zpočátku byly využívány především kvalitativně, neboť kvantitativnímu využití bránily poměrně velké nepřesnosti těchto odhadů. Od počátku tak byly hledány postupy, jak tyto nepřesnosti korigovat. Jednak byl optimalizován výpočet samotných radarových odhadů srážek (výběr nejvhodnějšího radarového produktu, optimalizace přepočtu radarové odrazivosti na intenzitu srážek) a jednak byly hledány možnosti korekcí pomocí srážkoměrných dat (Kráčmar a kol. 1999; Novák a Kráčmar 2001). S ohledem na počáteční malou dostupnost online srážkoměrných měření byly nejprve vyvíjeny statistické korekce (regresní vztahy) využívající offline srážkoměrné údaje. Díky rozvoji online srážkoměrné sítě však byly offline statistické korekce rychle nahrazeny výpočtem kombinovaných odhadů srážek z radarů a online srážkoměrných údajů.

Soubor algoritmů pro výpočet kombinovaných odhadů srážek byl vyvíjen v období 1999–2003. Výpočty byly spouštěny postupně, nejdříve pro 24hodinové sumy a následně pro kratší až 1hodinové sumy. Pod názvem MERGE byly v roce 2003 zavedeny do operativního provozu ČHMÚ (Šálek a kol. 2004). Systém MERGE byl dále vyvíjen a v roce 2009 byla do operativního provozu zavedena nová verze (Šálek 2011), která obsahovala modifikovaný algoritmus plošně proměnlivé adjustace radarových dat, a pro kombinaci plošných radarových odhadů srážek a bodových srážkoměrných dat zavedla geostatistickou metodu kriging s externím driftem (KED), která byla úspěšně využívána i v jiných zemích.

K další zásadní modernizaci došlo v roce 2014, kdy pod názvem MERGE2 byla zavedena do provozu zcela přeprogramovaná verze MERGE. I tato nová verze využívala pro kombinaci radarových a srážkoměrných dat metodu KED a zachovala rozsah a formát výstupních produktů. Změněn byl algoritmus adjustace radarových dat, který byl bližší verzi používané v MERGE do roku 2009. Přeprogramováním došlo k výraznému zrychlení výpočtů, které nově umožnilo výpočet kombinovaných výstupů metodou KED každých 10 minut. Díky implementaci časové interpolace 5minutových radarových měření do 1minutového kroku byly získány přesnější a hladší radarové odhady srážek. Nově bylo též možné pro kombinaci využívat i data z okolních radarů. Podrobný popis metody MERGE2 je k dispozici v článku (Novák a Kyznarová 2016b), zde pouze uvedeme její základní charakteristiky:

- vstupní radarová data: sloučená radarová informace PseudoCAPPI 2 km, s horizontálním rozlišením 1×1 km a časovým rozlišením 5 min, interpolovaná do časového kroku 1 min
- vstupní srážkoměrná data: 10min srážkové úhrny ze stanic ČHMÚ a spolupracujících organizací
- výpočet probíhá s krokem 10min pro plovoucí 1h sumy, výpočet je několikrát opakován (poprvé v 17minutě po nominálním čase a naposledy následující den) tak, aby se do výpočtu MERGE2 dostalo co nejvíce srážkoměrů a mohla se zohlednit i manuální kontrola dat v databázi CLIDATA
- výstupní data: čtyři gridová pole plošných odhadů srážek (pole prostorově interpolovaných srážkoměrných údajů metodou ordinary kriging, nekorigovaný radarový odhad, adjustovaný radarový odhad, kombinovaný odhad, který je i v rámci metody MERGE2 označován jako MERGE) s horizontálním rozlišením 1×1 km a adjustační koeficient, který je využíván pro adjustaci extrapolačních předpovědí srážek a radarových odhadů srážek v období, kdy ještě nejsou k dispozici aktuální srážkoměrné údaje
- výše zmíněný kombinovaný odhad MERGE obsahuje standardně výsledek metody KED. Pokud však není možné KED numericky spočítat nebo je příliš nízká korelace mezi polem hodnot ze srážkoměrů a polem hodnot radarových odhadů srážek nebo není dostatek nenulových srážkoměrných údajů, je do výsledného pole MERGE vloženo buď pole adjustovaného radarového odhadu srážek, nebo pole interpolovaných srážkoměrů (to v případě, že maximální srážka v adjustovaném radarovém odhadu je nižší než 1 mm). Zde se vychází z předpokladu, že vyšší radarové odhady srážek pozorujeme typicky v konvektivních situacích s výraznými prostorovými gradienty v rozložení srážek, kdy je lepší použít pole adjustovaného radarového odhadu. Naopak v případě nízkých hodnot radarových

odhadů, naznačujících přítomnost slabých srážek neviditelných radarem, je vhodnější použít pole prostorově interpolovaných měření ze srážkoměrů.

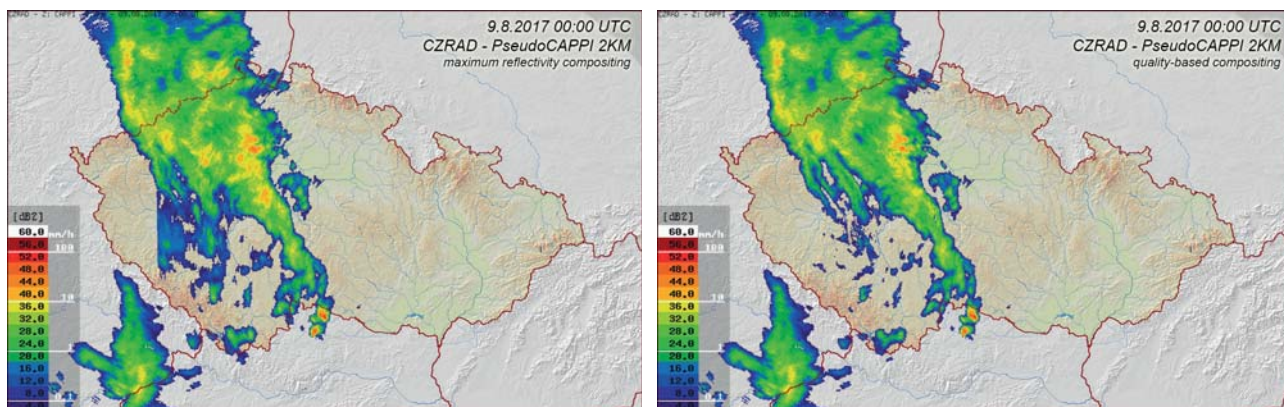
- plošné odhady pro delší časové úseky (3 h, 6 h, 12 h, 24 h, 72 h) jsou počítány jako součty odpovídajících 1h sum

2. Průběžná modernizace systému MERGE2

Systém MERGE2 a související nástroje byly po svém uvedení do provozu i nadále rozvíjeny. Většina úprav souvisela s intenzivním využíváním radarových adjustovaných a kombinovaných odhadů srážek a adjustovaných extrapolacních předpovědí srážek v hydrologické aplikaci Indikátor přívalových povodní (FFI, Flash Flood Indicator), která výrazně navýšila požadavky na kvalitu a přesnost těchto dat (Novák a kol. 2021; Šercl a kol. 2023).

Jednou ze změn, které byly provedeny, je změna způsobu slučování produktů PseudoCAPPI 2 km. Produkt PseudoCAPPI 2 km obsahuje radarová data z hladiny 2 km nad mořem a ve větších vzdálenostech od radaru, kde data z této hladiny nejsou dostupná, pak z nejbližší vyšší hladiny. V minulosti byla při jejich slučování používána metoda maximální odrazivosti, kdy v bodě pokrytém měření z více radarů byla použita nejvyšší hodnota z jednotlivých produktů PseudoCAPPI 2 km bez ohledu na výšku. Tento přístup maximalizuje pravděpodobnost detekce srážek a omezuje jejich podceňování vlivem útlumu radarového paprsku v intenzivních srážkách. Na druhou stranu, v případě výskytu silnější odrazivosti v hladinách nad 2 km (např. v kovádlinách bouří) v oblasti, kterou jeden z radarů pozoruje z větší vzdálenosti (a tedy jeho nejnižší využitelné měření dosahuje právě do těchto vyšších hladin), může docházet k nadhodnocení příp. vygenerování falešných odhadů neexistujících srážek. Díky tomu, že po modernizaci radarové sítě CZRAD v roce 2015 (Novák a Kyznarová 2016a) je možné útlum radarového signálu v silných srážkách do značné míry korigovat pomocí polarimetrických měření, bylo možné implementovat nový slučovací algoritmus pro PseudoCAPPI 2 km. V novém algoritmu slučování se vybírá maximální odrazivost z radarových měření ve výškových hladinách ± 200 m kolem hladiny 2 km nad mořem. Pokud v těchto hladinách blízko 2 km neměří žádný z radarů, sloučená informace obsahuje odrazivost z výškově nejbližší hladiny bez ohledu na hodnotu odrazivosti. Ukázka rozdílů slučovacích algoritmů je zobrazena na obr. 1.

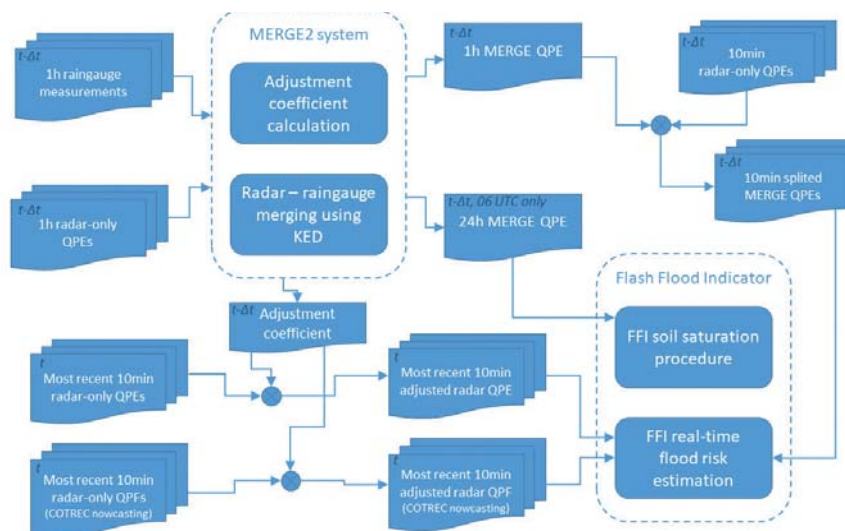
Další změnou byla úprava výpočtu adjustačního koeficientu. Z pohledu výpočtu kombinovaného odhadu MERGE není přesnost adjustovaného radarového odhadu kritická, protože na výpočet KED má minimální vliv a v případech, kdy je do pole MERGE použit místo KED adjustovaný radar, je výpočet adjustačního koeficientu často limitován množstvím dostupných nenulových srážkoměrných údajů (typicky počátek konvektivní aktivity). Adjustační koeficienty jsou však široce využívány v aplikaci FFI, kde jsou vyžadována co nejaktuálnější data. Ve FFI jsou proto společně s odhady MERGE hojně využívány i adjustované radarové odhady srážek (dostupné dříve než odhady MERGE) a adjustované extrapolacní předpovědi srážek. Upraven byl jednak výpočet původního průměrného plošně neproměnlivého (skalárního) adjustačního koeficientu a dále byl pro potřeby FFI vyvinut konzervativní plošně proměnlivý adjustační koeficient. Úpravy skalárního adjustačního koeficientu se týkaly jeho výchozí hodnoty, minimální délky časového okna použitého pro výběr dat, a jako nejdůležitější se ukázala změna metody přiřazování radarových a srážkoměrných údajů. V původním algoritmu se ke srážkoměrnému údaji přiřazovala radarová hodnota z jednoho z 9 pixelů z oblasti 3×3 km kolem polohy stanice, která byla ke srážkoměrnému údaji nejbližší. Důvodem byla snaha o kompenzaci možného snosu srážek. V současnosti se používá jednoduché přiřazení radarové hodnoty v gridovém bodě, ve kterém leží stanice, neboť vyhodnocení ukázala, že případná kompenzace snosu srážek dostatečně nevyváží systematickou chybu adjustace v případě převládajícího vychýlení radarového odhadu jedním směrem. Výše zmíněný konzervativní plošně proměnlivý adjustační koeficient je výrazně odlišný od algoritmu používaného v období 2009–2013. Nový koeficient je výrazně méně proměnlivý a snaží se zachytit velkoprostorovou proměnlivost vychýlení radarových odhadů. Takovýto koeficient je vhodnější pro adjustaci radarových odhadů srážek z pozdějších termínů a adjustaci extrapolacních předpovědí srážek. Detaily k výpočtu nových adjustačních



Obr. 1 Rozdíl mezi slučováním produktu PseudoCAPPI 2 km pomocí algoritmu maximální odrazivosti (vlevo) a nového algoritmu zohledňujícího skutečnou výšku měřené odrazivosti (vpravo). Rozdíl je nejpatrnější v oblasti JZ Čech.

koeficientů je možné nalézt v (Novák a kol. 2021).

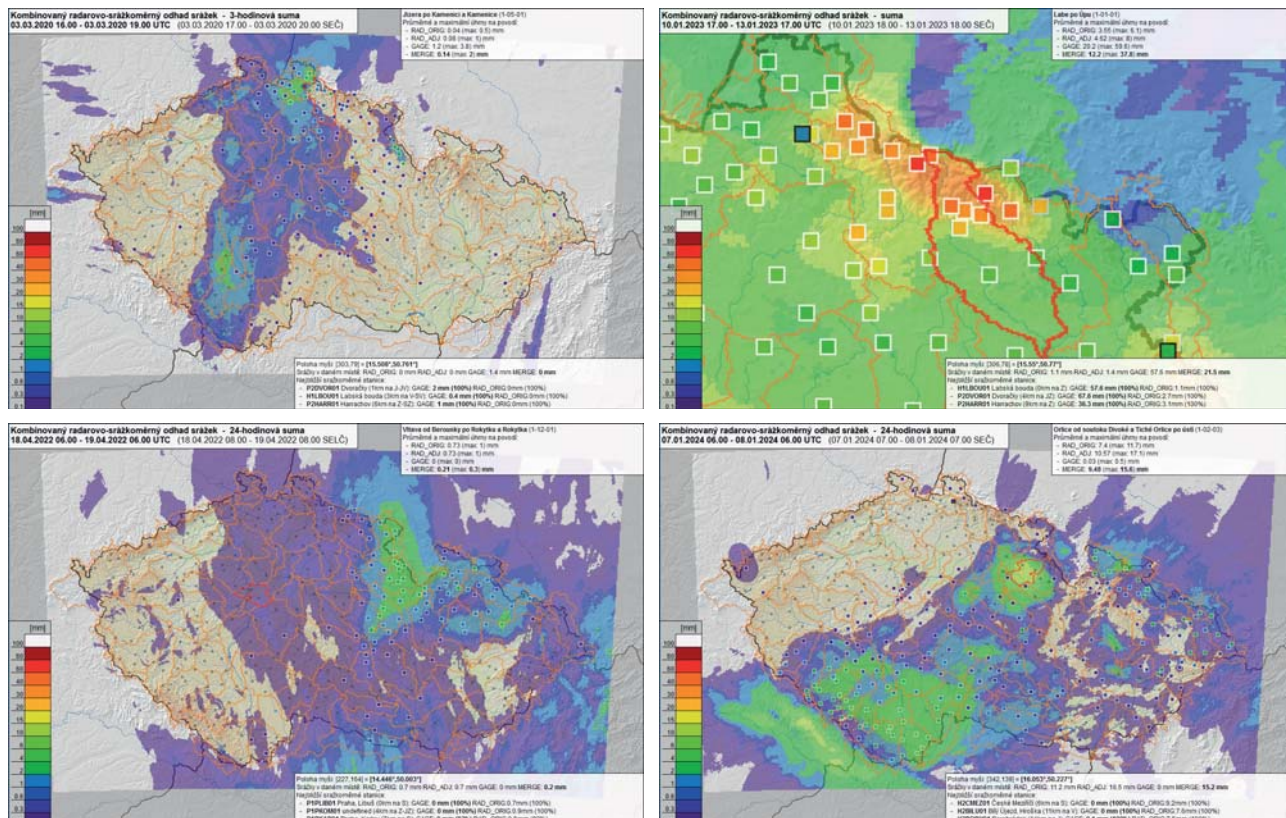
Dalším důležitým krokem pro zpřesnění radarových vstupů do FFI byla implementace algoritmu pro rozdělování 1h sum kombinovaných odhadů MERGE na kratší 10min sumy na základě 10min sum nekorigovaných radarových odhadů srážek. Takto rozpočítané 10min sumy MERGE poskytují ještě lepší odhady srážek než odhady adjustované novým prostorově proměnlivým adjustačním koeficientem, proto se ve FFI začaly používat pro termíny, kde je k dispozici MERGE (Šercl a kol. 2023). V současné době je tak pro vstup radarových dat do FFI využíváno poměrně komplexní schéma, viz obr. 2.



Obr. 2 Schéma vstupu radarových dat do FFI.

3. Nové výzvy pro kombinované odhady srážek

S tím, jak jsou kombinované odhady srážek MERGE využívány v stále širší škále hydrologických modelů a aplikací, jsou využívány i v situacích, pro které nebyly primárně vyvíjeny. Z tohoto důvodu jsou uživatelům dostupné adjustované radarové odhady a plošné interpolace srážkoměrných údajů jako samostatné výstupy systému MERGE2, aby si uživatelé mohli zvolit nejvhodnější produkt pro konkrétní situaci. Uživatelé však nechtějí řešit přepínání mezi jednotlivými produkty a rádi by měli k dispozici kombinovaný odhad srážek, který by volbu vhodného odhadu srážek řešil automatizovaně bez zásahu uživatele. Typicky se jedná o situace, kdy radarová měření nezachytí dobře srážkovou oblačnost, protože se vyskytuje pod nejnižším dostupným radarovým paprskem. Jedná se nejčastěji o srážky v zimním období, zejména v horských oblastech, ale může jít i o situace výrazného podceňování srážek v horských oblastech v teplé polovině roku vlivem



Obr. 3 Ukázky vytipovaných problémových situací pro kombinované odhady MERGE.

nezachycení orografického zesilování srážek v nejnižších hladinách. Mohou se ale naopak vyskytovat také problémy s detekcí falešných slabých srážek radarem, kdy radar detekuje odrazy ve výškové hladině 2 km n. m., které však nedopadnou na zem. Přestože se většinou jedná o velmi nízké odrazivosti, odpovídající srážkám v řádu desetin mm, jejich detekce po dobu více hodin může negativně ovlivnit např. pole nasycení půdy v hydrologických modelech. V těchto situacích buď radarové pole negativně ovlivňuje výsledné pole KED nebo na výpočet KED vůbec nedojde v důsledku nízké korelace mezi radarovými odhady a srážkoměrnými údaji a do výsledného pole MERGE je doplněno pole adjustovaného radaru nebo interpolovaných srážkoměrů (viz výše). Interpretace takovýchto kombinovaných odhadů je pak poměrně komplikovaná, zejména pokud se jedná o sumy nasčítané za delší období, např. za 24 h, kde se může kombinovat více různých jevů, ke kterým za dané období došlo v rozdílných časech.

Ve spolupráci s hydrology ČHMÚ jsou vytipovávány typy problémových situací, na něž by se měl zaměřit budoucí rozvoj systému MERGE2. Na obr. 3 jsou zobrazeny ukázky čtyř takto vytipovaných situací.

První případ, na obr. 3 vlevo nahoře, zobrazuje situaci z 3. 3. 2020, kde na 3h sumě MERGE je vidět nedetekování srážek radary ve východních Čechách a zejména v Krkonoších. Naopak v části jižních, středních i severozápadních Čech zobrazuje kombinovaný odhad MERGE srážky v místech, kde srážkoměry žádné srážky nezaznamenaly.

Problém špatné detekce srážek v zimním období v Krkonoších ukazuje i druhá situace, na obr. 3 vpravo nahoře, kde je zobrazena 3denní suma MERGE z 10.–13. 1. 2023. V tomto období radarová měření nezachytila nebo pouze částečně zachytila výskyt nízké srážkové oblačnosti v oblasti Krkonoš, což negativně ovlivnilo výpočet pole MERGE. Vlivem špatné viditelnosti srážkové oblačnosti zaznamenal radarový odhad úhrny pouze v řádu jednotek mm v místech, kde srážkoměry zaznamenaly úhrny několik desítek mm. Kombinovaný odhad MERGE pak udával v těchto oblastech zhruba dvoutřetinové až poloviční úhrny oproti úhrnům zaznamenaným srážkoměry, což např. v oblasti Labské boudy představovalo rozdíl více 35 mm srážek.

Další případ, na obr. 3 vlevo dole, zobrazuje situaci z 18.–19. 4. 2022, kdy na 24h sumě MERGE jsou zaznamenány falešné slabé srážky v středních a severních Čechách i na SV Moravy. Přitom srážky ve východních Čechách a na severní Moravě jsou zaznamenány dobře.

Poslední případ, na obr. 3 vpravo dole, zobrazuje situaci ze 7.–8. 1. 2024, kdy na 24h sumě v oblasti pod Orlickými horami dosahují odhady MERGE hodnot i přes 10 mm zatímco srážkoměry zde zaznamenaly zanedbatelné až nulové úhrny. Naopak v oblasti Ostravska jsou měřené úhrny srážek vyšší než úhrny MERGE. Jedná se o situaci, kde se plně projevuje vliv výpočtu 24h sum MERGE nasčítáním jednotlivých 1h sum. V 24h sumách se pak mohou projevit na různých místech efekty způsobené výpočty v rozdílných časech. V tomto případě radarová měření nezachytila velmi slabé srážky (typicky $0,1\text{--}0,2\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$) na severní Moravě a z velké části taky na Šumavě. Naopak mylně byly identifikovány jako slabé srážky radarové odrazy od oblačnosti ve východních Čechách, k čemuž v dané oblasti došlo zřejmě vlivem širšího radarového paprsku a také odhadu srážek z větší výšky ve větší vzdálenosti od radaru. Toto způsobilo, že korelace mezi úhrny ze srážkoměrů a odpovídajícími radarovými odhady byla nízká, a pro pole MERGE tak byl použit adjustovaný radarový odhad srážek.

4. Diskuze a závěr

V případě velkého nesouladu (nízké korelace) mezi srážkoměrnými údaji a odpovídajícími radarovými odhady srážek bude výpočet kombinovaných odhadů vždy problematický. Jak je ukázáno na příkladech problémových situací v předchozí kapitole, existuje velká rozmanitost v příčinách i následných projevech zmíněných nesouladů. Problém se netýká pouze jedné izolované lokality, nicméně oblast Krkonoš je z tohoto pohledu nejdůležitější.

Problém nedostatečné detekce nízké srážkové oblačnosti bohužel nedokáže vyřešit tvorba rozšířené sloučené informace spolu se zahraničními radary, neboť tyto radary vzhledem ke své poloze mají na našem území ve většině případů ještě horší schopnost detekce nízké srážkové oblačnosti než české radary. Ukázkou toho může být výše uvedená situace z 3. 3. 2020, kde do kombinovaného odhadu srážek MERGE vstupovala právě rozšířená radarová informace včetně dat z radarů v Polsku a Německu. Jak lze vidět, ani dostupnost dat z polského radaru Pastewnik a německých Drážďan neumožnila detekování srážek v oblasti Krkonoš a východních Čech.

V současnosti předpokládáme, že k řešení by mohla přispět úprava a rozšíření pravidel vyhodnocujících, které pole odhadů srážek (tj. pole interpolovaných srážkoměrů, adjustovaný radar a kombinovaný odhad srážek pomocí KED) bude vloženo do výsledného produktu MERGE. Dále bude třeba provést vyhodnocení možného doplnění dalších rozhodovacích pravidel, např. ročního období, výšky nulové izotermy apod. Bude také vhodné otestovat možnosti, jak aplikovat tato pravidla odlišně v různých oblastech výpočetní domény. Aby tedy bylo možné například použít jako výstup MERGE kombinaci KED s výjimkou oblasti Krkonoš, kde by se využila interpolace srážkoměrů. Další otevřenou otázkou je možnost využití jiného specializovaného radarového produktu v zimním období.

Literatura:

- KRÁČMAR, J., JOSS, J., NOVÁK, P., HAVRÁNEK, P., ŠÁLEK, M. 1999. First steps towards quantitative usage of data from Czech weather radar network. Final Seminar of COST-75: „Advanced Weather Radar Systems“, Locarno, 23.–27. 3. 1998, European Commission, Luxembourg, s. 91–101, ISBN 92-828-4907-4.
- NOVÁK, P., KRÁČMAR, J., 2001 Vertical Reflectivity Profiles in the Czech Weather Radar Network. 30th International Conference on Radar Meteorology, Mnichov, 19.–24. 7. 2001, AMS, P15.3, doi: 10.13140/RG.2.2.27536.89600.
- NOVÁK, P., KYZNAROVÁ, H., 2016a. Upgrade of the CZRAD meteorological radar network in 2015. *Meteorologické zprávy*, roč. **69**, č. 1, s. 17–24, ISSN 0026-1173.
- NOVÁK, P., KYZNAROVÁ, H., 2016b. MERGE2 – modernizovaný systém kvantitativních odhadů srážek provozovaný v Českém hydrometeorologickém ústavu, *Meteorologické zprávy*, roč. **69**, č. 5, s. 137–144, ISSN 0026-1173.
- NOVÁK, P., KYZNAROVÁ, H., PECHA, M., ŠERCL, P., SVOBODA, V., LEDVINKA, O., 2021. Utilization of Weather Radar Data for the Flash Flood Indicator Application in the Czech Republic. *Remote Sens.*, roč. **13**, č. 16, číslo článku 3184, doi:10.3390/rs13163184.
- ŠÁLEK, M., KRÁČMAR, J., 1997. Odhady srážek z meteorologického radiolokátoru Skalky. *Meteorologické zprávy*, roč. **50**, č. 4, s. 99–109, ISSN 0026-1173.
- ŠÁLEK, M., NOVÁK, P., SEO, D-J., 2004. Operational application of combined radar and raingauges precipitation estimation at the CHMI. *ERAD publication series*, Vol. **2**, s. 16–20, ISBN 3-936586-29.
- ŠÁLEK, M., 2011. Kombinace údajů meteorologických radiolokátorů a srážkoměrů pro odhad srážek. Doktorská disertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny.
- ŠERCL, P., PECHA, M., NOVÁK, P., KYZNAROVÁ, H., LEDVINKA, O., SVOBODA, V., DAÑHELKA, J., 2023. Flash Flood Indicator, Praha: ČHMÚ, ISBN 978-80-7653-050-8.

Klíčová slova: meteorologický radar, plošné odhady srážek, MERGE2, FFI

Poděkování: Práce prezentovaná v tomto příspěvku vznikla s institucionální podporou Dlouhodobé koncepce rozvoje výzkumné organizace pro období 2023–2027.

Porovnanie konvenčných a automatických meraní teploty vzduchu a atmosférických zrážok na observatóriu pri Skalnatom plese

Svetlana Varšová¹, Veronika Lukasová¹, Milan Onderka^{1,2}, Dušan Bilčík¹

¹ Ústav vied o Zemi SAV, v.v.i., Dúbravská cesta 9, 840 05 Bratislava, SK, geofsvet@savba.sk

² Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, SK

1. Úvod

Harmonizácia manuálnych a automatických meteorologických meraní je dôležitá pre zachovanie kontinuity dlhodobých klimatických radov v prípade prechodu z klasických na modernejšie spôsoby merania. História konvenčných manuálnych meraní pri Skalnatom plese siaha do roku 1941, kedy začali pravidelné meteorologické merania v rámci prevádzky lanovej dráhy. V roku 1943 došlo k premiestneniu meteorologickej stanice do novej budovy astronomického a meteorologického observatória v nadmorskej výške 1 778 m n. m. V súčasnosti tak máme k dispozícii viac ako 80 ročný rad kvalitných klimatických údajov odvodených z manuálnych meraní, ktorý pokrýva posledné dve normálové obdobia 1961–1990 a 1991–2020 (Lukasová et al. 2023b). Od roku 2014 bola na observatóriu uvedená do prevádzky automatická meteorologická stanica (AMS) Physicus. Analýza paralelných meraní umožňuje definovať a korigovať potenciálne nehomogenity v prípade nahradenia konvenčných meraní systémom AMS Physicus v nasledujúcom normálovom období 2021–2050. Spracovanie údajov pre obdobie 2017–2022 Lukasová et al. (2023a) poskytuje výpočtové algoritmy pre korekciu automatických meraní so zameraním na základné klimatické ukazovatele definované Svetovou meteorologickou organizáciou (WMO 2017).

Cieľom tejto práce bolo analyzovať merania teploty vzduchu a atmosférických zrážok v roku 2023 a pomocou korekčných algoritmov Lukasová et al. (2023a) harmonizovať automatické a manuálne meteorologické merania na observatóriu pri Skalnatom plese pre udržanie kontinuity nepretržitých klimatických meraní v alpínskom ekotonovom pásme Vysokých Tatier.

2. Metodika

Observatórium Skalnaté Pleso (49,18928° s. š.; 20,23410° v. d.) sa nachádza v Skalnatej doline v nadmorskej výške 1 778 m n. m. vo Vysokých Tatrách na Slovensku. Meteorologické merania a pozorovania sú na tejto stanici vykonávané nepretržite od roku 1943. Porovnanie konvenčných a automatických meraní zaznamenaných v roku 2023 vychádzalo z údajov i) nameraných, ii) korigovaných. Na meranie teploty vzduchu manuálnym spôsobom bol použitý kalibrovaný ortuťový teplomer. Odčítanie hodnôt prebiehalo v troch časových termínoch 06:39, 13:39 a 20:39 (SEČ) a 07:39, 14:39 a 21:39 (SELČ), t.j. 05:39, 12:39 a 19:39 (UTC). Automatický systém Physicus používa na meranie teploty vzduchu platínový odporový teplomer Pt100. Obidva teplomery, ortuťový i Pt100 boli umiestnené vedľa seba v štandardnej meteorologickej búde pri budove observatória. Údaje z automatického systému boli zaznamenávané v 10 minútovom časovom kroku. Výpadky v manuálnom režime boli minimálne, v databáze automatických meraní chýbalo menej ako 1 % údajov. Priemerná denná hodnota z manuálnych i automatických meraní bola vypočítaná rovnakým spôsobom a to priemerovaním hodnôt z 3 termínov v priebehu dňa, pričom večerné meranie sa započítava 2 krát. V prípade manuálnych meraní boli do výpočtu zahrnuté hodnoty prislúchajúce časom 05:40, 12:40 a 19:40 (UTC). Z priemerných denných hodnôt boli vypočítané priemerné mesačné teploty vzduchu označené ako TM pre manuálne meranie a TA1 pre automatické meranie. Korigované hodnoty TA2 sme odvodili z TA1 použitím mesačných regresíí získaných z korelačnej závislosti údajov nameraných v období 2017–2022. Koeficienty lineárnej regresie sú uvedené vo výsledkoch v tabuľke 1. Pri manuálnom meraní zrážok sa zisťuje množstvo zrážok v tvare vody alebo voda z rozpustených tuhých zrážok (zo snehu, krúpok, prípadne z usadených zrážok) zachytených v zrážkomernej nádobe so zachytnou plochou 500 cm². Objem kvapalných zrážok sa meria pomocou špeciálnej kalibrovanej odmerky 3 krát za deň v uvedenom čase, pričom za denný úhrn sa považuje celková suma zaznamenaná v časovom intervale od 7 do 7 hod., v našom prípade 06:39 SEČ, 07:39 SELČ t.j. 5:39 UTC. Z denných úhrnov boli odvodené sumy (ZM) mesačné a ročná. V automatickom systéme Physicus boli zrážkové úhrny merané pomocou preklápacieho zrážkomera MR3H (výrobca Meteoservis, CZ) so zachytnou plochou 500 cm² s možnosťou vyhrievania. Sumáciou 10 min údajov pre denné zrážky v intervale od 05:40 (predchádzajúci deň) do 05:30 UTC (aktuálny deň) boli získané sumy (ZA1) denné, mesačné a ročné. Korigované hodnoty (ZA2) boli vypočítané pomocou regresných rovníc (koeficienty sú uvedené v tab. 2).

3. Výsledky

3.1 Priemerná teplota vzduchu

Spracovanie údajov teploty vzduchu nameraných v priebehu roku 2023 poukazuje na mierne vyššie priemerné mesačné hodnoty z automatických ako manuálnych meraní ($TA1 \geq TM$, tab. 1).

Absolútne odchýlky mesačných priemerov sa pohybovali v rozsahu od 0,0 do 0,2 °C (obr. 1, a). Korekciou priemerných mesačných hodnôt z automatických meraní došlo k zníženiu absolútnych odchýlok na úroveň $-0,1$ až $+0,1$ °C (obr. 1, b). Stredná kvadratická chyba (RMSE) mesačných hodnôt v roku 2023 poklesla z pôvodných $\Delta TA1$ 0,14 °C na $\Delta TA2$ 0,06 °C. Priemerná ročná teplota po korekcii priemerných mesačných hodnôt z automatických meraní bola zhodná ročným priemerom z manuálnych meraní ($TA2 = TM$, tab. 1).

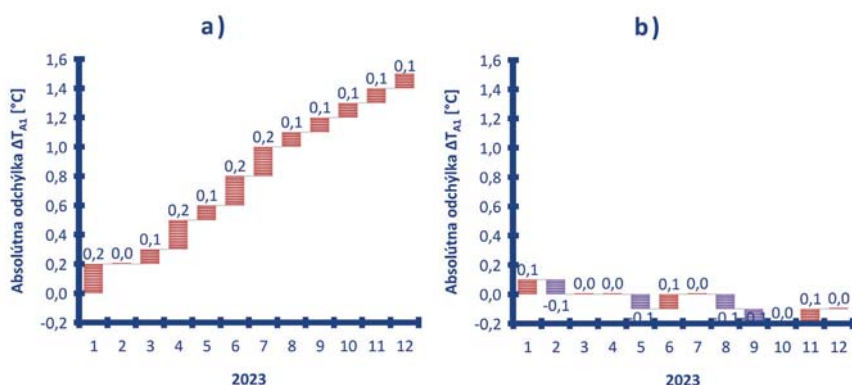
3.2 Atmosférické zrážky

Mesačné zrážkové úhrny v roku 2023 (tab. 2) z automatického zrážkomera (ZA1) boli takmer počas celého roka nižšie ako z manuálnych meraní (ZM). Absolútne odchýlky v rozsahu od 1,1 do $-19,4$ mm sme zaznamenali v teplejšej časti roka, čo môže súvisieť napr. aj s výparom v automatickom zrážkomeri pri veľmi nízkych zrážkach, prípadne môžeme uvažovať aj s malou osobnou chybou pri odčítaní z odmernej nádoby v troch termínových meraniach počas dňa.

Tab. 1 Priemerná mesačná a ročná teplota vzduchu odvodená z manuálnych (TM) a automatických (TA1) meraní na observatóriu pri Skalnatom plese v roku 2023; TA2 predstavuje korigovanú TA1 teplotu podľa regresného vzťahu $y = ax + b$, pričom $y = TA2$, $x = TA1$, regresné koeficienty a , b sú uvedené pre jednotlivé mesiace samostatne, $\Delta TA1$ predstavuje odchýlku $TA1-TM$ pred korekciou; $\Delta TA2$ znamená odchýlku $TA2-TM$ po korekcii automatických meraní.

Mesiac/Rok		Namerané hodnoty				Regresné koeficienty		Korigované hodnoty		
		TM [°C]	TA1 [°C]	$\Delta TA1$		a	b	TA2 [°C]	$\Delta TA2$	
				[°C]	[%]				[°C]	[%]
Priemerná mesačná teplota	1/2023	-2,4	-2,1	0,2	-9%	0,998	-0,149	-2,3	0,1	-3%
	2/2023	-4,6	-4,6	0,0	-1%	0,978	-0,259	-4,8	-0,1	2%
	3/2023	-1,9	-1,8	0,1	-8%	1,034	-0,084	-1,9	0,0	0%
	4/2023	-1,0	-0,8	0,2	-20%	1,003	-0,164	-1,0	0,0	-3%
	5/2023	5,6	5,7	0,1	2%	1,007	-0,186	5,5	-0,1	-1%
	6/2023	9,0	9,2	0,2	2%	0,967	0,219	9,1	0,1	1%
	7/2023	12,2	12,4	0,2	1%	1,02	-0,383	12,2	0,0	0%
	8/2023	13,1	13,2	0,1	1%	1,017	-0,344	13,0	-0,1	0%
	9/2023	11,0	11,1	0,1	1%	0,974	0,091	10,9	-0,1	-1%
	10/2023	5,9	6,0	0,1	2%	0,977	0	5,9	0,0	0%
	11/2023	-2,6	-2,5	0,1	-4%	0,961	-0,093	-2,5	0,1	-4%
	12/2023	-2,1	-2,1	0,1	-4%	1,004	-0,101	-2,2	0,0	2%
Priemer za rok		3,5	3,6	0,1	4%	:	:	3,5	0,0	0%

Výrazne vyššie rozdiely od $-21,2$ do $+44,2$ mm sa vyskytli v chladných mesiacoch od januára do marca (obr. 2, a). Predpokladáme, že najväčší rozdiel $+44,2$ mm v mesiaci 03/2023 ovplyvnila meteorologická situácia v posledných dňoch mesiaca. Výdatné sneženie (nový sneh 21 a 25 cm v priebehu dvoch dní) a silný nárazový vietor prispeli k nestabilným podmienkam pre akumulovanie snehových zrážok v zrážkomerných nádobách. Vo vyhrievanom automatickom zrážkomeri sa počas tejto snehovej epizódy zachytilo viac snehových zrážok ako v klasickej zrážkomernej nádobe, kde sa pravdepodobne viac prejavil účinok zvráteného snehu. Korekciou mesačných súm z automatických meraní došlo k zníženiu absolútnych odchýlok na úroveň $-0,5$ až $+26,9$ mm (obr. 2, b). Pomerne nízke relatívne odchýlky od -2

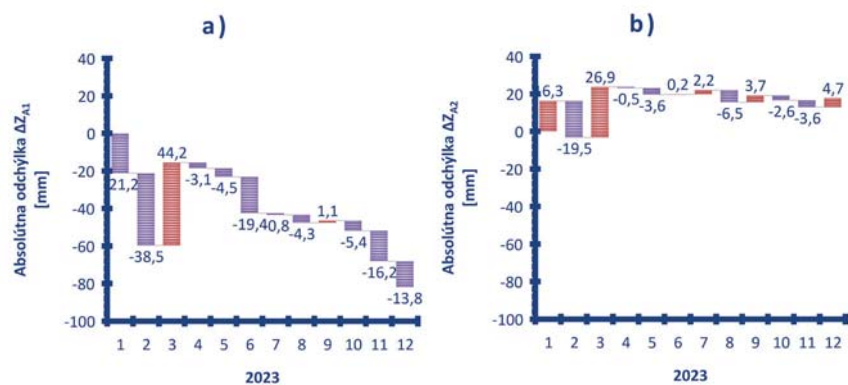


Obr. 1 Vodopádový graf vyjadruje kumulatívny efekt absolútnych odchýlok medzi hodnotami z manuálnych a automatických meraní pre priemerné mesačné teploty na observatóriu pri Skalnatom plese v roku 2023; a) odchýlky medzi TM a TA1 pred korekciou – $\Delta TA1$ (°C), b) odchýlky medzi TM a TA2 po korekcii – $\Delta TA2$ (°C).

Tab. 2 Mesačné sumy a ročný úhrn zrážok odvodené z manuálnych (ZM) a automatických (ZA1) meraní na observatóriu pri Skalnatom plese v roku 2023; ZA2 predstavuje korigovanú ZA1 hodnotu podľa regresného vzťahu $y = ax + b$, pričom $y = ZA2$, $x = ZA1$, regresné koeficienty a , b sú uvedené pre jednotlivé mesiace samostatne, $\Delta 1$ predstavuje odchýlku medzi hodnotami ZA1-ZM pred korekciou; $\Delta 2$ znamená odchýlku ZA2-ZM po korekcii automatických meraní.

Mesiac/Rok		Namerané hodnoty				Regresné koeficienty		Korigované hodnoty		
		ZM [mm]	ZA1 [mm]	$\Delta ZA1$		a	b	ZA2 [mm]	$\Delta ZA2$	
				[mm]	[%]				[mm]	[%]
Mesačné zrážkové úhrny	I/23	110,2	89,0	-21,2	-19%	1,474	-4,637	126,5	16,3	15%
	II/23	147,1	108,6	-38,5	-26%	1,118	6,156	127,6	-19,5	-13%
	III/23	77,6	121,8	44,2	57%	0,612	30,033	104,5	26,9	35%
	IV/23	66,3	63,2	-3,1	-5%	1,054	-0,826	65,8	-0,5	-1%
	V/23	147,4	142,9	-4,5	-3%	0,996	1,54	143,8	-3,6	-2%
	VI/23	233,4	214,0	-19,4	-8%	1,12	-6,161	233,6	0,2	0%
	VII/23	146,0	145,2	-0,8	-1%	1,101	-11,715	148,2	2,2	1%
	VIII/23	269,4	265,1	-4,3	-2%	0,965	7,116	262,9	-6,5	-2%
	IX/23	86,9	88,0	1,1	1%	1,034	-0,4	90,6	3,7	4%
	X/23	208,6	203,2	-5,4	-3%	1,001	2,54	206,0	-2,6	-1%
	XI/23	165,9	149,7	-16,2	-10%	1,066	2,73	162,3	-3,6	-2%
	XII/23	118,7	104,9	-13,8	-12%	1,327	-15,802	123,4	4,7	4%
Ročný úhrn		1777,5	1695,6	-81,9	-5%	:	:	1795,2	17,7	1%

do +4% po korekcii poukazujú na prijateľnú zhodu v mesiacoch s výskytom prevažne dažďových zrážok (04–12/2023). RMSE mesačných hodnôt v roku 2023 poklesla po korekcii z pôvodných 14,38 mm na 7,57 mm. Problematické sa javia zimné mesiace, kedy sú zrážky prevažne vo forme snehu. Pri výdatnom snežení a silnom nárazovom vetre možno považovať merania či už v automatickej ako aj v klasickej zrážkomernej nádobe za skreslené. Napriek tomu, po korekcii mesačných súm, ročný úhrn odvodený z automatických meraní prevýšil príslušnú hodnotu z manuálnych meraní o 17,7 mm, čo predstavuje akceptovateľnú relatívnu chybu do 1%.



Obr. 2 Vodopádový graf vyjadruje kumulatívny efekt absolútnych odchýlok medzi hodnotami z manuálnych a automatických meraní pre mesačné zrážkové úhrny na observatóriu pri Skalnatom plese v roku 2023; a) odchýlky medzi ZM a ZA1 pred korekciou – $\Delta ZA1$ (mm), b) odchýlky medzi ZM a ZA2 po korekcii – $\Delta ZA2$ (mm).

4. Diskusia

Z doterajších porovnávacích analýz za roky 2017–2022 vyplýva, že rozdiely v teplotách vzduchu boli významne nižšie ako v zrážkových úhrnoch (Lukasová et al. 2023a). Priemerná odchýlka mesačných hodnôt teploty vzduchu v roku 2023 bola pred korekciou 0,1 °C a po korekcii 0,0 °C, pričom RMSE mesačných hodnôt poklesla z pôvodných 0,14 °C na 0,06 °C. Tieto hodnoty sú v súlade s RMSE mesačných regresii priemernej teploty, z ktorých boli odvodené korekčné rovnice. Tie dosahovali 0,16 °C pred a 0,06 °C po korekcii (Lukasová et al. 2023a). V prípade mesačných úhrnov zrážok bola priemerná odchýlka mesačných hodnôt v roku 2023 na úrovni -81,9 mm. Použitím mesačných regresii sa nám podarilo túto hodnotu znížiť na 17,7 mm, pričom RMSE klesla korekciou z 14,38 mm na 7,57 mm. Oproti RMSE mesačných zrážkových úhrnov, z ktorých boli odvodené korekčné rovnice je to minimálny rozdiel. Tie dosahovali 13,61 mm pred a 6,62 mm po korekcii (Lukasová et al. 2023a). Výrazné rozdiely v zrážkových úhrnoch medzi automatickou a konvenčnou stanicou evidujeme predovšetkým v zimných mesiacoch. V roku 2023 boli relatívne odchýlky v rozpätí od -26% (február) až do 57% (marec). Predpokladáme, že skreslenie údajov vplyvom vonkajších podmienok v chladnej časti roka by mohol byť čiastočne kompenzovaný napr. inštaláciou špeciálneho súčtového zrážkomera, tzv. totalizátora. Totalizátory sú konštruované ako klasické zrážkomery s primerane veľkou zachytnou nádobou na akumuláciu zrážok v dlhšom časovom období. Zachytná plocha totalizátora je 250 cm² a je k nej pripevnená mohutná kruhová Nipherova protiveterná ochrana zabráňujúca vyfúkaniu hlavne snehových zrážok. Zachytná plocha vo výške 2 až 4 m nad terénom zabráňuje

úplnému zasypaniu totalizátora snehom. Charakteristiky zrážkových udalostí, sa môžu rýchlo meniť v čase aj priestore (Ghaemi et al. 2021) a ich meranie môže byť ovplyvnené mnohými faktormi. Samotné meranie zrážok môže byť podhodnotené vplyvom vetra v dôsledku nižšieho zachytu (Talchabhadel et al. 2017; Schleiss et al. 2020). V horských polohách a na veterných miestach môže vietor spôsobiť nižší zachyt až okolo 10 % v prípade dažďových zrážok a 50 % v prípade snehu (Brandsma 2014). Pri konvenčných zrážkomerných nádobách môžu ďalšie zdroje chýb súvisieť s navlhčením vnútorných stien meradla počas vyprázdňovania alebo s vyparovaním. Pri automatických zrážkomeroch môžu nastať straty v dôsledku neočakávanej poruchy stanice alebo vykurovacieho telesa pri nízkych teplotách (Brandsma 2014) ale aj v dôsledku poruchy prístroja a následnej registrácie falošných údajov, a pod. (WMO 2017).

5. Záver

Porovnanie konvenčných a automatických meraní teploty vzduchu a atmosférických zrážok na observatóriu pri Skalnatom plese ukázalo, že korigované mesačné a ročné hodnoty odvodené z automatických meraní v roku 2023 boli v rozsahu prijateľnom pre účely výpočtu klimatického normálu. Použitím mesačných regresíí získaných z korelačnej závislosti údajov nameraných v období 2017–2022 sme korekciou mesačných priemerov z automatického systému pre rok 2023 odvodili korigovanú priemernú ročnú teplotu, ktorá bola zhodná s priemernou ročnou teplotou z manuálnych meraní. V oboch prípadoch dosiahla hodnotu 3,5 °C. Odchýlky pre ročný zrážkový úhrn boli upravené z –89,9 mm (–5 %) na 17,7 mm (1 %), pričom mesačné úhrny s prevažne snehovými zrážkami v zimných mesiacoch môžu byť skreslené predovšetkým v dňoch s výdatným snežením a silným nárazovým vetrom. Celková ročná suma zrážok podľa manuálnych meraní dosiahla hodnotu 1777,5 mm a 1795,2 mm po korekcii meraní z automatického systému.

Literatúra:

BRANDSMA, T., 2014. Comparison of automatic and manual precipitation networks in the Netherlands [online]. De Bilt, Technical Report TR-347 [cit. 5. 2. 2024]. Dostupné z WWW: <https://cdn.knmi.nl/knmi/pdf/bibliotheek/knmipub/TR/TR347.pdf>.

GHAEMI, E., FOELSCHE, U., KANN, A., FUCHSBERGER, J., 2021. Evaluation of Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis (INCA) precipitation analysis using a dense raingauge network in southeastern Austria. *Hydrology and Earth System Sciences*, roč. **25**, s. 4335–4356, doi:10.5194/hess-25-4335-2021.

LUKASOVÁ, V., BUCHHOLCEROVÁ, A., ONDERKA, M., BIČÁROVÁ, S., BILČÍK, D.; NEJEDLÍK, P., 2023a. How can the transition from conventional to automatic measurements affect the climatological normals? –A case study from an alpine meteorological observatory at Skalnaté Pleso, Slovakia. *Meteorologische Zeitschrift*, roč. **32**, č. 5, s. 431–444. doi: 10.1127/metz/2023/1200.

LUKASOVÁ, V., VARŠOVÁ, S., BUCHHOLCEROVÁ, A., ONDERKA, M., BILČÍK, D., 2023b. Changes in the high-altitude climate of High Tatra Mts. evaluated by climatic normals from the Skalnaté Pleso Observatory. *Meteorologický časopis*, roč. **26**, č. 1, s. 47–52.

SCHLEISS, M., J. OLSSON, P. BERG, T. NIEMI, T. KOKKONEN, S. THORND AHL, R. NIELSEN, J. ELLERBÆK NIELSEN, D. BOZHINOVA, S. PULKKINEN, 2020. The accuracy of weather radar in heavy rain: a comparative study for Denmark, the Netherlands, Finland and Sweden. *Hydrology and Earth System Sciences*, roč. **24**, s. 3157–3188, doi:10.5194/hess-24-3157-2020.

TALCHABHADEL, R., KARKI, R., PARAJULI, B., 2017. Intercomparison of precipitation measured between automatic and manual precipitation gauge in Nepal. *Measurement*, roč. **106**, p. 264–273, DOI:10.1016/j.measurement.2016.06.047.

WMO, 2017. Challenges in the Transition from Conventional to Automatic Meteorological Observing Networks for Long-term Climate Records [online]. World Meteorological Organization [cit. 6. 2. 2024]. Dostupné z WWW: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4217.

Kľúčové slová: manuálne meranie, horská klíma, Vysoké Tatry

Doplňujúce poznámky: Tento príspevok vznikol s finančnou podporou projektu VEGA 02/0093/21. Autori ďakujú za aktívnu spoluprácu pri zabezpečení manuálnych meteorologických meraní pracovníkom ÚVZ SAV: D. Božík, I. Bohuš, M. Krasula a SHMÚ: M. Takáčová.

IV. Hydrologie a kvalita ovzduší vyšších a horských poloh

Splňují horské lázně v Česku standardy kvality ovzduší?

Blanka Krejčí, Vladimíra Volná

Český hydrometeorologický ústav, Oddělení kvality ovzduší, K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava, blanka.krejci@chmi.cz

1. Úvod

Lázně v České republice využívají pro zlepšení celkového zdravotního stavu pacientů a klientů a k podpoře léčby onemocnění nejen přírodní léčivé zdroje, jako jsou minerální vody, termální prameny a peloidy, ale také působení specifických klimatických podmínek. Ovšem ani horské oblasti, ve kterých se nacházejí některé z našich významných lázeňských míst, nejsou izolovány od zdrojů znečištění ovzduší. Mezi hlavní znečišťující látky patří oxidy dusíku (NOX), oxidy síry (SOX), polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH) a suspendované částice (PM). Zvýšené koncentrace suspendovaných částic a znečišťujících plynů mohou způsobit zhoršení stavu pacientů s respiračními onemocněními, jako je astma nebo chronická obstrukční plicní nemoc, což může ovlivnit účinnost léčebných procedur. Oxidy dusíku a další znečišťující látky mohou zvýšit riziko kardiovaskulárních onemocnění, což může ovlivnit léčebný proces a zvyšovat potřebu lékařské intervence. Znečištění ovzduší ovlivňuje také komfort pacientů, může snížit jejich reakci na léčbu a regeneraci a má vliv na jejich celkovou psychickou pohodu. Česká republika měla v minulosti problémy se znečištěním ovzduší i v horských oblastech, zejména mezi 70. a 90. lety 20. století, s dopady na lidské zdraví a životní prostředí. Koncentrace škodlivin v ovzduší se v průběhu času obecně snižovaly, ale u některých stále dochází k překračování platných nebo navrhovaných imisních limitů.

2. Metodika, postup hodnocení a diskuze

V posledním desetiletí byly Státním zdravotním ústavem navrhovány specifické limitní hodnoty znečišťujících látek pro tři kategorie lázní. První kategorií jsou limity pro tzv. ostatní lázně (tab. 1), které odpovídají hodnotám limitů pro ochranu zdraví dle zákona č. 201/2012 Sb. (ČR 2012, tab. 3) vycházejícího ze směrnic legislativy Evropské unie (EC 2004, EC 2008). Další kategorií jsou limity pro tzv. respirační lázně (tab. 2), které jsou v některých ohledech u škodlivin SO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂, O₃ a benzo[a]pyren (BaP) přísnější než limity pro tzv. ostatní lázně. Třetí kategorií jsou limity pro tzv. klimatické lázně (tab. 3), které jsou u stejných škodlivin ještě přísnější než předchozí zmíněné kategorie.

Klimaterapie a léčba respiračních chorob jsou charakteristické pro lázně, nacházející se ve vyšších nadmořských výškách. Pro zajištění optimálního zdravotního a terapeutického prostředí pro pacienty horských lázní je zásadní dostupnost podrobných informací o kvalitě ovzduší. Ta je zajištěna možnou kombinací přístrojového monitorování kvality vnějšího ovzduší a modelování. V prezentaci jsou hodnoceny lázně nacházející se v nadmořské výšce nad 450 m, což z morfometrického hlediska odpovídá vymezení pro členité hornatiny. Jedná se o léčebná místa: Jáchymov, Janské Lázně, Jeseník, Karlova Studánka, Konstantinovy Lázně, Lázně Kynžvart, Lipová-lázně, Mariánské Lázně.

Vzhledem k tomu, že přímá měření nejsou k dispozici pro každé lázeňské místo, je pro účely hodnocení v tomto příspěvku navrženo využití hodnot průměrných koncentrací základních znečišťujících látek, resp. pětiletých hodnot průměrných koncentrací za roky 2018–2022, podle zákona o ochraně ovzduší 201/2012 Sb., §11, odst. 5 a 6 (ČR 2012). Modelové průměry znečišťujících látek jsou konstruovány do plochy České republiky v prostředí geografických informačních systémů v prostorovém rozlišení 1 × 1 km, v projekci zobrazení WGS 1984 UTM Zone 33N. Základními vstupními údaji jsou měřená imisní data uložená v databázi ISKO (Informační systém kvality ovzduší), dále jsou to výstupy z rozptylových modelů (Eulerovský chemický disperzní model CAMx, doplňkově též Gaussovský model SYMOS a evropský Eulerovský model EMEP, případně další rozptylové modely), emise z dopravy, nadmořská výška a hustota populace (ČHMÚ 2023). Odečtené hodnoty koncentrací jednotlivých látek jsou porovnány s hodnotami stávajících i navrhovaných imisních limitů.

Posuzování lázní podle jejich klasifikace a navrhovaných lázeňských imisních limitů na základě modelových průměrných koncentrací se jeví jako nejvhodnější dostupný nástroj pro potřeby posuzování úrovně kvality ovzduší lázeňských míst. Kromě odhadovaných nejistot modelových výpočtů spočívají další nejistoty v navrhovaném požadavku pro tzv. klimatické a respirační lázně na dodržování 24hodinového limitu pro BaP. Měření benzo[a]pyrenu probíhá ve Státní síti imisního monitoringu (SSIM) standardně každý třetí den. Vzniká tak neúplná časová řada měření denních koncentrací BaP v topné sezoně, která tím pádem nemůže pokrýt všechny situace spjaté především s různými meteorologickými podmínkami a jejich vlivem na úroveň znečištění ovzduší touto látkou. Podobná neúplná časová řada měření se vyskytuje v případě

Tab. 1 Návrh limitů znečištění ovzduší lázeňských míst pro tzv. ostatní lázně.

Znečišťující látka	Časový interval	Imisní limit	Jednotky	Další kritéria plnění imisních limitů
Oxid siřičitý (SO ₂)	24 h	125	µg·m ⁻³	Nesmí být překročena více než 3krát za rok
	1 h	350	µg·m ⁻³	Nesmí být překročena více než 24krát za rok
Suspendované částice (PM ₁₀)	Rok	40	µg·m ⁻³	–
	24 h	50	µg·m ⁻³	Nesmí být překročena více než 35krát za rok
Suspendované částice (PM _{2,5})	Rok	25	µg·m ⁻³	–
Oxid dusičitý (NO ₂)	Rok	40	µg·m ⁻³	–
	1 h	200	µg·m ⁻³	Nesmí být překročena více než 18krát za rok
Oxid uhelnatý (CO)	8 h	10	µg·m ⁻³	Maximální 8hodinový klouzavý průměr
Benzen (C ₆ H ₆)	Rok	5	µg·m ⁻³	–
Přízemní ozon (O ₃)	8 h	120	µg·m ⁻³	Maximální 8hodinový klouzavý průměr, nesmí být překročen více než 25krát za rok v průměru za 3 roky
Olovo (Pb) ¹⁾	Rok	0,5	µg·m ⁻³	–
Kadmium (Cd) ¹⁾	Rok	5	µg·m ⁻³	–
Arsen (As) ¹⁾	Rok	6	µg·m ⁻³	–
Nikl (Ni) ¹⁾	Rok	20	µg·m ⁻³	–
Benzo[a]pyren (BaP) ¹⁾	Rok	1	µg·m ⁻³	–

¹⁾ koncentrace ve frakci PM₁₀

Tab. 2 Návrh limitů znečištění ovzduší lázeňských míst pro tzv. respirační lázně.

Znečišťující látka	Časový interval	Imisní limit	Jednotky	Další kritéria plnění imisních limitů
Oxid siřičitý (SO ₂)	24 h	125	µg·m ⁻³	Nesmí být překročena více než 1krát za rok
	1 h	350	µg·m ⁻³	Nesmí být překročena více než 5krát za rok
Suspendované částice (PM ₁₀)	Rok	25	µg·m ⁻³	–
	24 h	50	µg·m ⁻³	Nesmí být překročena více než 10krát za rok, a to pouze v topném období
Suspendované částice (PM _{2,5})	Rok	20	µg·m ⁻³	–
Oxid dusičitý (NO ₂)	Rok	25	µg·m ⁻³	–
	1 h	200	µg·m ⁻³	Nesmí být překročena více než 6krát za rok
Oxid uhelnatý (CO)	8 h	10	µg·m ⁻³	Maximální 8hodinový klouzavý průměr
Benzen (C ₆ H ₆)	Rok	5	µg·m ⁻³	–
Přízemní ozon (O ₃)	8 h	120	µg·m ⁻³	Maximální 8hodinový klouzavý průměr, nesmí být (s výjimkou vysokohorských lázní – nad 1 000 m n. m.) překročen více než 10krát za rok v průměru za 3 roky
Olovo (Pb) ¹⁾	Rok	0,5	µg·m ⁻³	–
Kadmium (Cd) ¹⁾	Rok	5	µg·m ⁻³	–
Arsen (As) ¹⁾	Rok	6	µg·m ⁻³	–
Nikl (Ni) ¹⁾	Rok	20	µg·m ⁻³	–
Benzo[a]pyren (BaP) ¹⁾	Rok	0,8	µg·m ⁻³	–
	24 h	1	µg·m ⁻³	Nesmí být překročena více než 15krát za rok, a to pouze v topném období

¹⁾ koncentrace ve frakci PM₁₀

XXX ... vyznačena změna oproti limitům pro tzv. ostatní lázně

těžkých kovů, ty ovšem nemají mezi navrhovanými limity požadavek na dodržení limitní hodnoty pro 24hodinový časový interval. Ostatní látky uvedené v tab. 1–3 s požadavkem na dodržení limitů pro krátkodobé časové intervaly jsou v SSIM standardně měřeny v hodinovém a 24hodinovém kroku. Není tedy problematické modelově dopočítat hodnoty koncentrací nad rámec odhadovaných nejistot.

3. Závěr

Výstupy z modelů a hodnocení znečištění ovzduší mohou pomoci při ochraně zdraví a stanovení opatření pro zlepšování kvality ovzduší orgány veřejné správy v cenných lázeňských územích horských celků. Dostupnost a sdílení konkrétních informací a implementace vhodných opatření na základě vědeckých poznatků jsou klíčové pro zachování léčebného prostředí v horských lázních a pro zajištění optimální péče o jejich pacienty.

Tab. 3 Návrh limitů znečištění ovzduší lázeňských míst pro tzv. klimatické lázně.

Znečišťující látka	Časový interval	Imisní limit	Jednotky	Další kritéria plnění imisních limitů
Oxid siřičitý (SO ₂)	24 h	125	μg·m ⁻³	Nesmí být překročena více než 1krát za rok
	1 h	350	μg·m ⁻³	Nesmí být překročena více než 3krát za rok, a to pouze v topném období. Hodnota ročního aritmetického průměru nesmí překročit 10 μg·m ⁻³
Suspendované částice (PM ₁₀)	Rok	20	μg·m ⁻³	–
	24 h	50	μg·m ⁻³	Nesmí být překročena více než 10krát za rok, a to pouze v topném období
Suspendované částice (PM _{2,5})	Rok	15	μg·m ⁻³	–
Oxid dusičitý (NO ₂)	Rok	20	μg·m ⁻³	–
	1 h	200	μg·m ⁻³	Nesmí být překročena více než 3krát za rok
Oxid uhelnatý (CO)	8 h	10	μg·m ⁻³	Maximální 8hodinový klouzavý průměr
Benzen (C ₆ H ₆)	Rok	5	μg·m ⁻³	–
Přízemní ozon (O ₃)	8 h	120	μg·m ⁻³	Maximální 8hodinový klouzavý průměr, nesmí být (s výjimkou vysokohorských lázní – nad 1 000 m n. m.) překročen více než 5krát za rok v průměru za 3 roky
Olovo (Pb) ¹⁾	Rok	0,5	μg·m ⁻³	–
Kadmium (Cd) ¹⁾	Rok	5	μg·m ⁻³	–
Arsen (As) ¹⁾	Rok	6	μg·m ⁻³	–
Nikl (Ni) ¹⁾	Rok	20	μg·m ⁻³	–
Benzo[a]pyren (BaP) ¹⁾	Rok	0,5	μg·m ⁻³	–
	24 h	1	μg·m ⁻³	Nesmí být překročena více než 5krát za rok, a to pouze v topném období

¹⁾ koncentrace ve frakci PM₁₀

XXX ... vyznačena změna oproti limitům pro tzv. ostatní lázně

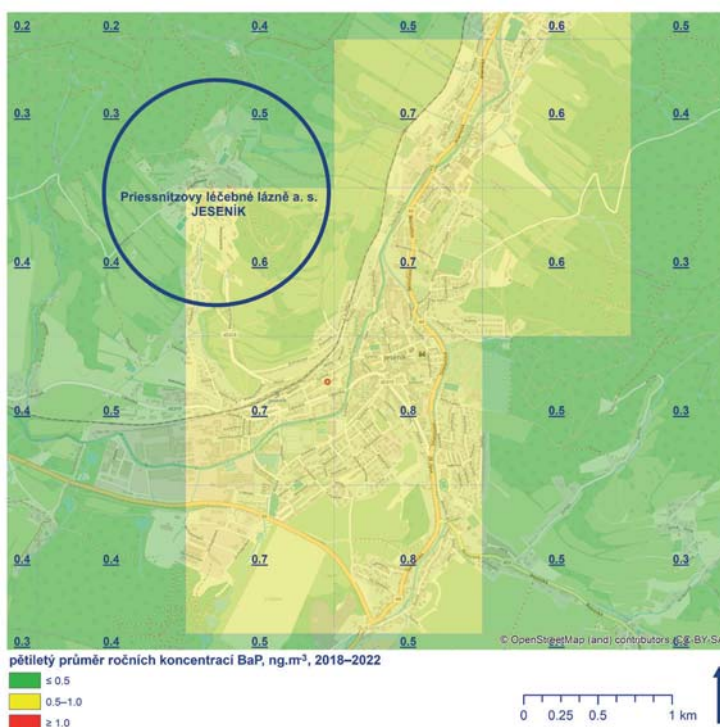
Literatura:

ČR, 2012. Zákon č. 201/2012 Sb. ze dne 2. května 2012 o ochraně ovzduší (Act No. 201/2012 Coll. of 2 May 2012 on air protection); Praha, 2012; pp. 2785–2848. Available on: www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/9F4906381B38F7F6C1257A-94002EC4A0/%24file/Z201_2012_Sb.pdf (accessed on 10 March 2024).

EC, 2004. Directive 2004/107/EC of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004 relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air; EC: Brussel, Belgium, 2005. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004L0107> (accessed on 10 March 2024).

EC, 2008. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050> (accessed on 10 March 2024).

ČHMÚ, 2023. Znečištění ovzduší na území české republiky in 2022; Graphical Yearbook (Czech/English); Czech Hydrometeorological Institute: Prague, Czech Republic, 2021. Available online: www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/22groc/gr22cz/UKO_Rocenka_2022_v3.pdf (accessed on 10 March 2024).



Obr. 1 Příklad modelového hodnocení koncentrací BaP v lokalitě Jeseník, 2018–2022.

Klíčová slova: léčebné lázně, imisní limity, horské oblasti, kvalita ovzduší, hodnocení znečištění ovzduší

Hydrochemická charakteristika zrážok na Slovensku

Veronika Mináriková

Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, veronika.minarikova@shmu.sk

1. Úvod

Odber zrážok má na monitorovacej stanici (MS) Chopok dlhú tradíciu a prebieha už od roku 1978. S monitoringom sa začalo z dôvodu nadmernej acidifikácie prírodného prostredia, ktorá bola potvrdená na mnohých lokalitách v Európe čo podnietilo vznik Dohovoru o diaľkovom prenose znečisťujúcich látok prechádzajúcim hranice štátov (LRTAP), ktorý je prvým medzinárodne záväzným nástrojom na ochranu životného prostredia (Zehr 1994). Atmosférické zrážky môžu obsahovať rôzne chemické zlúčeniny, ktoré odrážajú stav životného prostredia a ich analýza nám umožňuje študovať zmeny v zložení atmosférických aerosólových častíc, a tak účinne monitorovať znečistenie atmosféry. Ďalej poskytuje informácie o geografických vzorcoch znečistenia, sezónnych variáciách a vplyve antropogénnych zdrojov na životné prostredie. Monitoring atmosférických zrážok významne prispieva k pochopeniu ekologického stavu životného prostredia, zmeny klímy a poskytuje teoretický základ pre rozhodovanie o ochrane životného prostredia a zlepšení verejného zdravia.

2. Metodika odberu a laboratórnych analýz

Pre analýzu bolo použitých $n = 1\,333$ vzoriek denných atmosférických zrážok, ktoré boli odobraté v období rokov 2003–2023 na vidieckej pozaďovej MS kvality ovzdušia Chopok, na hrebeni Nízkyh Tatier pod vrcholom Chopku (E 19°35'21"; N 48°56'37") v nadmorskej výške 2 000 m n. m. Na odber bolo použité zariadenie typu bulk, ktoré zachytáva suchú aj mokрую depozíciu. Meracia stanica je zaradená do európskej siete EMEP a celosvetovej siete GAW/WMO. Prevládajúci smer vetra je v tejto lokalite severozápadný. (obr. 1).

Vzorky boli analyzované v Skúšobnom laboratóriu SHMÚ metódou iónonovej chromatografie (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , NH_4^+ , SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-), hodnota pH použitím pH metra a vodivosť bola meraná konduktometrom. Kvalita údajov odobratých vzoriek bola overená použitím zákona zachovania elektrického náboja a iónovej bilancie. Koncentrácia iónov CO_3^{2-} a HCO_3^- bola odhadnutá na základe hodnoty pH, koncentrácia iónov F^- bola zanedbaná. Analýzy F^- sa krátko vykonávali v roku 2003 a všetky namerané hodnoty boli veľmi nízke pod detekčným limitom analytickej metódy.



Obr. 1 Monitorovacia stanica kvality ovzdušia Chopok.

3. Výsledky a diskusia

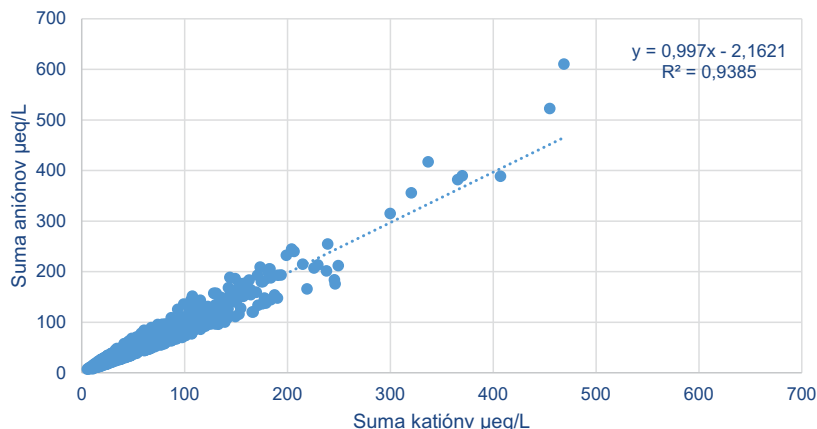
V sledovanom období bolo pozorovaných 4 110 zrážkových dní. Vzorky s nízkym denným úhrnom zrážok (> 3 mm) nebolo možné analyzovať. Z celkového počtu $n = 1467$ analyzovaných vzoriek bolo cca 10 % vzoriek vyradených z dôvodu neúplnej chemickej charakterizácie, chýbajúcich hodnôt pH a vodivosti alebo pre nesúlad v iónovej bilancii (> 17 %). Ročný úhrn zrážok v období rokov 2003–2023 sa pohyboval v rozmedzí 908 až 1560 mm. Priemerný ročný úhrn zachytených zrážok na MS Chopok za sledované obdobie bol 1 150 mm.

3.1 Iónová bilancia v zrážkach

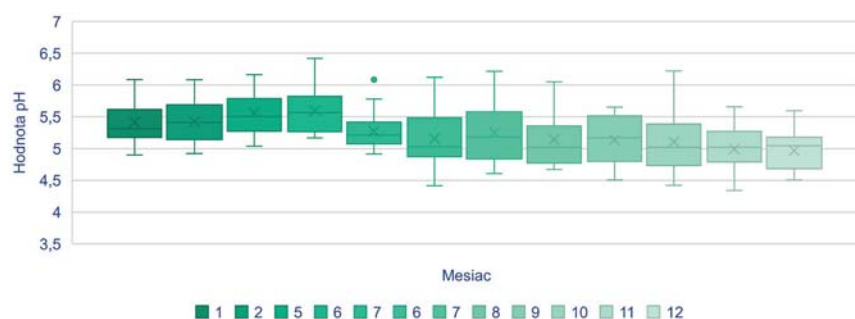
Lineárna regresia Σ katiónov a Σ aniónov vychádza 1,19 ($R^2 = 0,938$) (obr. 2) Aritmetický priemer objemovo vážených priemerov katiónov bol stanovený na $50,1 \pm 10,7 \mu\text{eq}\cdot\text{L}^{-1}$ a aniónov $47,5 \pm 9,0 \mu\text{eq}\cdot\text{L}^{-1}$ čiže $2,6 \mu\text{eq}\cdot\text{L}^{-1}$ v prospech kati-

ónov. (obr. 2). Treba poznamenať, že viaceré anióny ako napríklad F^- a žiadne organické ióny neboli zahrnuté do bilancie a koncentrácie CO_3^{2-}/HCO_3^- boli stanovené prepočtom z pH podľa metodiky NILU (Hjellbrekke 1997).

Pomery vážených ekvivalentov SO_4^{2-}/NO_3^- a SO_4^{2-}/Cl^- vyšli 1,50 a 5,23. K acidite prispievajú kyseliny v rade $H_2SO_4 > HNO_3 > Cl^-$. HNO_3 prispieva k acidite rovnako ako HCl hlavne v zimnom období a príspevok HNO_3 k acidite na úkor H_2SO_4 sa postupne zvyšuje. V rokoch 2020 a 2021 bol príspevok HNO_3 približne rovnaký ako H_2SO_4 (pomery vážených ekvivalentov vyšli 1,05 a 0,96). Modelované hodnoty celkovej depozície síry a dusíka za rok 2021 uvádzané v EMEP Reporte 1/2023 (Institute, 2023) popisujú jednu z najväčších depozícií v Európe, viac ako $700 \text{ mg} \cdot \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ oxidovaným dusíkom v južnom Poľsku. Z tohto dôvodu môžeme predpokladať, že práve diaľkový prenos vzhľadom na prevládajúci severozápadný vietor na MS Chopok môže prispievať k pomerne vysokej zaťaženosti oxidovaným dusíkom v tejto lokalite.



Obr. 2 Iónová bilancia katiónov a aniónov v zrážkach.



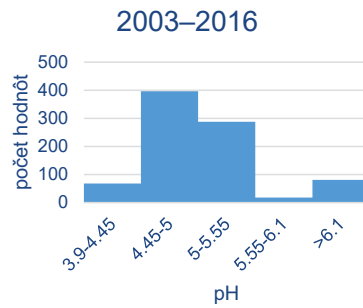
Obr. 3 Vážené priemery hodnôt pH v zrážkach pre jednotlivé mesiace v roku.

Tab. 1 Distribúcia hodnôt pH v sledovanom období.

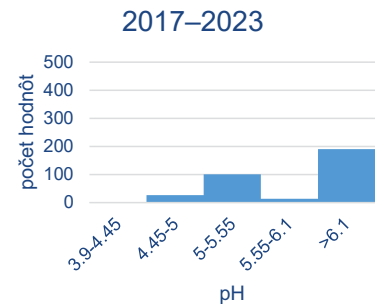
Rok/M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2003	4,41	3,95	4,48		4,85	4,41	4,60	4,92	4,57	4,54	5,04	4,53
2004	4,55	4,52	4,58	4,83	4,61	4,65	4,72	4,69	4,76	4,68	4,34	4,55
2005	4,66	4,66	4,51	5,12	4,90	4,64	4,83	4,89	4,51			4,73
2006	4,66	4,20	4,51	4,68	4,99	4,92	4,92	5,02	4,61	4,61	4,79	
2007	4,75	4,58	4,90	5,43	5,38	5,08	4,84	4,75	4,79	5,04	4,71	4,51
2008	4,82	4,69	5,22	4,65	5,34	4,94	4,90	4,72		4,92	4,88	4,74
2009	4,70	4,66	4,72		4,97	4,79	5,45	4,98	5,11	4,75		5,06
2010	4,88	4,80	4,82	4,94	5,04	5,03	5,06	4,93	5,05	4,42	4,82	4,69
2011	4,72		4,85	5,70	4,95	4,99	5,08	5,37	5,52	5,00		5,01
2012	4,76	4,84	5,86	5,05	5,12	5,17	5,31	4,79	4,82	5,05	4,61	5,08
2013	5,03	4,80	4,85	5,23	5,22	5,09	4,81	4,76	4,91	4,92	5,47	4,78
2014	5,23	5,01	5,77	5,24	5,21	4,87	5,18	5,08	4,97	5,04	5,05	4,59
2015	4,95	4,58	4,97	4,85	5,25	5,02	4,81	5,20	5,48		5,27	5,11
2016	4,94	5,07	5,14	5,17	5,42	5,46	5,32	4,67	5,23	4,97	4,91	5,05
2017	5,03	5,14	5,46	5,73	5,40	6,04	5,88	5,34	5,63	6,08	5,66	5,57
2018	4,90	4,92	6,02	6,42	5,04	6,12	6,21	5,97	5,56	5,68		5,29
2019	5,14	5,58	6,15	6,01	5,41	5,62	6,01	5,33	5,24	6,22	5,28	5,18
2020	5,30	5,69	5,79		6,08	5,49	5,91	5,57	5,54	5,17		5,60
2021	5,20	6,08	5,19	5,96	5,47		5,54	5,75	5,25		5,02	5,04
2022	5,25	5,27	5,51	5,78	5,78		5,62	6,05	5,51	5,33	5,04	5,29
2023	5,31	5,41	6,16	5,17	5,57	5,65	5,28	5,20	5,65	5,56		

3.2 Hodnoty pH a schopnosť neutralizácie v zrážkach

Hodnoty ročných a mesačných vážených priemerov pH (počítané z koncentrácie H^+) vykazovali rastúci trend a od roku 2018 boli neutrálne (pre atmosférické zrážky je to hodnota 5,6 kedy sú v rovnováhe s atmosférickým CO_2). Hodnoty pH mali sezónnu variabilitu (obr. 3) najnižšie hodnoty sa vyskytovali v zimnom období január, február, november a december. Tabuľka (tab. 1) zobrazuje distribúciu hodnôt pH v sledovanom období, ktorá nám ukazuje, že v prvom desaťročí prevládali hodnoty v kyslom spektre a od roku 2017 začali prevládať neutrálne až bázické hodnoty pH. V grafoch na obr. 4 a obr. 5 sú uvedené histogramy a distribúcia hodnôt pH v rokoch 2003–2016 a 2017–2023. V neskoršom období môžeme vidieť posun k neutrálnym hodnotám.



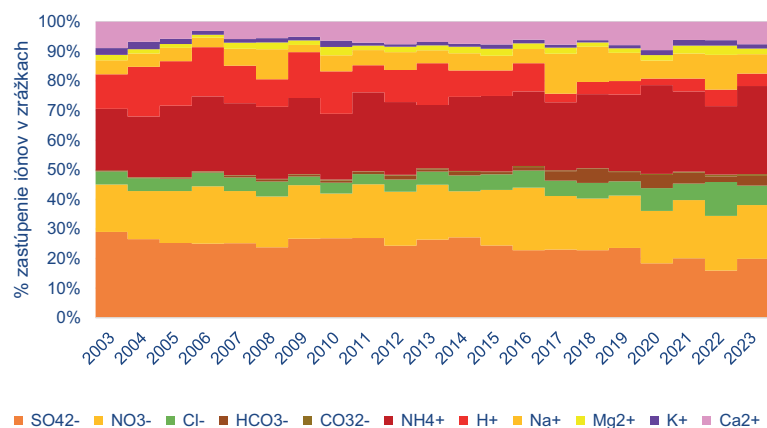
Obr. 4 Distribúcia hodnôt pH 2003–2016.



Obr. 5 Distribúcia hodnôt pH 2017–2023.

Vodivosť atmosférických zrážok nevykazuje signifikantne klesajúci trend, vysokú vodivosť sme zaznamenali v prvých dvoch rokoch pozorovaní, priemerná vodivosť za sledované obdobie bola $12 \mu S \cdot cm^{-1}$.

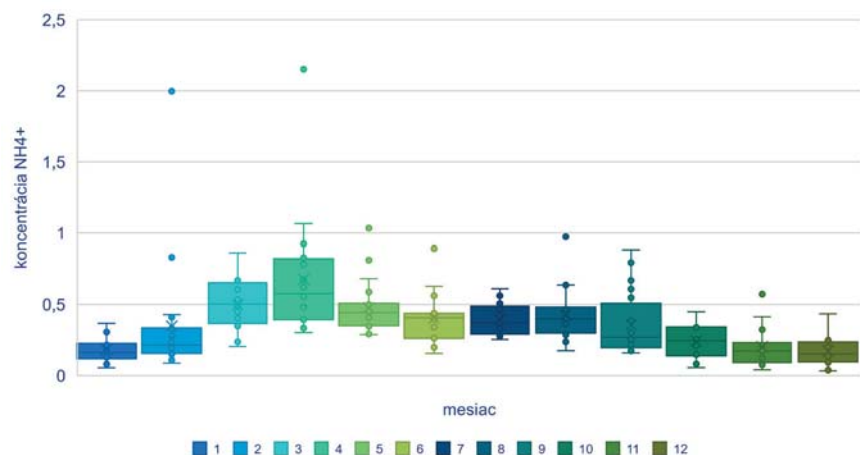
Neutralizačná kapacita zrážok bola posudzovaná ekvivalentným pomerom (H^+) / ($SO_4^{2-} + NO_3^-$), ktorý nadobúda hodnoty od 0–1, kde 0 znamená úplne neutralizovanú aciditu. Pre sledované obdobie (2003–2023) má priemernú hodnotu 0,23; čo znamená že 77% acidity bolo neutralizovanej. Táto hodnota je nízka v porovnaní s hodnotami uvádzanými v podobných štúdiách (CeciliaArsene 2007), napríklad v štúdiu zrážok v období 2003–2006 na území Rumunska bol tento pomer 0,03. Najmenej je acidita v zrážkach neutralizovaná v zimných mesiacoch, priemerný neutralizačný faktor za sledované obdobie je len 0,37 a len 63% kyseliny bolo v tomto mesiaci neutralizovanej. Pre ostatné zimné mesiace sa pohybuje okolo hodnoty 0,30. Ekvivalentný pomer má klesajúci trend, v období 2017–2020 bol nižší ako 0,10.



Obr. 6 Percentuálne zastúpenie iónov v zrážkach.

3.3 Zastúpenie jednotlivých iónov

Obr. 6 ilustruje percentuálne zastúpenie jednotlivých iónov v zrážkach (2003–2023). Zastúpenie síranov má klesajúci trend rovnako ako ióny H^+ , čo sa prejavuje na stúpajúcich hodnotách pH. Stúpajúci trend má zastúpenie iónov HCO_3^- čo korešponduje so zvyšujúcou sa koncentráciou CO_2 v atmosfére. Na obr. 7 sú vyobrazené koncentrácie objemovo vážených priemerov NH_4^+ pre jednotlivé mesiace v roku, koncentrácie NH_4^+ majú sezónny charakter, ktorý kopíruje poľnohospodársku aktivitu počas roka, práve tieto ióny majú najväč-



Obr. 7 Vážené priemery koncentrácie NH_4^+ v zrážkach pre jednotlivé mesiace v roku.

Tab. 2 Množstvo obsahu prachu charakterizuje maximálny index obsahu (MIO).

Max. index obsahu	1	2	3	4	5	6	7	8
záťaž [$\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$]	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6	3,2	6,4
počet dní s výskytom prachu	83	127	120	38	13	8	2	

šiu neutralizačnú kapacitu (NF) v jarých mesiacoch sa pohybuje na úrovni 60–70 % atmosférických zrážkach na Chopku. NF Na^+ je najvyššia v zime s maximom 35 % v decembri a ročným priemerom 15 %. NF Ca^{2+} nemá sezónny charakter a ročný priemer je 16 %. NF pre Mg^{2+} je len 5 %.

3.4 Vplyv saharského prachu na koncentrácie iónov v zrážkach

Porovnávali sme tiež vplyv epizód saharského prachu v atmosfére nad územím severného Slovenska na koncentrácie iónov v zrážkach v období rokov 2015–2023. Množstvo obsahu prachu charakterizuje maximálny index obsahu (MIO), ktorý nadobúda hodnoty od 1–8 (tab. 2). Údaje o výskyte prachu pochádzali z výstupov modelov Barcelona dust regional center. (Dust 2024). V období rokov 2015–2023 predpovedal model výskyt saharského prachu 391krát. Porovnaním koncentrácií v dňoch výskytu saharského prachu s priemernými váženými koncentraciami za sledované obdobie sa potvrdil výskyt zvýšených koncentrácií Ca^{2+} o 61,5 % v priemere pre všetky stupne (MIO) a o viac ako 300 % pri MIO 5 a vyššom, výskyt epizód takejto intenzity bol zriedkavý.

4. Závery

Táto práca sa zaoberala analýzou chemického zloženia zrážok na MS Chopok počas rokov 2003–2023. Priemerná ročná hodnota pH bola na začiatku sledovaného obdobia v kyslom spektre. Hodnoty sa postupne zvyšovali k neutrálnym hodnotám od roku 2017. Najnižšie hodnoty pH sa vyskytujú v zimných mesiacoch. Vodivosť zrážok nevykazovala signifikantne klesajúci trend. Priemerná vodivosť za sledované obdobie bola $12 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. K acidite v zrážkach prispievala na začiatku sledovaného obdobia najmä H_2SO_4 ale postupne sa zvyšoval význam HNO_3 . K neutralizácii kyselín najviac prispievajú ióny NH_4^+ , ktoré majú sezónny charakter preto k neutralizácii dochádzalo najmenej v zimných mesiacoch. Podľa niektorých štúdií (Corpus 2021) môže v budúcnosti dochádzať k zvýšenej tvorbe sekundárnych aerosólov, čo môže prispieť k výskytu extrémnych zrážok a k chemickej nerovnováhe v prostredí. Bola pozorovaná súvislosť výskytu saharského prachu od MIO 2 a zvýšenými koncentraciami Ca^{2+} iónov, koncentrácie ostatných iónov sú zvýšené až od MIO 5 ale výskyt epizód tejto intenzity bola nad sledovaným územím veľmi zriedkavá.

Literatura:

- CeciliaArsene, R. I., 2007. Atmospheric Environment [online]. [cit. 28. 08. 2007]. Dostupné z WWW: <http://wanko.free.fr/COURS/Ges.eaux%20pluviales/Chemical%20composition%20of%20rainwater%20in%20the%20north-eastern%20Romania,%20Iasi.pdf>.
- CORPUS, C., 2021. Corpus-Christopher-Bryce.pdf. [online]. [cit. 28. 08. 2021]. Dostupné z WWW: <https://www.soest.hawaii.edu/oceanography/oceanwp/wp-content/uploads/2021/05/Corpus-Christopher-Bryce.pdf>.
- DUST, B. D., 2024. Daily Dust Products [online]. [cit. 08. 03. 2024]. Dostupné z WWW: <https://dust.aemet.es/products/daily-dust-products?tab=forecast&var=load&model=monarch&date=20240304&view=light>.
- HJELLBREKKE, A. G., 1997. User's guide for EDC 1.1 EMEP Data Check. Kjeller: Norwegian institute for air research.
- INSTITUTE, N. M., 2023. emep.int. [online]. [cit. 08. 08. 2023]. Dostupné z WWW: https://emep.int/publ/reports/2023/EMEP_Status_Report_1_2023.pdf.
- ZEHR, S. C., 1994. Method, scale and socio-technical networks: Problems of standardization in acid rain ozone depletion and global warming research. *Science studies*, s. 47–58.

Kľúčová slova: chemické zloženie zrážok, ióny, pH, vodivosť, iónová bilancia, Chopok

Poděkování: Ďakujeme Mgr. Petrovi Hrabčákovi PhD. za poskytnutie údajov o výskyte epizód saharského piesku nad územím Slovenska.

Hydrologické výzkumy na Rejvízu a okolí. Staré náhony, rašeliniště a lesní experimentální povodí

Martin Adamec, Milan Gregořica, Antonín Kohut, Tereza Macurová,
Irena Pavlíková, Marek Strachota, Jan Unucka

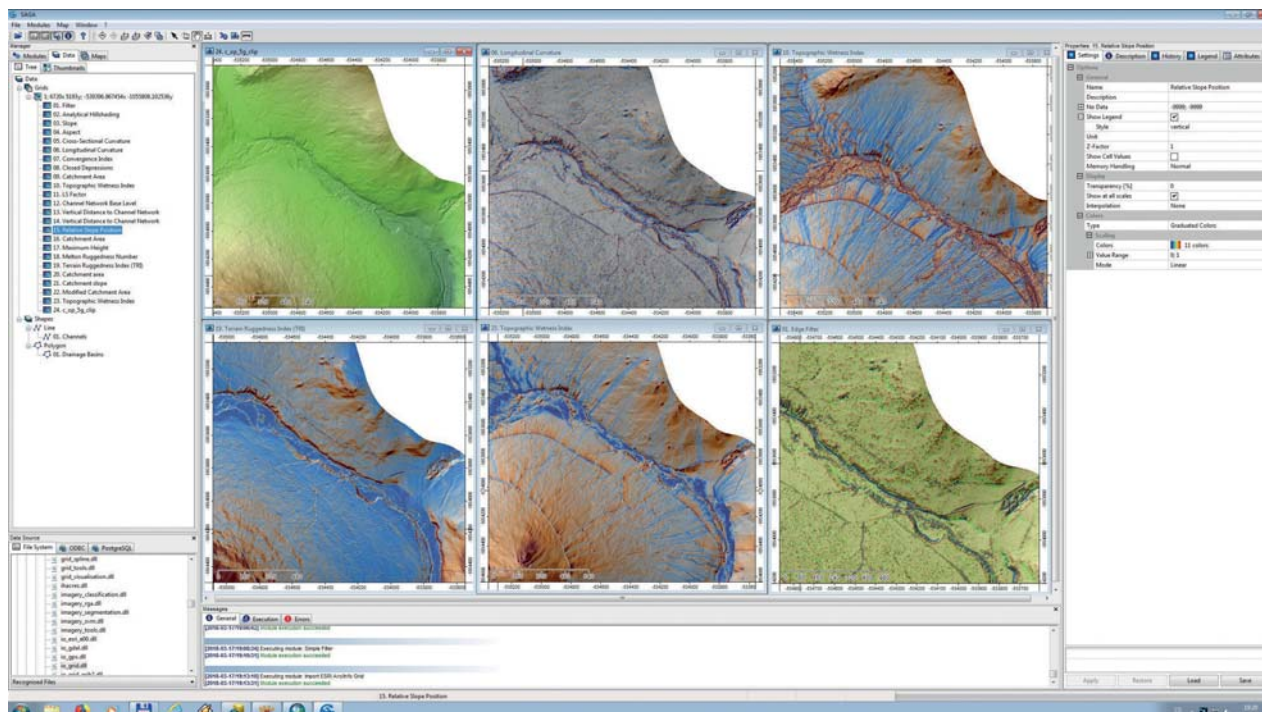
Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, K Myslivně 2182/3, Ostrava-Poruba, jan.unucka@chmi.cz

1. Úvod

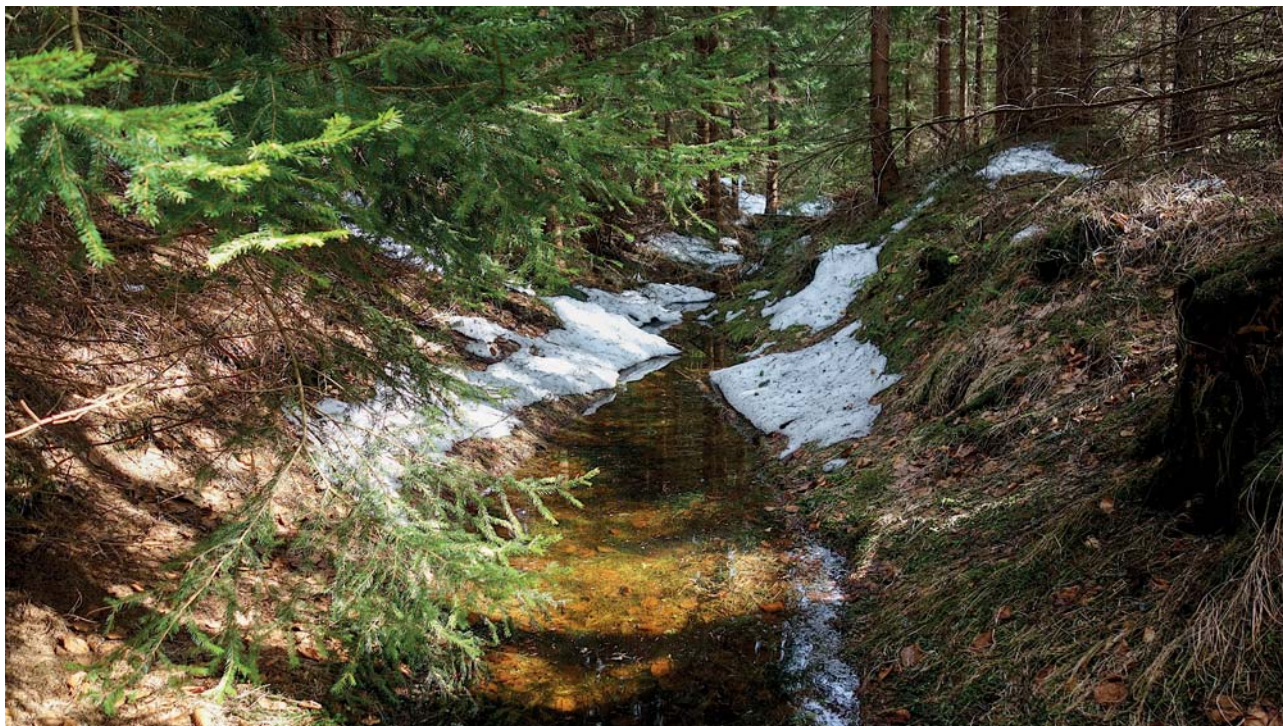
Jeseníky představují významnou oblast nejen z hlediska ochrany přírody, ale také z hlediska vodního a lesního hospodářství. Všechny tyto oblasti však postihlo dosti dramatickým způsobem suché období s doprovodnými procesy, přičemž mezi nejzásadnější z nich lze zařadit gradocén lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) a následný rozpad a kalamitní těžbu smrkových porostů i ve vyšších polohách. Povodí Černé Opavy nebylo tak silně zasaženo jako např. povodí Osoblahy, nicméně i zde se tyto faktory projeví. Pokud chceme tyto vlivy detekovat a kvantifikovat, kombinace měření a simulace hydrologických a ekologických procesů se jeví jako ta v současnosti nejefektivnější. V kontextu lesnické hydrologie je vhodnější využít komplexní a plně distribuované srážkoodtokové modely, ve kterých se dynamika nenasycené zóny a půdní hydrologie řeší explicitně pomocí numerických či analytických metod, přičemž v provozních modelech HPPS ČR (HYDROG, AquaLog) se tyto procesy parametrizují (odtoková ztráta) nebo řeší soustavou bilančních rovnic (Sacramento). Vlhkostní poměry půdního profilu a komunikace s podzemními vodami jsou přitom nejzásadnější faktory pro porostní dynamiku v bezsrážkovém období. Mezi další výhody využití komplexních distribuovaných modelů patří i možnost analýz vlivu mikroreliefu na povrchový a hypodermický odtok a retenci vody na studovaných plochách. Rovněž možnost řešení evapotranspirace pomocí různých metod (Kristensen-Jensen, Priestley-Taylor) lze zařadit mezi výhody využití komplexních modelů typu MIKE SHE nebo SWAT. Krom simulace krátkodobých epizod je možné simulovat i dlouhodobé scénáře i s ohledem na změnu klimatu.

2. Zaniklý náhon na Černé Opavě

Černá Opava byla v historickém období asi nejvíce využívána jako zdroj vodní energie pro pohon pil, hamrů nebo zdroj vody pro malé hutě. Tyto aktivity připomínají lokality s názvy Würzlův a Brandlův mlýn nebo Josefský hamr. V oblasti Brandlova mlýna se dochovaly v terénu zbytky náhonu a odlehčovacích kanálů. Zaniklý náhon převádějící vodu směrem



Obr. 1 Historický náhon na Černé Opavě při detekci v prostředí SAGA GIS.



Obr. 2 Historický náhon na Černé Opavě, zbytky v terénu v okolí Würzlůva mlýna. Foto: Jan Unucka.

k Hornímu údolí do povodí Olešnice začínal nad Würzlůvým mlýnem. Jeho trasa je v terénu již velmi špatně detekovatelná, nicméně s tímto úkolem v rámci průzkumů oblasti dosti výrazně pomohly morfometrické a hydrologické analýzy v GIS, konkrétně programových prostředích SAGA GIS a GRASS GIS s využitím dat DMR 5G ČÚZK a dalších. Dle některých autorů (Joanidis 2007) náhon přiváděl vodu pomocí několika akvaduktů k obřímu mihadlovému kolu, které údajně mělo v průměru 25 m. Dle respektovaných molinologů (Urbánek, ústní sdělení) je však tento údaj silně nadsazený a nejspíš se jedná o špatný přepočít s dobových délkových měr. Dochované zbytky těchto náhonů byly geodeticky zaměřeny a zahrnuty do hydrologických analýz povodí Černé Opavy.

3. Experimentální povodí VÚLHM a ČHMÚ na Černé Opavě

Území NPR Rejvíz spadá do povodí Černé Opavy, ve kterém je hydrologický režim v současnosti podrobně sledován na třech experimentálních lesních povodích. V roce 2020 zde ČHMÚ zahájil na povodích Suchého (2,8 km²; $Q_a = 0,032 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), Sokolího (4 km²; $Q_a = 0,073 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) a Slučího potoka (4,2 km²; $Q_a = 0,075 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) měření odtoků, která byla následně v roce 2022 v rámci realizace společného projektu VÚLHM, ČHMÚ a Biskupství ostravsko-opavského (QK22010189) rozšířena na komplexní lesnicko-hydrologický výzkum. Stabilizované měrné profily na povodích budou po skončení projektu zařazeny do hlásné sítě ČHMÚ a operativně využívány v rámci Hlásné a předpovědní povodňové služby (HPPS) ČR. Uvedená povodí mají obdobné ekologické podmínky, pokrývají je především smrkové porosty (od 91 % do 96 % plochy). Všechna jsou v odlišné intenzitě ohrožena kůrovcovou kalamitou v závislosti na poloze a lesním managementu (přírodní rezervace Suchý vrch, území NATURA 2000, povodí s běžným managementem). Z hlediska příspěvků z mezipovodí lze za závěrový profil k experimentálním povodím považovat hydrologickou stanici ČHMÚ Černá Opava – Mnichov (DBČ 258100), provozovanou v rámci HPPS (profil kategorie B) (Unucka 2022).

V průběhu projektu jsou na experimentálních povodích kromě parametrů odtoku sledovány parametry srážek (volná plocha, porostní srážky, intercepce, horizontální srážky) a to na holinách i ve smrkových porostech různého věku, pro stanovení zásoby vody ve sněhu je prováděn monitoring sněhové pokrývky a ve třech hloubkách jsou měřeny parametry vlhkosti půdy (objemová půdní vlhkost, půdní vodní potenciál) v závislosti na srážkách a vegetačním pokryvu. Výstupy z prováděných měření umožňují následně přesněji definovat vstupy pro srážkoodtokové, hydraulické, hydrogeologické a ekologické modely (MIKE SHE, MIKE 1D/2D, HEC-HMS, HEC-RAS, DHI ECO Lab a HEC-EFM) a vyhodnotit v postižených povodí rizika v oblasti i) retence vody, ii) snížení infiltrace a zvýšení eroze, iii) snížení schopnosti tlumit přívalové srážky a iv) změny kvality odtékající vody v závislosti na probíhajícím odlesnění, obnově porostů a použitých technologiích.

Lesnicko-hydrologický výzkum v nejvýše položených, zdrojových částech povodí, kde dochází k počáteční transformaci ovzdušné srážky na odtok a k retenci a retardaci odtoku, má rovněž podstatný význam pro pochopení potenciálního dopadu změny klimatu na vodohospodářskou bilanci, protipovodňovou ochranu a samotné lesní hospodářství. Prostřednictvím nástrojů hydrologického, ekologického a porostního modelování umožňuje identifikovat rizika spojená se změnami hyd-

rologického režimu a navrhnout vhodná lesnická a vodohospodářská opatření na zmírnění rizik (QL24010054).

4. Batygrafie Velkého mechového jezírka

ČHMÚ Ostrava se měřením hloubek Velkého mechového jezírka zabývalo již v předešlých letech a své výsledky publikovalo v roce 1971 v článku „Limnologie mechových jezírek u Rejvízu“ Vladislava Kříže v druhém čísle časopisu Campanula (Kříž 1971). Pro vlastní batygrafická měření byly využity tehdy dostupné geodetické a hydrometrické přístroje a metody, tzn. především ručního měření geodetickou latí z lodi. Již



Obr. 3 Měřicí souprava na Velkém mechovém jezírku. Foto: Jan Unucka.

v této studii je autorem akcentován poměrně podstatný problém výrazného pokryvu dna organickou hmotou, především různě rozplavenou rašelinou a zbytky rašeliníku v různých stádiích rozkladu, který je obecně tlumen chemismem a teplotními poměry lokality. Takové podmínky nemalou měrou komplikují manipulaci s geodetickou latí a to jednak při snaze proniknout až k zpevněnému podloží dna a také pro stanovení samotné hloubky vody nad těmito sedimenty, které netvoří stabilní oporu pro patku geodetické latě. Tyto faktory zčásti limitovaly i měření našeho týmu v roce 2019, navzdory použití modernější geodetické a hydrometrické techniky, zejména sonaru. Další mírnou komplikací je i dostupnost samotné lokality, kdy se veškeré vybavení včetně člunu musí dopravit pěšky po povalových chodnících.

Z dosavadních výsledků je patrné, že při srovnání měření z roku 2019 s výsledky z roku 1971 se příliš nezměnily prostorové distribuce minimálních a maximálních hloubek, kdy maxima nalezneme v SV části jezera poblíž turistického odpočívadla a pozorovatelný. Směrem na J a Z postupně hloubky vody klesají. Poměrně významných změn však doznaly absolutní naměřené hloubky, kdy maximální hloubky vody naměřené ADCP přístrojem a sonarovým čidlem dosahovaly rozpětí 1,4 až ojediněle 1,6 m (viz obr. 3). Doprovodná měření latí korespondovala s naměřenými hloubkami ze studie z roku 1971, je však nutné přihlédnout k limitům metody „propichování“ sedimentů a odumřelé organické hmoty pomocí geodetické latě. Výsledky hloubek vody jsou však ve srovnání s rokem 1971 celkovým pohledem zhruba poloviční. Což bude nejspíš způsobeno dvěma faktory. První z nich je odlišná schopnost sonaru a mechanického měření latí zachytit reálnou hloubku vodního sloupce, kdy přesnost metody využívající geodetickou lat' je závislá na manipulaci se samotnou latí. Druhým je pak obecný předpoklad postupného snižování objemu vody v jezeře pomocí narůstajících kubatur sedimentů a odumřelé organické hmoty. Je však nutné zohlednit i skutečnost, kdy poslední batygrafická měření probíhala prakticky na vrcholu proběhlého suchého období (Unucka 2020).

5. Závěr

„Ze všech horstev v Čechách a na Moravě odpovídají Jeseníky nejvíce představě hor. Jsou to hluboké lesy se zvláštními zákoutími, hned naplněnými pohádkovým kouzlem, hned divokými, neschůdnými, ba neproniknutelnými. Střídají se v nich tmavé hvozdy s květnatými nivami a s volností holin na vrcholech, narazíš na neproniknutelné houštiny, na horské mokřiny, ze kterých pramení bystřiny, na mechová jezírka, v nichž odumírají stromy, na léčivé prameny...“

Tento úryvek pochází z knihy Jaromíra Tomečka s názvem Věčný hvozd. V tomto krátkém odstavci můžeme nalézt podstatu toho, proč má smysl a význam zabývat se a věnovat úsilí nejen ochraně přírody obecně, ale také jít hlouběji a zaměřovat se na konkrétní aspekty v krajině, v tomto případě na hydrickou funkci a hydrologii. V době rychlého tempa klimatické změny, která je neoddiskutovatelná, mají zásadní význam, mimo jiné, právě výše popsané analýzy, průzkumy a měření, které nám pomáhají pochopit a poznat, jak zkoumaná území reagují na změny hydrometeorologických veličin a jak lze efektivně postupovat na úrovni vodohospodářských, lesnických a krajinářských zásahů tak, abychom byli schopni zachovávat určitou rovnováhu v přírodním prostředí a aby škody způsobené měnícími se podmínkami, byly co nejmenší, potažmo aby člověk nepřispíval necitlivými zásahy k větší eskalaci

Jako celé naší krajiny, ani Jeseníkům se nevyhnuly lidské zásahy, které ovlivnily krajinný ráz a procesy v krajině probíhající. Již v dávných dobách byly v této oblasti budovány zmiňované náhony, které využívaly energii vodních toků, často byly doplněny o soustavu malých vodních nádrží. Malá lesní povodí tvoří stavební součást říčního systému, ve kterém jsou vazby úzce propojeny a mohou být snadno narušeny vnitřními či vnějšími činiteli. ČHMÚ systematicky provádí výzkumné aktivity v povodích za účelem zjištění dopadů eroze, povodní a lidské činnosti prostřednictvím projektů jakými jsou například DEFOREST, projekt DKRVO zabývající se využitím komplexních distribuovaných modelů pro zpřesnění srážkoodtokových vztahů a vodní bilance povodí nebo nyní začínající projekt NAZV QL24010054, který se řeší dopady

klimatické změny na malá lesní povodí a možnosti jejich zmírnění prostřednictvím lesnického managementu a vodo-hospodářských opatření. O průzkumu starých vodních náhonů už v textu rovněž padla zmínka. Všechny tyto aktivity by nebylo možné provádět bez terénního měření a monitoringu, které je rozšířeno o prostorové analýzy v GIS a také hydrologické, srážkoodtokové a ekologické modelování. Výsledky této činnosti přináší cenné informace o právě probíhajících procesech a umožňují predikci a návrh preventivních opatření pro různé scénáře, například pro mitigaci dopadů sucha, povodní, odlesnění a klimatické změny.

Sluší se ale závěrem říci, že vědecké přístupy jsou v tomto ohledu jistě nepostradatelné, nicméně by se nemělo přehlížet také to, že vyjma onoho odborného přístupu bychom neměli zapomínat dívat se na krajinu tak, jako to například uměl výše citovaný Jaromír Tomeček, tedy očima básníka a s určitou vděčností za to, že nám naše příroda tyto krásy nabízí.

Literatura:

JOANIDIS, S., 2007. Pracující potoky. Zlaté Hory, Rula, 122 s. ISBN 978-80-902929-8-4.

KŘÍŽ, V., 1971. Limnologie mechových jezírek u Rejvízu. In: *Campanula* 2. Karlovice. 31 s.

UNUCKA, J., 2020. Měření a analýzy hloubek Velkého mechového jezírka na Rejvízu. In: *Jeseníky a Rychlebské hory* 6/2020. 2 s. Erebia, Jeseník. ISSN 2570-5938.

UNUCKA, J. 2022. První tři roky hydrologických aktivit na povodí Černé Opavy coby příspěvek k výzkumu vlivu vegetace na odtokové poměry povodí a studiu variability příspěvkových ploch povodí. In: *Zprávy lesnického výzkumu* 4/2022. 12 s. ISSN 0322-9688.

Klíčová slova: Jeseníky, Rejvíz, Černá Opava, experimentální povodí, staré náhony

Změny základních hydrologických údajů v horských povodích ČR

Pavel Kukla, Hana Kourková

Český hydrometeorologický ústav, úsek hydrologie/oddělení povrchových vod, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, pavel.kukla@chmi.cz

1. Úvod

Česká státní norma ČSN 75 1400 „Hydrologické údaje povrchových vod“ zařazuje M -denní průtoky mezi Základní hydrologické údaje, které jsou vždy odvozeny za definované referenční období (ČSN 75 1400 2014). Český hydrometeorologický ústav poskytoval v minulosti hydrologické údaje za referenční období 1931–1940, 1931–1960 a 1931–1980 (Budík 2018). V současnosti (rok 2024) se pro návrhové účely stále ještě používá referenční období 1981–2010. Od roku 2021 probíhají v ČHMÚ práce na stanovení Základních hydrologických údajů pro nové referenční období hydrologických let 1991–2020. Hodnoty M -denních průtoků ve vodoměrných stanicích se odvozují z časových řad pozorovaných průměrných denních průtoků pro nové referenční hydrologické období, které začíná 1. 11. 1990 a končí 31. 10. 2020.

2. Změny vybraných hydrologických charakteristik referenčního období 1981–2010 a nového referenčního období 1991–2020

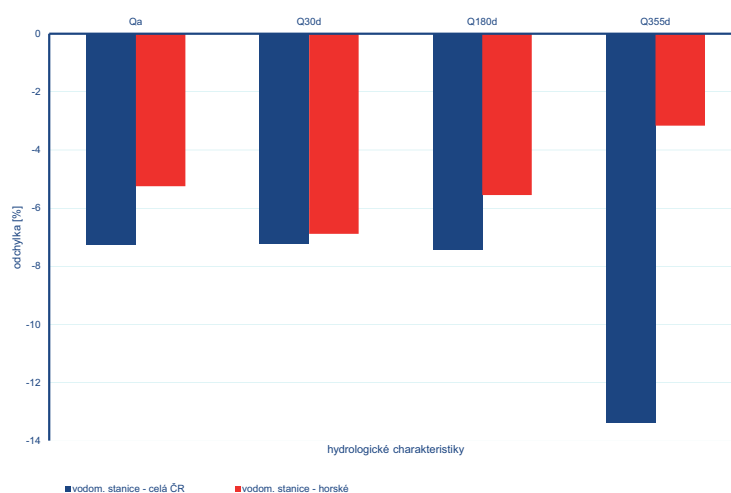
Statistickou analýzou změn hydrologických charakteristik prošlo 304 vodoměrných stanic ČHMÚ, které mají nepřerušené pozorování v období od 1. 11. 1980 do 31. 10. 2020, aby bylo pokryto referenční období 1981–2010 i nové referenční období 1991–2020.

Ze souboru všech vodoměrných stanic byly dále zkoumány změny hydrologických charakteristik u vodoměrných stanic, které odvodňují horské oblasti. Kritérium pro určení, zda se jedná o horské povodí, bylo stanoveno výpočtem průměrné nadmořské výšky povodí vodoměrné stanice v GIS na základě digitálního modelu reliéfu České republiky 5. generace DMR5G. Jako „horská“ povodí jsou v příspěvku označována povodí, jejichž průměrná nadmořská výška k profilu vodoměrné stanice přesahuje 800 m n. m. Tuto podmínku splňují povodí 27 vodoměrných stanic, která se nacházejí v horských oblastech povodí Labe, Odry a Moravy.

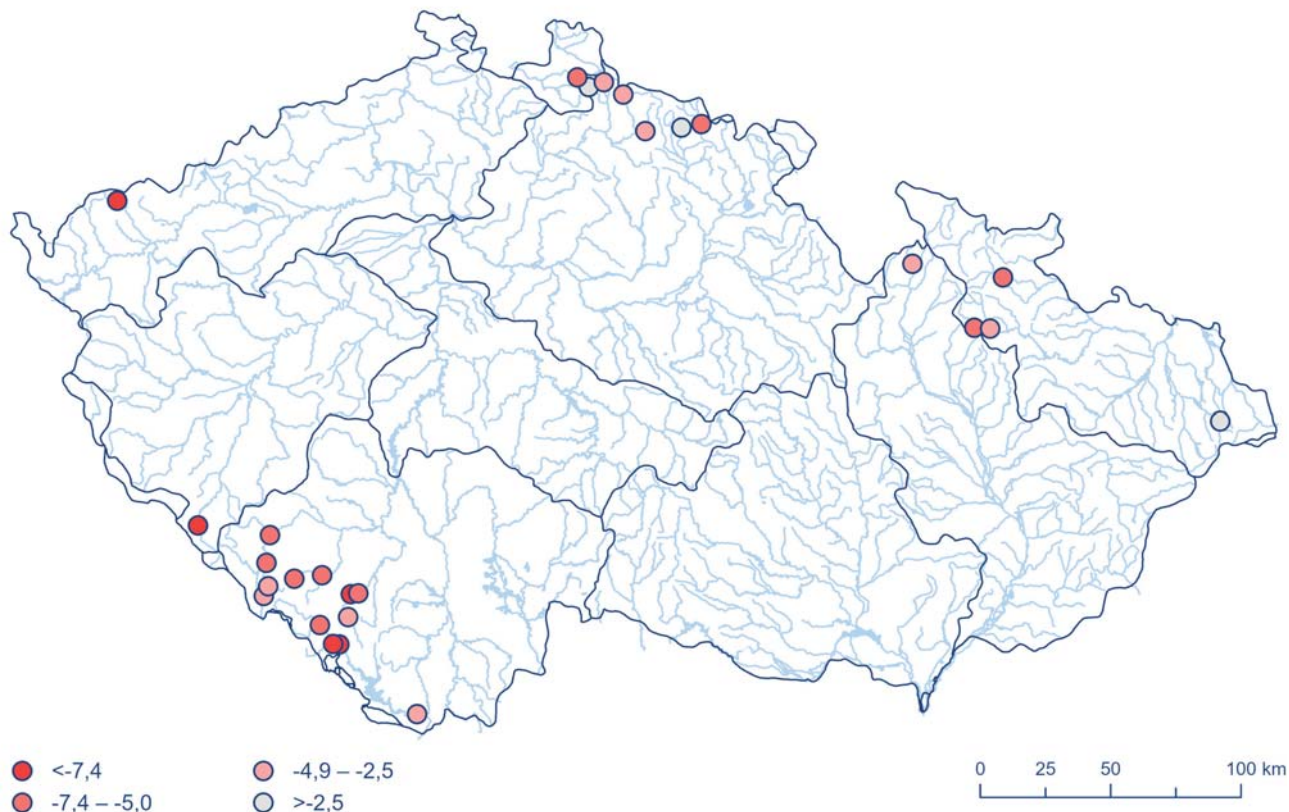
Základní hydrologické údaje zahrnují dlouhodobý průměrný průtok Q_a a kvantily M -denních průtoků Q_{Md} z čáry překročení průměrných denních průtoků, které charakterizují vodnost a odtokové poměry daného toku v profilu vodoměrné stanice.

V grafu na obrázku (obr. 1) je zobrazeno porovnání velikosti změn (%) základních hydrologických charakteristik (Q_a , vybrané kvantily Q_{Md}) mezi referenčním obdobím 1991–2020 a obdobím 1981–2010 ve všech analyzovaných vodoměrných stanicích a také v podskupině vodoměrných stanic odvodňujících horská povodí (Kukla 2022).

Pro porovnání změn základních hydrologických údajů mezi referenčním obdobím 1991–2020 a obdobím 1981–2010 byly vypočteny procentuální změny hydrologických charakteristik (Q_a , vybrané kvantily Q_{Md}) v každé vodoměrné stanici. Tyto procentuální změny byly následně zprůměrovány pro celý soubor vodoměrných stanic a také pro vybrané stanice odvodňující horské oblasti.



Obr. 1 Procentuální změna dlouhodobého průměrného průtoků Q_a a vybraných kvantilů M -denních průtoků Q_{Md} mezi referenčním obdobím 1991–2020 a obdobím 1981–2010.



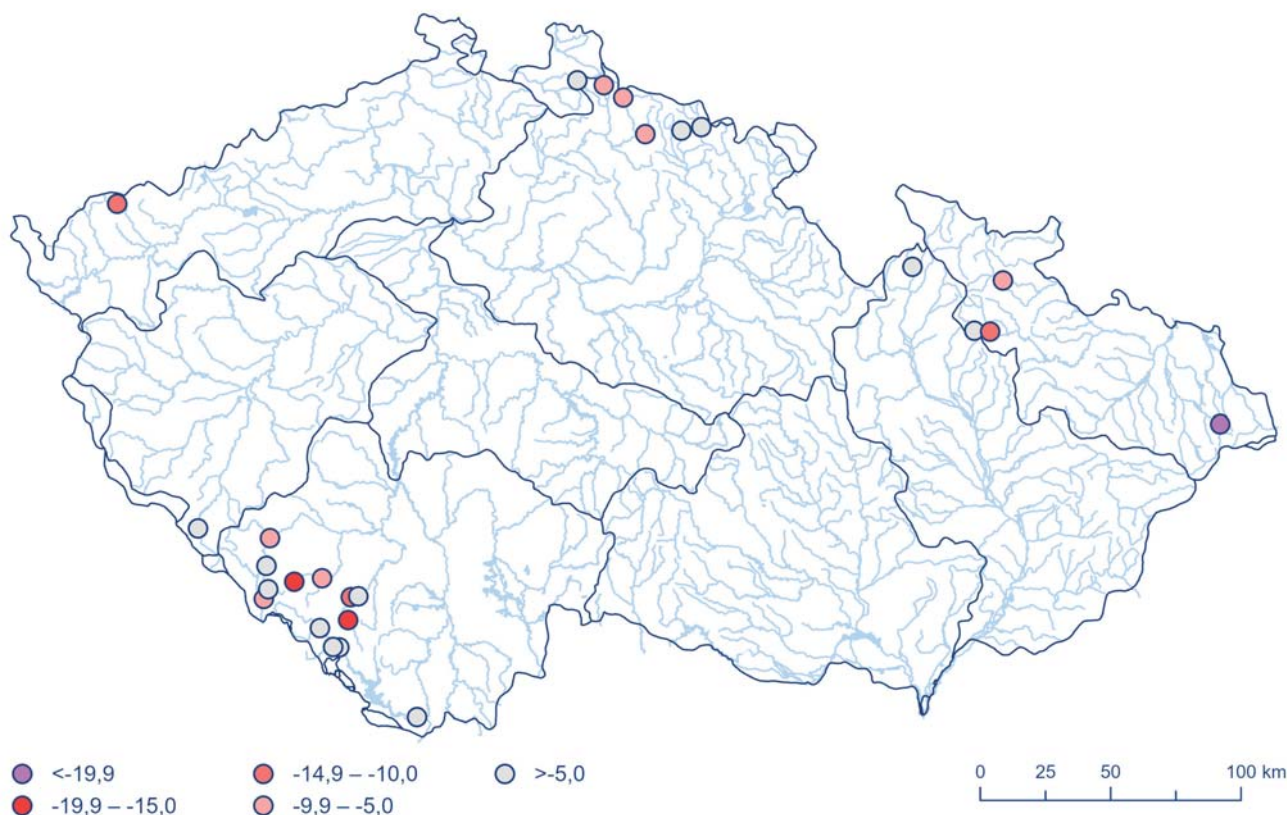
Obr. 2 Procentuální změna dlouhodobého průměrného průtoku Q_a ve vybraných vodoměrných stanicích v období 1991–2020 vůči období 1981–2010.

Z grafu (obr. 1) je patrné, že všechny hydrologické charakteristiky zaznamenaly v novém referenčním období 1991–2020 pokles ve srovnání s předchozím referenčním obdobím. Vzhledem k tomu, že obě referenční období se překrývají v úseku 1991–2010, rozhodující pro změnu charakteristik je porovnání dekád 1981–1990 a 2011–2020, kterými se liší referenční období.

Vzhledem k tomu, že většina roků z období 2011–2020 patřila do víceletého suchého období, které započalo v roce 2014 a v některých regionech trvalo až do roku 2019, naproti tomu v osmdesátých letech 20. století byly výrazně suché pouze roky 1984 a 1990. Tato skutečnost vysvětluje záporné změny dlouhodobého průměrného průtoku Q_a i vybraných kvantilů M -denních průtoků. Nicméně z grafu je zřejmé, že změny hydrologických charakteristik horských povodí jsou menší než u většiny vodoměrných stanic. U horských povodí činí průměrný pokles Q_a $-5,2\%$, u všech vodoměrných stanic je $-7,3\%$. Pro kvantil Q_{30d} , který v čáře překročení představuje průtok, který je v průměru dosažen nebo překročen v průměru 30 dní v roce, a odpovídá tak výrazně nadprůměrným vodnostem, vychází pokles u horských povodí $-6,9\%$, zatímco u všech vodoměrných stanic činí $-7,2\%$. Podobně vychází pokles i u kvantilu Q_{180d} ($-5,6\%$ versus $-7,4\%$), který téměř odpovídá vodnostem mediánu průtoků. Nejvýraznější rozdíl v porovnávaných hydrologických charakteristikách vychází u kvantilu Q_{30d} , který představuje v čáře překročení průtok, který je dosažen nebo překročen v průměru 355 dní v roce. U horských povodí vychází změna $-3,2\%$, u všech vodoměrných stanic došlo k poklesu $-13,4\%$. Příčinu rozdílné změny hydrologických charakteristik je potřeba hledat především v několikaletém suchém období po roce 2014, které se projevovalo v hydrologických charakteristikách horských povodí méně výrazně, než tomu bylo u ostatních vodoměrných stanic, především v níže položených oblastech, kde některé vodní toky během suchého období dokonce i vyschly.

V mapě (obr. 2) je v profilech horských vodoměrných stanic zobrazena velikost procentuální změny dlouhodobého průměrného průtoku Q_a v období 1991–2020 vůči období 1981–2010. Z regionálního pohledu vycházejí největší poklesy dlouhodobého průměrného průtoku u stanic na Šumavě (Chlum na Teplé Vltavě $-8,03\%$, Černý Kříž na Studené Vltavě $-7,69\%$). Naopak nejmenší změny velikosti dlouhodobého průměrného průtoku byly identifikovány v horských povodích v severní části republiky (např. v profilu Černý důl na Čisté $-0,49\%$, Slavič na toku Slavič $-2,46\%$).

Následující mapa (obr. 3) zobrazuje u vybraných horských vodoměrných stanic velikost procentuální změny 355denního průtoku Q_{355d} v období 1991–2020 ve srovnání s obdobím 1981–2010. Rozložení velikosti změn 355denního průtoku je značně nerovnoměrné. Jak můžeme vidět v mapě, v některých regionech se blízko sebe nacházejí vodoměrné stanice s minimální změnou Q_{355d} i změnou významnou (např. Blanický Mlýn na Blanici $-15,3\%$ a Chlum na Teplé Vltavě $-2,1\%$ nebo Velká Štáhle na Moravici $-12,9\%$ a Rýmařov na Podolském potoce $-3,25\%$).



Obr. 3 Procentuální změna 355denního průtoku Q_{355d} ve vybraných vodoměrných stanicích v období 1991–2020 vůči období 1981–2010.

V rámci statistického zpracování hydrologických řad průměrných denních průtoků ve vodoměrných stanicích byly odvozeny další hydrologické charakteristiky pro obě porovnávaná referenční období. Prezentace grafických výstupů změn dlouhodobé průměrné výšky srážek na povodí vodoměrných stanic, dlouhodobé průměrné odtokové výšky na povodí a odtokových koeficientů z povodí vodoměrných stanic a doplňující komentář přesahuje rozsah příspěvku do sborníku. Prezentace těchto výsledků bude obsahem přednášky na konferenci.

3. Závěr

Z výsledků porovnání změn vybraných kvantilů M -denních průtoků referenčního období 1981–2010 a nového referenčního období 1991–2020 vyplývá, že průměrná změna dlouhodobého průměrného průtoku Q_p dosahuje na výběru horských povodí hodnoty $-5,2\%$ a průměrná změna 355denního průtoku Q_{355d} činí $-3,2\%$. Změna referenčního období hydrologických charakteristik se provádí z důvodu, aby hydrologické údaje odvozené za referenční období co nejlépe vystihovaly aktuální hydrologický režim.

Literatura:

BUDÍK, L., ŠERCL, P., KUKLA, P., LETT, P., PECHA, M., 2018. Odvození základních hydrologických údajů za referenční období 1981–2010. In: *Sborník prací Českého hydrometeorologického ústavu*, sv. 65, Český hydrometeorologický ústav. Praha. ISBN 978-80-87577-78-3, ISSN 0232-0401.

ČSN 75 1400, 2014. Hydrologické údaje povrchových vod. Česká technická norma. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha.

KUKLA, P., 2022. Porovnání hydrologických charakteristik M -denních průtoků referenčního období 1981–2010 a uvažovaného referenčního období 1991–2020. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace VTEI*, roč. 64, č. 2, s. 43–47. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, ISSN 0322-8916.

Klíčová slova: hydrologické charakteristiky, referenční období, dlouhodobý průměrný průtok, M -denní průtoky

Výskyt povodňových stavů na tocích odvodňujících Jeseníky a Králický Sněžník během zimního období v letech 2019 až 2024

Alena Kamínková, Jarmila Šustková

Český hydrometeorologický ústav, Regionální předpovědní pracoviště, K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava,
alena.kaminkova@chmi.cz, jarmila.sustkova@chmi.cz

1. Úvod

Během letošní zimy se v České republice vyskytly plošně rozsáhlé povodně, které byly způsobeny kombinací tání sněhové pokrývky a dešťových srážek (Čekal 2024). Stupně povodňové aktivity (SPA) byly zaznamenány ve všech hlavních povodích. Mezi nejméně postižené povodí patřilo povodí Odry, a to i toky odvodňující nejvyšší partie Hrubého Jeseníku. Detailnější popis této zimní povodňové situace je uveden v regionální povodňové zprávě (Kamínková, Šustková 2024).

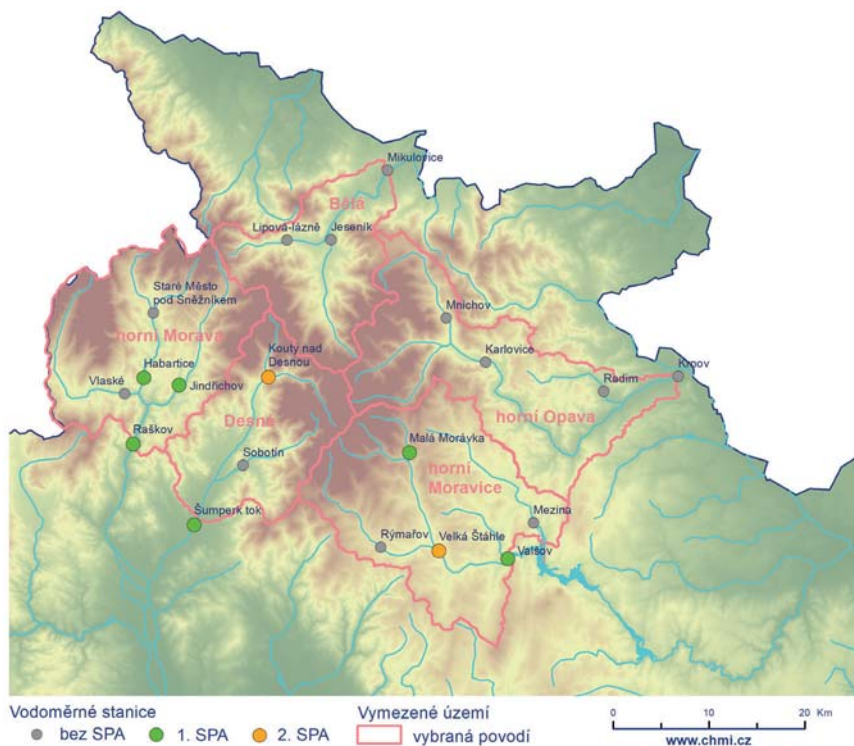
Podle Řehánka (2016) převažuje u toků odvodňujících oblasti Hrubého Jeseníku a Králického Sněžníku převážně letní typ povodně, zejména v povodí horní Opavy a Bělé, a v povodí horní Moravy, Desné a horní Moravice pak jarní typ povodňových událostí s kulminací většinou v březnu. Povodně v zimní části roku nejsou tak časté.

Na základě událostí letošní zimy tak tento příspěvek ukazuje množství a rozložení povodňových stavů v oblasti Hrubého Jeseníku a Králického Sněžníku za posledních pět zimních sezón a poukazuje na rozdíly v jednotlivých povodích v dané oblasti. Vzhledem ke skutečnosti, že mezi hlavní úkoly Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) patří včasné a kvalitně informovat o nebezpečí vzniku povodně, tak pochopení zákonitostí, které vedou k povodňovým událostem a jejich rozložení během roku, je důležité z hlediska varování obyvatelstva a záchranných složek v rámci Systému integrované výstražné služby, kterou ČHMÚ dle zákona zabezpečuje (ČHMÚ 2024b).

2. Metodika

Zájmové území bylo vymezeno povodím horní Moravy, Desné, Bělé, horní Opavy a horní Moravice (obr. 1). Tyto vodní toky odvodňují nejvyšší polohy Jeseníků a Králického Sněžníku. Jedná se o toky, u nichž se může odtoková reakce ve vztahu k úhrnům srážek projevit velmi rychle oproti větším tokům v dolních částech povodí. V průběhu celého roku je zde patrný účinek orografického zesílení srážek a také vliv návětrí.

Výčet všech hlásných profilů ve vymezeném území je uveden na obr. 1. Data ze všech těchto vodoměrných profilů lze nalézt na stránkách Hlásné a předpovědní služby (ČHMÚ 2024a). Data jsou přenášena v 10min kroku a u vybraných profilů se zobrazuje také hydrologická předpověď. Jedná se o profil Raškov (Morava) a Šumperk (Desná) spadající do povodí horní Moravy a Desné, dále Miku-



Obr. 1 Vymezení jednotlivých povodí s uvedením vodoměrných profilů a nejvyšším dosaženým SPA za celé sledované období.

lovice v povodí Bělé a Krnov v povodí horní Opavy. Pro tyto profily jsou v denním kroku k 6. hodině ranní počítány a zveřejňovány hydrologické předpovědi, které jsou za povodňových situací častěji aktualizovány.

Při zpracování tohoto příspěvku bylo využito dat o výšce sněhové pokrývky na vybraných stanicích. Dále pak hodinová data vodních stavů z vodoměrných stanic a počty překročení SPA v jednotlivých profilech. Z hlediska povodňových situací je srovnáno pět zimních období, a to vždy od 1. prosince do 28., resp. 29. února v letech 2019 až 2024. Cílem je vyhodnocení vývoje přítomnosti sněhové pokrývky, vlivu polohy daného povodí a porovnání dosažených stupňů povodňové aktivity (SPA) v jednotlivých letech.

3. Výsledky

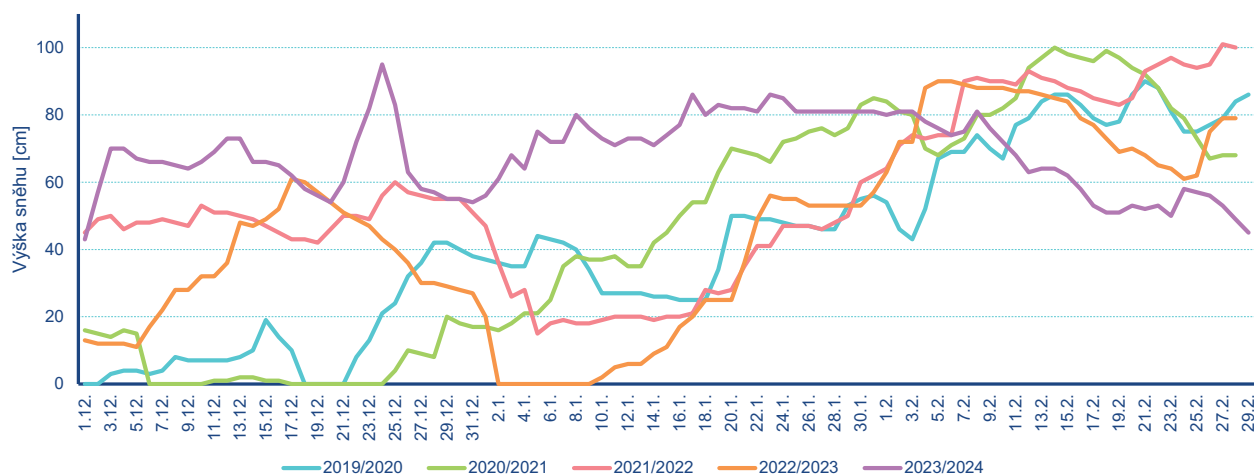
Jak již bylo zmíněno výše, tak jsou patrné rozdíly mezi jednotlivými vodními toky odvodňující Hrubý Jeseník a Králický Sněžník. Ve výše zmíněné publikaci (Řehánek 2016) je např. uvedeno, že v profilu Mikulovice na Bělé nebyl v období 1901 až 2010 zaznamenán v měsících prosinec až únor žádný výskyt kulminačního průtoku většího než Q_1 a v profilu Krnov na Opavě byl zaznamenán pouze jednou, na rozdíl od toků odvodňujících jižní a jihovýchodní části pohoří.

Tyto rozdíly se potvrzují také v posledních pěti letech. V tomto období nebyl v zimním období překročen 1. SPA na žádném profilu v povodí Bělé ani horní Opavy. Kromě zimního období 2020/2021, kdy nedošlo k překročení 1. SPA v žádném profilu, došlo vždy k překročení 1. SPA v povodí horní Moravy a v posledních třech letech také ojediněle v povodí Desné a horní Moravice (tab. 1). SPA se vyskytovaly převážně na přelomu prosince a ledna a pak na konci února. Výrazné vzestupy hladin souvisely s táním sněhové pokrývky a současně s dešťovými srážkami. V letošní zimě pak velkou roli hrálo také nasycení území.

Tab. 1 Vodoměrné stanice s dosaženým SPA v jednotlivých zimních sezónách.

2019/2020	2020/2021	2021/2022	2022/2023	2023/2024
Habartice (Krupá)		Habartice (Krupá)	Habartice (Krupá)	Habartice (Krupá)
Raškov (Morava)		Raškov (Morava)	Valšov (Moravice)	Jindřichov (Branná)
		Kouty nad Desnou (Desná)		Raškov (Morava)
		Valšov (Moravice)		Kouty nad Desnou (Desná)
				Šumperk (Desná)
				Malá Morávka (Bělokamenný potok)
				Velká Štáhle (Moravice)
				Valšov (Moravice)

Z hlediska sněhu byly poslední zimní sezóny charakteristické rozdílným průběhem výšky sněhové pokrývky. Specifická byla loňská sezóna, kdy se na začátku roku 2023 nevyskytovala souvislá sněhová pokrývky ani v nejvyšších horských partiích (obr. 2). Velká obleva na přelomu roku byla zaznamenána také v sezóně 2021/2022. Naopak sezóny 2019/2020 a 2020/2021 jsou charakteristické spíše postupnou akumulací sněhu během celého zimního období. Podrobnější popis jednotlivých sezón je uveden v následujících podkapitolách.



Obr. 2 Výška sněhové pokrývky na stanici Šerák (1 328 m n. m.) vždy od prosince do února v letech 2019 až 2024.

3.1 Zimní období od 1. prosince 2019 do 29. února 2020

V tomto období napadla významnější sněhová pokrývka až na konci prosince. Ve druhé dekádě měsíce ledna se na tocích v povodí Bělé, horní Opavy a Moravice vyskytovaly ledové jevy. Na přelomu ledna a února docházelo na tocích, zejména v povodí horní Moravy, Desné a Moravice v důsledku tání sněhu a dešťovým srážkám k vzestupům hladin, ale bez dosažení SPA. 1. SPA byl v profilech Habartice (Krupá) a Raškov (Morava) překročen až na konci února, kdy docházelo k tání sněhové pokrývky z nejvyšších horských poloh a zároveň se vyskytovaly dešťové srážky.

3.2 Zimní období od 1. prosince 2020 do 28. února 2021

Významnější sněhová pokrývka v zimní sezóně 2020/2021 napadla v nejvyšších partiích až na přelomu roku, ve zbytku území až v polovině ledna. Kolísání vodních toků během prosince tak bylo způsobeno převážně dešťovými srážkami. Během druhé dekády ledna a na začátku února se na tocích vyskytovaly ledové jevy. Výraznější vzestupy hladin zapříčiněné táním sněhu spolu s dešťovými srážkami se na tocích projeví až na začátku února, opět nejvýrazněji v povodí horní Moravy a Desné. Během této zimní sezóny nebyl na žádném sledovaném profilu v oblasti překročen SPA.

3.3 Zimní období od 1. prosince 2021 do 28. února 2022

První souvislá sněhová pokrývka napadla v tomto období již v závěru listopadu a vydržela na celém území i během první poloviny prosince. Na konci druhé prosincové dekády se oteplilo, sníh začal roztávat a zůstával pouze v nejvyšších horských polohách. Ve třetí dekádě měsíce byly na tocích zaznamenány ledové jevy.

Na přelomu roku se denní teploty vzduchu opět zvyšovaly a docházelo tak k dalšímu tání sněhu. Dne 31. prosince spadlo v oblasti Jeseníků a Králického Sněžníku ve formě deště 15 mm srážek (24hodinový úhrn) a poté ve dnech 3. a 4. ledna dalších 30 mm srážek. Vodní toky stoupaly a dne 4. ledna tak byly v povodí horní Moravy zaznamenány 1. SPA v profilech Habartice (Krupá), Raškov (Morava) a Kouty nad Desnou (Desná). Po této povodňové epizodě se začalo ochlazovat. Ve druhé polovině ledna byly na tocích opět zaznamenány ledové jevy a v poslední dekádě měsíce ledna napadl na celém území další sníh.

V únoru se teploty vzduchu zvyšovaly a sněhová pokrývka postupně odtávala. V kombinaci s přechodem dešťových srážek pak dne 17. února došlo k vzestupům hladin a k překročení 1. SPA v profilu Habartice (Krupá) a Valšov (Moravice). Následně hladiny vodních toků zvolna klesaly a sníh pokrýval již jen vyšší nadmořské výšky.

3.4 Zimní období od 1. prosince 2022 do 28. února 2023

První nesouvislá sněhová pokrývka napadla v zájmovém území již v druhé půlce listopadu, souvislá vrstva pak až kolem 7. prosince. V období od 14. do 21. prosince se na vodních tocích vyskytly ledové jevy. Oteplení a srážky ve formě deště s sebou přinesly ve dnech 23. až 24. prosince odtávání sněhu a zvýšení průtoků na vodních tocích. V první polovině ledna byl sníh zaznamenán pouze na stanici Ovčárna a Králický Sněžník. Nová vrstva sněhu napadla ve druhé polovině měsíce a udržela se až do 19. února, kdy stoupaly hladiny nad úroveň 1. SPA v profilech Habartice (Krupá) a Valšov (Moravice). Důvodem bylo oteplení, tání sněhu a srážky ve formě deště.

3.5 Zimní období od 1. prosince 2023 do 29. února 2024

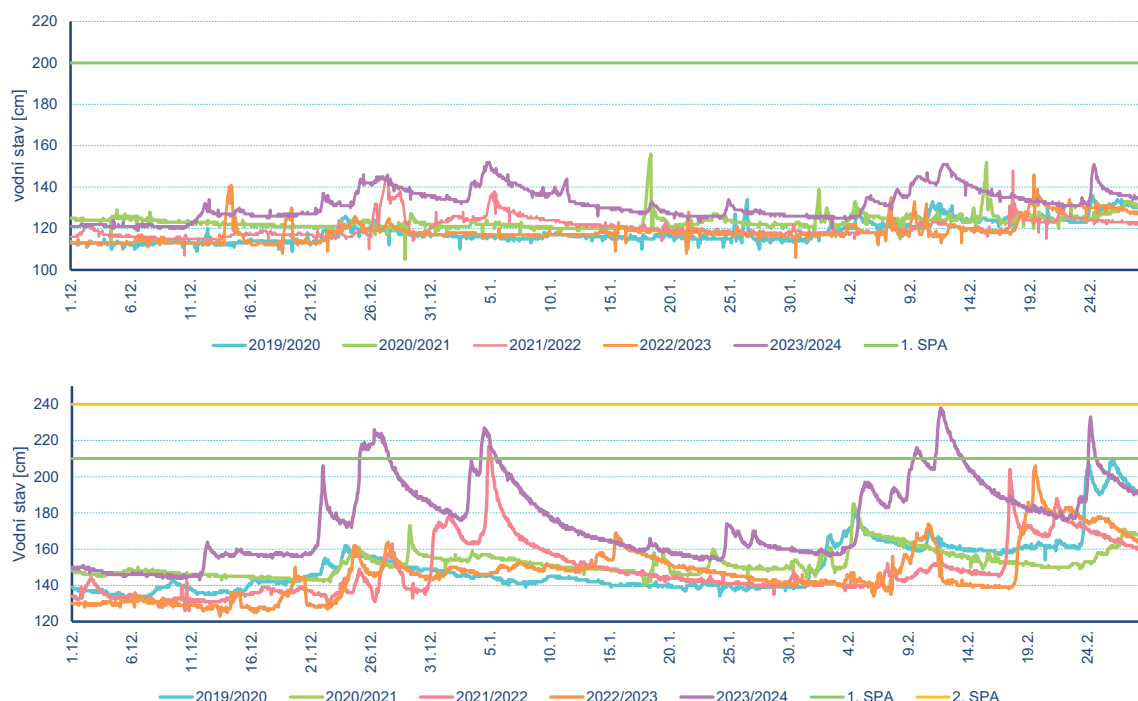
Nejvíce povodňových událostí proběhlo v posledním zimním období. Souvislá sněhová pokrývka napadla stejně jako v předešlých letech na konci listopadu a udržovala se až do období kolem Vánoc, kdy proběhla silná obleva. Ve druhé dekádě prosince se na území Jeseníků a Králického Sněžníku vyskytovaly jak dešťové, tak sněhové srážky, a sníh postupně ubýval i ve vyšších nadmořských výškách. Ve dnech 21. prosince tak došlo k překročení 1. SPA v profilu Habartice (Krupá).

Zájmové území bylo předchozími srážkami a táním sněhu velmi silně nasyceno. Druhá povodňová vlna proběhla v období od 24. do 27. prosince, kdy opět přišlo a docházelo k tání sněhu ve všech polohách. Poslední vlna vzestupů v rámci této povodňové události nastala ve dnech 3. a 4. ledna, kdy pokračovalo tání sněhu a půda, která byla silně nasycená, nedokázala pojmout další spadlé srážky. Ve dnech 7. a 8. ledna napadla v celém zájmovém území souvislá vrstva sněhu, která se udržovala do poloviny třetí dekády měsíce.

Díky silnému nasycení území reagovaly vodní toky také na srážkové úhrny v měsíci únoru překročením SPA ve dvou vlnách, a to od 9. do 11. února a 24. února. Ve dvou profilech byl dne 11. února překročen 2. SPA, a to v Koutech nad Desnou (Desná) a ve Velké Štáhli (Moravice). Ostatní toky kulminovaly na úrovni 1. SPA. Sněhová pokrývka zůstala v posledním únorovém týdnu již jen na hřebenech nejvyšších vrcholů.

4. Diskuze

Všechny výše zmíněné povodňové situace vznikly následkem tání sněhu v kombinaci s dešťovými srážkami a většina z nich byla umocněna nasycením půdy z bezprostředně předcházejících srážkových epizod. Nejvýrazněji se to projevilo v zimní sezóně 2023/2024, kdy došlo k několika povodňovým vlnám za sebou a zároveň bylo postiženo plošně rozsáhlé



Obr. 3 Průběh vodních stavů v profilech Mikulovice na Bělé (nahore) a Raškov na Moravě (dole) vždy od prosince do února v letech 2019 až 2024.

území, což řadí tuto srážko-odtokovou situaci mezi ty nevýznamnější za posledních pět let. I přesto zde byla překročena maximálně úroveň 2. SPA.

Z hlediska předpovědní povodňové služby je důležité se neustále vzdělávat, detailněji poznávat chování jednotlivých vodních toků v různých geografických prostředích, a tyto poznatky pak aplikovat při hydrologickém modelování. Při přechodu srážek a tání sněhu byly nejvyšší průtoky zaznamenány v povodí horní Moravy, Desné a horní Moravice a vodní stavy zde překročily 1. nebo 2. SPA. V žádném z případů nedošlo k překročení SPA v povodí Bělé a horní Opavy (obr. 3), což souvisí s fyzicko-geografickými podmínkami pohoří a s velkou pravděpodobností také s charakterem proběhlých synoptických situací, což bude námětem dalšího výzkumu.

5. Závěr

Bude zajímavé sledovat, jak bude tento trend pokračovat v příštích letech. Pokud by sněhu v budoucnu ubývalo, dotkne se to spíše nejnižších poloh. S povodněmi způsobenými táním sněhu v kombinaci s dešťovými srážkami je v oblasti Jeseníků i Králického Sněžníku nutné počítat i v budoucnosti. Lze přitom vycházet ze zkušeností s předpovídáním povodní z let minulých. Lepší hydrologické předpovědi pak znamenají rychlejší a přesnější varování obyvatelstva a záchranných složek v rámci Systému integrované výstražné služby (SIVS).

Literatura:

ČEKAL, R. et al., 2024. Povodně na území České republiky v prosinci 2023 a lednu 2024 [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 13. 3. 2024]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/povodnove_zpravy/cr_2023_12.pdf.

ČHMÚ, 2024a. Hlásná a předpovědní povodňová služba [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 7. 3. 2024]. Dostupné z WWW: <https://hydro.chmi.cz/hpps/>.

ČHMÚ, 2024b. Systém integrované výstražné služby (SIVS) a související výstupy ČHMÚ [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 13. 3. 2024] Dostupné z WWW: <https://www.chmi.cz/informace-a-sluzby/prezentace-a-vyuka/SIVS>.

KAMÍNKOVÁ, A., ŠUSTKOVÁ, J., 2024. Hydrometeorologická zpráva o povodňové situaci z období od 20. prosince 2023 do 8. ledna 2024. 2024 [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 13. 3. 2024]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/povodnove_zpravy/os_2023_12.pdf.

ŘEHÁNEK, T., 2016. Hydrologická charakteristika jesenické oblasti. In: *Sborník prací Českého hydrometeorologického ústavu*, sv. 62, Praha: ČHMÚ. ISBN 978-80-87577-56-1, ISSN 0232-0401.

Klíčová slova: Jeseníky, povodeň, stupeň povodňové aktivity (SPA), sněhová pokrývka

Vliv odlesnění na vodní režim malých povodí – představení probíhajícího lesnicko-hydrologického výzkumu v povodí Černé Opavy

Kateřina Neudertová Hellebrandová¹, Vít Šrámek¹, Věra Fadrhonsová¹, Jan Unucka²

¹ Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i, útvar ekologie lesa, Strnady 136, 252 02 Jíloviště, hellebrandova@vulhm.cz; sramek@vulhm.cz; fadrhonsova@vulhm.cz

² Český hydrometeorologický ústav, Oddělení hydrologie, K Myslivně 2182/3, 708 00 Ostrava, jan.unucka@chmi.cz

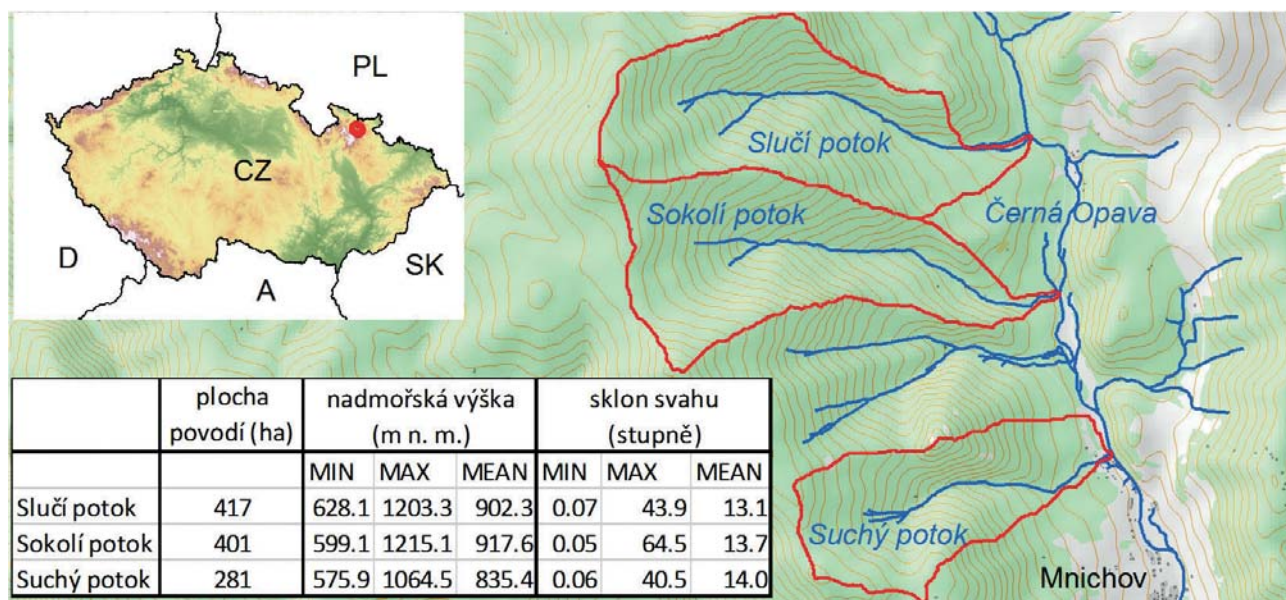
1. Úvod

Probíhající kůrovcová kalamita přináší rychlý nárůst holých sečí v rozsahu, který může mít vážné důsledky pro hydrologické podmínky v lesních povodích. Zároveň však přináší výzkumníkům příležitost sledovat dopad tohoto procesu na hydrické funkce lesa a kvalitu a množství odtékající vody.

V povodí Suchého, Sokolího a Slučího potoka (3S, obr. 1) v Hrubém Jeseníku bylo v roce 2020 zahájeno měření hydrologické bilance. Povodí jsou pokryta převážně smrkovými lesy (91 % až 96 %) a všechna jsou v současné době ohrožena kůrovcovou kalamitou, avšak s různou intenzitou vzhledem k jejich odlišné poloze a způsobu hospodaření (přírodní rezervace Suchý vrch, území NATURA 2000, povodí s běžným hospodařením).

V letech 2022–2025 je v povodích 3S realizován projekt „Vliv odlesnění na vodní režim malých povodí“, jehož cílem je:

- Kvantifikovat změny vodního režimu malých lesních povodí v souvislosti s pokračujícím odlesňováním v důsledku kůrovcové kalamity.
- Identifikovat rizika z hlediska snížení infiltrace a retence, zvýšení eroze, snížení schopnosti tlumit srážky a změny kvality odtékající vody, a to i v důsledku postupů lesního hospodaření při řešení kalamity.
- Navrhnout opatření, která tato rizika minimalizují.

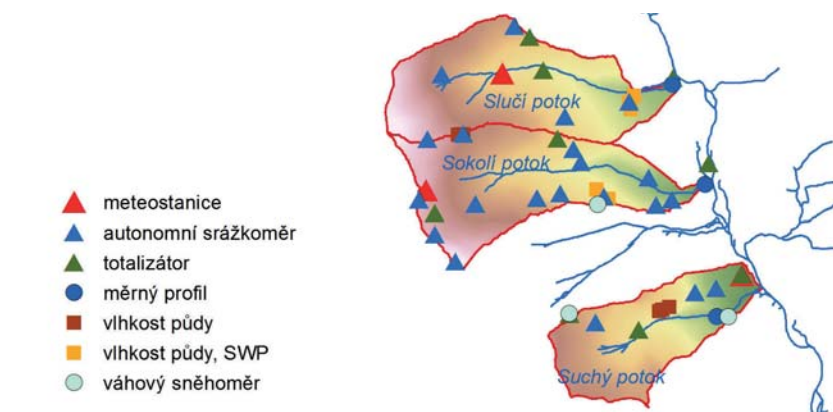


Obr. 1 Povodí 3S v Hrubém Jeseníku.

2. Průběh řešení projektu

2.1 Sběr dat, jejich validace a předběžné zpracování

V rámci řešení projektu byla povodí vybavena řadou měřicí techniky pro sběr dat (obr. 2). V roce 2020 bylo zahájeno měření odtoků na provizorních profilech (tlaková čidla), byly instalovány tři meteostanice, měřící teplotu a vlhkost vzduchu, množství srážek a intenzitu slunečního záření, každé povodí bylo vybaveno dalším jedním autonomním srážkoměrem a třemi totalizátory. V letech 2022–2023 bylo nainstalováno dalších 18 autonomních srážkoměrů, čidla pro měření vlhkosti půdy a půdního vodního potenciálu a tři váhové sněhoměry.



Obr. 2 Vybavení povodí měřicí technikou.

V zájmovém území je také sledována kvalita srážkové a povrchové vody. Srážková voda je odebrána v porostu smrku a na volné ploše v povodí Slučího potoka, povrchová voda na všech třech měrných profilech.

2.2 Geomorfologická analýza mikoreliéfu, parametrizace hydrologických modelů pro povodí

Pro zájmová povodí 3S jsou na základě sbíraných dat verifikovány a kalibrovány srážkoodtokové, hydraulické a dynamické erozní modely, které budou následně propojeny s modely ekologickými a porostními (konkrétně HEC-EFM, DHI ECO Lab, Gotilwa, Sybila, Landis / LandClim). Kromě epizod různé magnitudy a doby výskytu (povodně ve vegetační sezóně, zimní povodně apod.) budou simulovány i dlouhodobé časové řady včetně scénářů dalšího vývoje teplot, srážek a sněhové pokrývky na pilotních povodích a také změn v lesních porostech. Na základě geomorfologické analýzy mikoreliéfu byly v průběhu řešení odvozeny datové sady zahrnující odtokový koeficient, R, C, K a LS faktory pro RUSLE a USPED nebo drsnosti dle Manninga a mikrodrsnosti reliéfu. Konkrétně u faktoru C pro metodu RUSLE byly provedeny transformace hodnot koeficientu pro lesní půdní fond (C faktor je primárně odvozen pro zemědělské plochy).

2.3 Vybrané předběžné výsledky projektu – měření srážek

Jedním z plánovaných výstupů projektu jsou mapy rozložení srážek „průměrné“ vegetační sezóny na sledovaných povodích.

Pro hodnocení celkových úhrnů srážek v zájmovém území byla jednotlivá povodí rozdělena do bloků s odlišnou nadmořskou výškou a expozicí, do nichž byly umístěny autonomní srážkoměry (tab. 1). Zejména ve vyšších částech povodí byl výběr vhodných lokalit pro instalaci srážkoměrů komplikovaný kvůli absenci volných ploch mimo lesní porosty.

Pro hodnocení vlivu nadmořské výšky a expozice bylo vybráno několik srážkových epizod s relativně homogenním rozložením srážek. Celkové úhrny srážek se v těchto srážkových epizodách pohybovaly v dostatečně širokém rozpětí od 1,8 mm do 52,2 mm. Pro každou z těchto srážkových epizod a každou lokalitu byla vypočítána relativní hodnota srážek vůči průměrnému úhrnu ze všech stanic. Tato data pak vstupovala do regresní analýzy. Průběh výsledné závislosti je uvedený na obr. 3.

Tab. 1 Základní topografické charakteristiky srážkoměrů, umístěných v zájmovém území.

ID	Expozice	Nadmořská výška	Typ	ID	Expozice	Nadmořská výška	Typ
SU	E	590	meteostanice	31	N	840	autonomní srážkoměr
13	E	639	autonomní srážkoměr	41	E	917	autonomní srážkoměr
11	N	662	autonomní srážkoměr	43	N	920	autonomní srážkoměr
15	S	662	autonomní srážkoměr	45	S	953	autonomní srážkoměr
SC	N	684	autonomní srážkoměr	51	N	993	autonomní srážkoměr
21	N	708	autonomní srážkoměr	53	E	1000	autonomní srážkoměr
SA	E	715	autonomní srážkoměr	SD	E	1050	autonomní srážkoměr
25	S	745	autonomní srážkoměr	61	N	1115	autonomní srážkoměr
SB	E	768	autonomní srážkoměr	63	E	1120	autonomní srážkoměr
35	S	808	autonomní srážkoměr	SO	E	1125	meteostanice
SL	N	830	meteostanice	65	S	1125	autonomní srážkoměr
33	E	836	autonomní srážkoměr	71	N	1202	autonomní srážkoměr

Z výsledků vyplývá, že u srážek, které vykazují homogenní charakter na celé ploše povodí, se nárůst pohybuje zhruba okolo 13 % na 100 m nadmořské výšky.

Pro hodnocení vlivu expozice byla data ze srážkoměrů rozdělena do tří výškových pásem: do 800 m n. m.; od 800 do 1000 m n. m. a nad 1000 m n. m. Ve výškových pásmech do 1000 m nad mořem byly nejnížší srážky zaznamenány na svazích s východní expozicí – v průměrných hodnotách zhruba o 10 %, což pravděpodobně souvisí s převládajícím směrem větru (obr. 4). V nejvyšším pásmu nad 1000 m n. m. nejsou ve středních hodnotách (průměr, medián) prakticky žádné rozdíly, vyšší maxima jsou však dosahována na místech s jižní expozicí. Vzhledem k vysoké variabilitě dat však nejsou pozorované rozdíly statisticky významné.

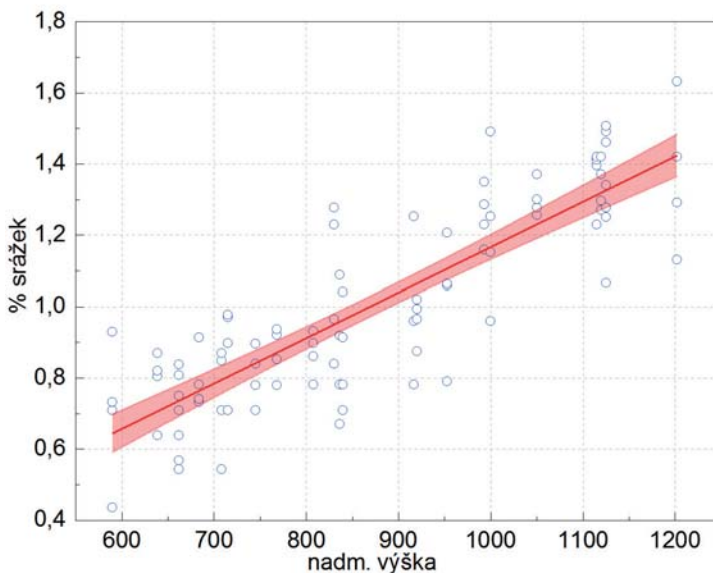
Naměřené hodnoty srážek v jednotlivých bodech jsou kromě nadmořské výšky a expozice ovlivněny ještě řadou dalších parametrů. Jedním z nich je charakter a velikost volné plochy, na které jsou srážky měřeny, včetně výšky a vzdálenosti okolního porostu. Další proměnnou, která je mezi měřícími body nehomogenní a může v některých případech ovlivňovat množství srážek, je sklon svahu. Některé lokality ve vyšších nadmořských výškách (hřebenové polohy) jsou pak výrazně vystaveny vlivu větru a turbulencím, které mají často výraznější efekt než například samotná expozice. Různá rychlost větru v jednotlivých srážkových epizodách může v návaznosti na výše uvedené faktory výrazně ovlivňovat výsledná naměřená množství. Hodnocení mohou v některých případech ovlivňovat i technické závady na měřícím zařízení, zejména v případě znečištění srážkoměru, v ojedinělých případech jsme zaznamenali i fyzické poškození měřícího zařízení zvěří. Konečně dalším zdrojem nehomogenity je i nerovnoměrné množství srážek na sledované ploše, ke kterému dochází zejména v případě srážek z konvektivních pochodů v atmosféře v letním období. Význam těchto dalších faktorů bude předmětem následných analýz.

3. Závěr

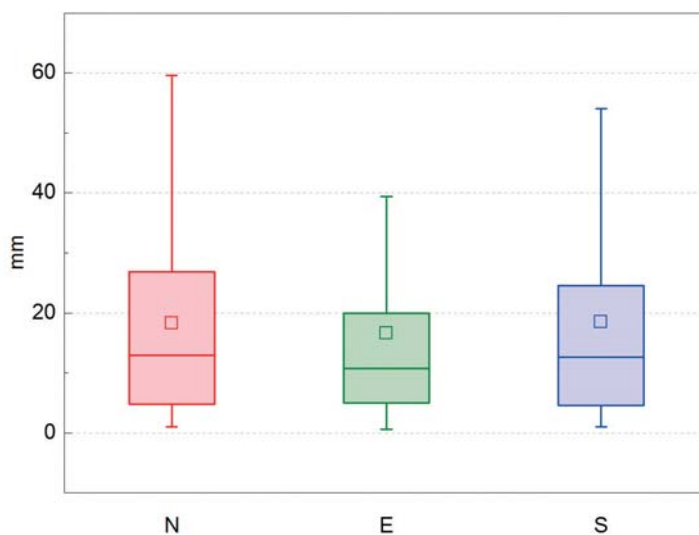
Cílem tohoto příspěvku je představit probíhající projekt lesnicko-hydrologického výzkumu a vybrané předběžné výsledky, které se, vzhledem k zaměření této konference, týkají měření srážek na horských povodích.

Klíčová slova: lesnická hydrologie, kůrovcová kalamita, holoseče, srážky

Poděkování: Příspěvek byl zpracován s využitím výsledků projektu NAZV QK22010189 Vliv odlesnění na vodní režim malých povodí a institucionální podpory poskytnuté Ministerstvem zemědělství MZE-RO0123.



Obr. 3 Závislost relativního množství srážek (poměr aktuální hodnoty v měřícím bodě s průměrem za celá povodí) na nadmořské výšce v povodích Slučího, Sokoliho a Suchého potoka ($\% \text{ srážek} = -0,1072 + 0,0013 \cdot x$; 0,95 Conf. Int.).



Obr. 4 Množství srážek na plochách s různou expozicí (N – sever, E – východ, S – jih) ve sledovaných povodích v nadmořských výškách do 800 m n. m. (Mean, Median, Box 25%–75%, Whisker: Non Outlier Range).

vlasti
vědné muzeum
jesenicka

VODNÍ TVRZ JESENÍK

SPIRÁLA ČASU ZEMĚ
interaktivní geologická expozice

HISTORIE A ARCHEOLOGIE JESENICKA
klasická muzejní expozice

EXPOZICE ČARODĚJNICKÝCH PROCESŮ
multimediální historická expozice



Facebook Vlastivědné muzeum jesenicka
Instagram – muzeum_jesenik_



Zámecké náměstí 1
790 01 Jeseník

www.muzeumjesenik.cz
info@muzeumjesenik.cz



METEOROLOGICKÁ KONFERENCE JESENÍKY 2024

Sborník příspěvků z konference pořádané Českým hydrometeorologickým ústavem, Českou meteorologickou společností a Vlastivědným muzeem Jesenicka konané ve dnech 14. až 16. května 2024 v hotelu Franz na Rejvízu v Jeseníkách

Pavel Lipina a Jan Procházka (ed.)

Vydalo nakladatelství Český hydrometeorologický ústav, Praha 2024

1. vydání, 136 stran, náklad 60 výtisků

Výtiskla tiskárna Centrum služeb Broumov s. r. o. – Tiskárna, Havlíčkova 115, 550 01 Broumov

Publikace neprošla jazykovou úpravou, za obsah příspěvků odpovídají autoři.

Grafická úprava a sazba: Hana Stehlíková

ISBN 978-80-7653-069-0

**METEOROLOGIE, KLIMATOLOGIE
A KVALITA OVZDUŠÍ
VE STŘEDNÍCH A VYŠŠÍCH
POLOHÁCH ČESKA
A STŘEDNÍ EVROPY**

**Foto: © Jirka Jiroušek – www.nebeske.cz
ISBN 978-80-7653-069-0**