

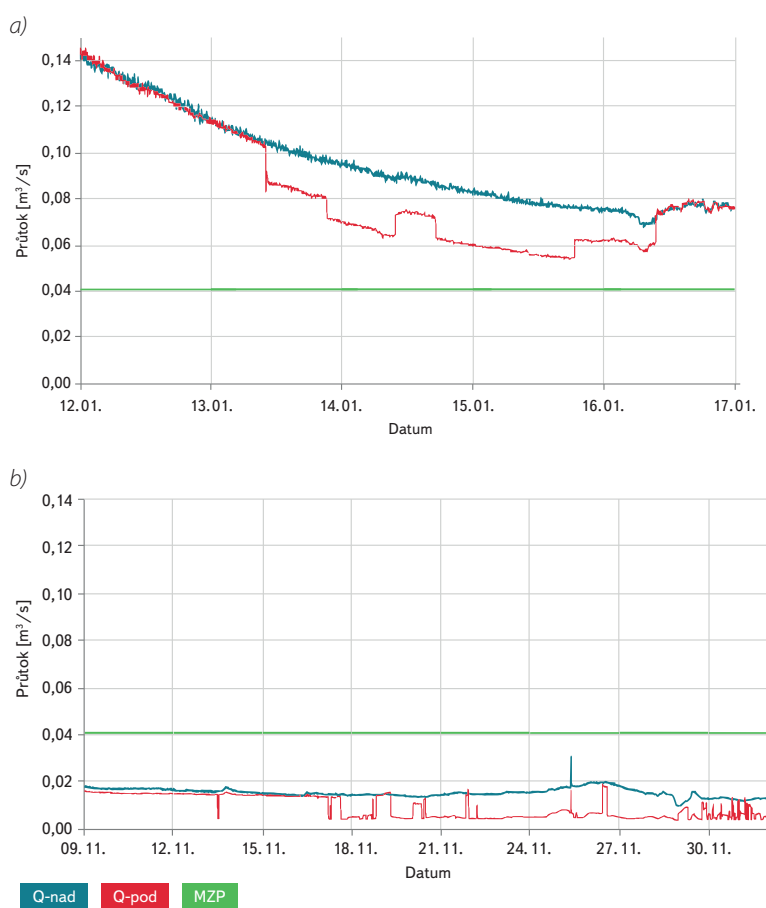
# Výsledky a výstupy projektu s názvem „Podpora dlouhodobého plánování v oblasti vodního hospodářství na území Krkonošského národního parku s důrazem na řešení problematiky vlivu technického zasněžování na pokles průtoků s cílem zvýšit dlouhodobou efektivitu ochrany přírody a krajiny“

Projekt s názvem „Podpora dlouhodobého plánování v oblasti vodního hospodářství na území Krkonošského národního parku s důrazem na řešení problematiky vlivu technického zasněžování na pokles průtoků s cílem zvýšit dlouhodobou efektivitu ochrany přírody a krajiny“ (ID projektu: TH02030080) z programu Epsilon Technologické agentury (TA ČR) byl řešen ve VÚV TGM v letech 2017–2020. Projekt se věnoval zejména výzkumu dopadů technického zasněžování na vodní toky v Krkonoších z pohledu možného ovlivnění průtoků v důsledku odběrů vody. Dále byly analyzovány chemické a fyzikální vlastnosti sněhu, ovlivnění teploty a vlhkosti půdy a další důležité aspekty související s touto problematikou.

Dopad odběrů vody pro účely technického zasněžování na změnu velikosti průtoků byl sledován v oblasti Krkonoš na Svatopetrském, Černohorském, Zeleném, Vlčím, Černém a Huťském potoce a na jejich bezejmenných přítocích v období od 1. prosince 2017 do 31. prosince 2020 v časovém kroku pěti minut. Ve většině případů nebyl dopad odběrů vody na větších vodních tocích výrazný – přirozená variabilita výkyvů průtoků, způsobená kolísáním hladiny v důsledku přirozeného zvýšení (snížení) hladiny vodního toku, byla výraznější než změny způsobené odběry vody pro účely technického zasněžování. V zimách 2017/2018, 2019/2020 a 2020/2021 protékalo korytem sledovaných větších vodních toků většinou více vody než v letním a podzimním období. Odlišná byla zima 2018/2019, kdy zpočátku ještě vrcholilo hydrologické sucho z předchozího období a následně pak přetrvávaly během zbytku zimy nízké průtoky. V zimě 2018/2019 byl proto zaznamenán významnější dopad odběrů vody na vodní toky, přičemž na Černohorském potoce byl v listopadu 2018 dokonce změřen nadlimitní odběr vody (obr. 1b). Naopak na malých vodních tocích byly významné jakékoli odběry a vypouštění, včetně odběrů vody pro technické zasněžování. Podrobnější informace k dopadům technického zasněžování na změnu průtoků jsou uvedeny ve VTEI 4/2019 [1].

Při běžných zimách se v Krkonoších technicky zasněžuje nejčastěji v prosinci a v lednu (medián odběrů vody<sup>1</sup> pro měsíc prosinec je 895 m<sup>3</sup>/ha, pro leden 766 m<sup>3</sup>/ha). Během února se už zasněžuje podstatně méně (medián odběrů vody 300 m<sup>3</sup>/ha), v březnu jen výjimečně. Některé (většinou větší) areály začínají technicky zasněžovat v omezené míře při vhodných podmínkách již během listopadu.

Hlavním faktorem, který ovlivňuje četnost odběrů vody pro technické zasněžování, je teplota vzduchu. Technicky se zasněžuje nejčastěji při teplotách rosného bodu pod -4,5 °C, výjimečně při vyšších hodnotách teploty rosného bodu. V období zim 1989/1990 až 2019/2020 bylo možno v Peci pod Sněžkou podle údajů vypočtených z poskytnutých dat ČHMÚ [2] v průměru zasněžovat

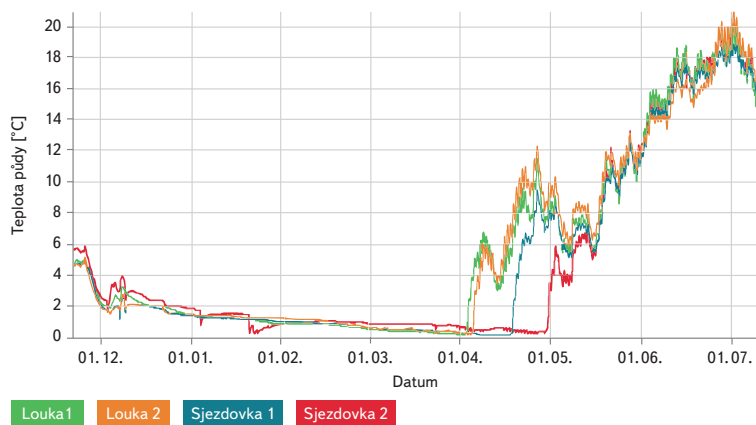


Pozn. k legendě: Q-nad – průtok naměřený na měrném profilu nad místem odběru vody pro technické zasněžování; Q-pod – průtok naměřený na měrném profilu pod místem odběru vody pro technické zasněžování; MZP – hodnota minimálního zůstatkového průtoku, pod níž se nesmí odebírat voda pro technické zasněžování

Obr. 1. Dopad odběrů vody pro účely technického zasněžování na Černohorský potok  
a) za běžné zimy (leden 2018)  
b) v období průtoku pod hranici minimálního zůstatkového průtoku – tzn. v období, v němž není odběr vody povolen

během 65 dnů, z toho v prosinci (nejvýznamnějším měsíci pro technické zasněžování) 21 dnů. Nejlepší podmínky pro technické zasněžování byly v prosinci 1996 a 1999, kdy bylo možné technicky zasněžovat v průběhu 30 dnů, nejhorší v prosinci 2015, kdy to šlo pouze během 7 dnů. V souvislosti s růstem teploty vzduchu ubylo v prosinci za 10 let v průměru 2,8 vhodného dne pro technické zasněžování.

V Rokytnici nad Jizerou, Špindlerově Mlýně, Janských Lázních a Peci pod Sněžkou se projekt dále zabýval rozdíly ve změnách teploty a vlhkosti půdy v hloubce 30 cm na (zasněžované i nezasněžované) sjezdovce a mimo sjezdovky. U vlhkosti půdy v hloubce 30 cm nebyly zjištěny zásadní rozdíly. Hlavním ovlivňujícím faktorem provlhlení území v hloubce 30 cm v období ležící sněhové pokrývky byla expozice svahu (svit slunce na svah vs. zastínění stromy), naopak nebyly pozorovány rozdíly mezi provlhlením sjezdovky a území mimo ni, i když sníh ležel na sjezdovce delší dobu. Konec výskytu sněhové pokrývky byl spolehlivě detekován u půdní teploty (po roztání sněhu teplota půdy výrazně vzroste, viz obr. 2). Během zimy byl průběh teploty půdy na sjezdovce i mimo ni obdobný.



Obr. 2. Teplota půdy v hloubce 30 cm na sjezdovce a mimo ni v Rokytnici nad Jizerou v lyžařském areálu Horní Domky v zimě 2018/2019

Množství vody, které může odtéct při tání sněhu, je závislé na jeho vodní hodnotě a výšce sněhové pokrývky. Ta má největší vliv, neboť čím je vyšší, tím pomaleji sníh odtává. Na technicky zasněžované sjezdovce bývá zpravidla více sněhu než mimo ni, a proto se tam sníh drží déle. Tání sněhu zpomaluje jeho pevnost (pokud je sníh zmrzlý, v případě sjezdovky také zhutňování sněhu rolbou) a naopak urychluje je vhodná expozice svahu vůči slunečním paprskům, dešťové srážky a vítr. Čerstvý sníh má menší vodní hodnotu a hustotu než mokřý sníh nebo firn. Variabilita vodní hodnoty sněhu v jednotkovém sloupci 1 m výšky sněhové pokrývky byla sledována ve Špindlerově Mlýně, Janských Lázních, Peci pod Sněžkou a Rokytnici nad Jizerou a na sjezdovkách se pohybovala od 188 mm do 742 mm, mimo sjezdovku od 159 mm do 636 mm. Na sjezdovce bylo ve sněhu v průměru o 1,3 až 1,9x (v extrému až o 2,7x) více vody než mimo sjezdovku. Číslo vyjadřuje nejnižší a nejvyšší průměr z více údajů o vodní hodnotě sněhu na téže sjezdovce (respektive mimo ni) – rozpětí mezi naměřenými vodními hodnotami sněhu v jednom bodě totiž může být značné. Je proto třeba měření opakovat vícekrát a pro dané místo počítat s průměrem z více měření, např. ve Špindlerově Mlýně bylo v březnu 2020 na sjezdovce Hromovka v nadmořské výšce 850 m n. m. rozpětí vodní hodnoty sněhu v jednotkovém sloupci od 653 mm do 721 mm. Porovnávat množství vody na sjezdovce a charakterizovat strukturu technického sněhu navíc není úplně jednoduché. Moderní zasněžovací systémy umějí vytvářet různou strukturu sněhu, která se pro různé sjezdovky a čas liší. Jiná bude při zasněžování na začátku sezony, kdy slouží jako podklad pro další fáze zasněžování, odlišná při běžném zasněžování sjezdovek pro veřejnost, kde se struktura sněhu blíží přírodnímu.

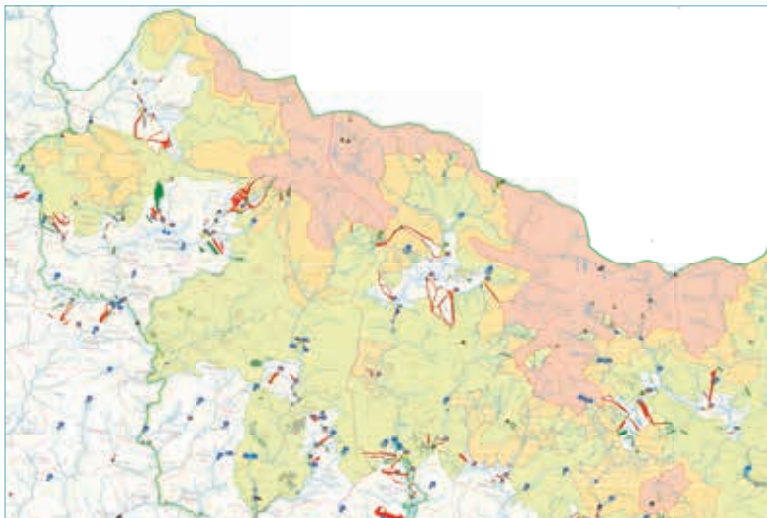
Naopak sněhová pokrývka závodních svahů, kde se mísí přírodní a technický sníh, je charakteristická vyšší vodní hodnotou.

Pro účely technického zasněžování se odebírá voda z vodních toků. Proto bylo dále zkoumáno, jak může být tato voda znečištěná běžně se vyskytujícími látkami a zda je potenciálně toto znečištění významné a je potřeba ho řešit. Pro podrobnou analýzu v laboratoři VÚV TGM bylo odebráno 45 vzorků, u nichž byl proveden základní chemický rozbor. V rámci něho byl stanoven celkový obsah sloučenin dusíku, fosforu, obsah amoniakálního a dusičnanového dusíku, chloridů a pH. Obsah amoniakálního a dusičnanového dusíku byl výpočtem převeden na koncentrace amonických iontů a dusičnanů. Dále proběhlo vyhodnocení více než 200 měření hodnot konduktivity vody ve vodních tocích i sněhu na sjezdovkách, neboť existuje závislost mezi hodnotou konduktivity a sledovaným znečištěním. Pokud byla hodnota konduktivity zvýšená, následně byl dán odebraný vzorek k další analýze do laboratoře. Naměřené hodnoty konduktivity v potocích, z nichž se odebírá voda pro účely technického zasněžování, byly nízké – mezi 16 a 81  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (limit pro pitnou vodu je 1 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Nízkým hodnotám konduktivity odpovídají i analyzované hodnoty znečištění vody ve vodních tocích zjištěné v laboratoři. Výjimkou byl Černý potok, kde byla 15. srpna 2019 naměřena konduktivita 126  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (v laboratoři následně detekováno překročení limitů pro amonné ionty – 0,908 mg/l), a Bílý potok v Harrachově dne 14. února 2020, kde byla konduktivita dokonce 420  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (souvisí s překročením koncentrací chloridů ve vodě – 105 mg/l).

Znečištění v přírodním sněhu i ve směsi přírodního a technického sněhu bylo rovněž velmi nízké. Konduktivita u přírodního sněhu se pohybovala mezi 2,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 14,4  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , u sněhu na sjezdovce mezi 2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 35  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Z pohledu možného znečištění přírodního prostředí znečištěnou vodou z vodních toků proběhl v sezoně 2019/2020 podrobnější plošný výzkum změny konduktivity na sjezdovkách a ve vodě z vodních toků, jež jsou využívány pro technické zasněžování. Výhodou byla skutečnost, že v době plošných měření byl na sjezdovkách většinou pouze technický sníh, nikoli směs technického a přírodního sněhu. Na hromadách čistě technického sněhu na sjezdovkách se konduktivita pohybovala podle stáří sněhu od 2 do 12  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , výrazně méně než ve vodních tocích, z nichž se odebírá voda pro účely technického zasněžování. Naopak konduktivita vzorků vody získaných ze sněhových děl odpovídala konduktivitě vody změřené ve vodních tocích. Z provedené analýzy dat bylo zjištěno, že se stářím sněhu se hodnota konduktivity technického sněhu snižuje. To souvisí s čištěním sněhu od příměsí při probíhající reakci při změně skupenství (viz [3]). Díky tomuto samočištění byly ve všech vzorcích ze staršího čistě technického sněhu hodnoty koncentrací pod mezí detekce laboratoře. U přírodního sněhu byly oproti tomu detekovány velmi nízké koncentrace na úrovni detekce laboratoře, což souvisí se zachytáváním znečišťujících látek ze vzduchu. Proces samočištění sněhu při probíhající reakci při změně skupenství může být příčinou, proč se ve vzorcích sněhu nemusí projevit případné znečištění vody odebrané z vodního toku. Odlišné dopady na chemismus vody ve sněhu má přímé znečištění sněhu, např. při konání lyžařských závodů, kdy je potřeba – s ohledem na udržení kvality sjezdových tratí během závodu a jejich regulérnosti – tyto sjezdovky upravit, včetně jednorázového výjimečného užití salmiaku, tak aby sjezdová trať zůstala tvrdá i při vyšších teplotách vzduchu a netvořila se při závodech koryta. Právě po závodech světového poháru v lyžování v březnu 2019 byl ve Špindlerově Mlýně zaznamenán jediný případ, kdy bylo na sjezdovce naměřeno významnější znečištění. Po závodech světového poháru byly odebrány a analyzovány dva vzorky. Zatímco první vzorek měl zvýšenou hodnotu znečišťujících látek, ten druhý byl bez většího znečištění. V prvním vzorku překračoval obsah amonických iontů normu pro pitnou vodu více než 16x a oproti jiným sjezdovkám byl zvýšen i obsah chloridů, avšak limity pro pitnou vodu překročeny nebyly.

V rámci řešení projektu byla vytvořena Mapa ovlivnění území Krkonošského národního parku technickým zasněžováním a jinými odběry (obr. 3). Na dvou mapách jsou zobrazeny všechny známé sjezdovky v Krkonoších, jež fungují

nebo by se na nich provoz mohl obnovit. Barevnou škálou je rozlišeno, do jaké míry se sjezdovka technicky zasněžuje. Jsou vyznačeny všechny povolené odběry pro účely technického zasněžování a ostatní odběry vody nad 500 m<sup>3</sup>/měsíc (přílohou mapy je tabulka s detailními informacemi o jednotlivých odběrech vody a s vyznačením odběrů, při nichž došlo k překročení povolených limitů). V mapě je zakreslena i zonace KRNAP, včetně jeho ochranného pásma. Při formátu tisku A0 je měřítko mapy přibližně 1 : 40 000.



Obr. 3. Náhled mapy ovlivnění území Krkonošského národního parku technickým zasněžováním a jinými odběry

Dalším z výstupů je Metodika pro řešení odběrů vody pro technické zasněžování (dále jen Metodika). Ta by měla být nápomocna ke snížení nežádoucích dopadů odběrů vody pro účely technického zasněžování. Úvodní kapitola Metodiky je určena zejména provozovatelům ski areálů. Provází je procesem rozhodování, jakým způsobem se postavit k jednotlivým odběrům vody, tedy nad čím by se měl provozovatel zamyslet, než požádá o povolení k odběru vody, a poskytuje jim i návod, jak přistupovat k samotné Metodice. Následuje část týkající se vodoprávního řízení a jeho náležitostí. Hlavní část Metodiky řeší problematiku stanovení hodnoty minimálního zůstatkového průtoku, výpočtu množství vody, které si mohou ski areály nárokovat pro odběr vody, včetně stanovení jednotlivých limitů pro odběr vody z vodního toku.

K tomu, aby se snížil nežádoucí dopad odběrů vody (nejen pro účely technického zasněžování) na vodní toky, může přispět další z výstupů projektu, interaktivní software s názvem Odběr vody. Ten umožňuje uživatelům napláňovat jednotlivé odběry vody s ohledem na předpověď počasí pro následujících 14 dní. Pomocí srážkoodtokového modelu Bilan jsou na základě údajů z historie (průtoky, srážky a teplota vzduchu) i zadaných údajů o předpokládaných denních úhrnech srážek a průměrných denních teplotách v následujících 14 dnech vypočteny pravděpodobné velikosti průtoků i množství vody, které bude možné odebrat, aniž by došlo k poklesu průtoků pod hranici minimálního zůstatkového průtoku nebo jinak zvolené hranice minimálního průtoku. Software Odběr vody je k dispozici na adrese <https://snih.vuv.cz/zasnezovani/>. V záložce *O projektu* je pak možno stáhnout aktuální podobu Metodiky i Mapy ovlivnění území Krkonošského národního parku technickým zasněžováním a jinými odběry.

## Poznámky

1. Medián odběrů vody pro technické zasněžování pro období let 2015 až 2019 z měsíčních hodnot odběrů vod z odběrů všech krkonošských areálů, které mají povinnost hlásit velikost odběrů vody.

## Literatura:

- [1] TREML, P. Dopad technického zasněžování na toky v Krkonoších. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2019, 61(4), s. 20–30
- [2] ČHMÚ. Denní data dle zákona 123/1998 [on-line]. 2021 [vid. 23. srpen 2021]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data/Denni-data-dle-z-123-1998-Sb>.
- [3] SALLANKO, J., LAKSO, E. Natural Wastewater Polishing Treatment, Cold Crystallisation and Wetlands. [on-line]. 2014 [vid. 23. srpen 2021]. Dostupné z: [https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB\\_DC26631.pdf](https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC26631.pdf)

## Autor

**Mgr. Pavel Tremli**

✉ [pavel.tremli@vuv.cz](mailto:pavel.tremli@vuv.cz)