

Január 2023

Lyžovačka na blate

Modelované možnosti lyžovania na Slovensku do roku 2100

Simona Hrobárová, Katarína Nánásiová a Martin Gális

Turizmus v zimnom období je bezprostredne ovplyvnený zmenou klímy a jeho udržateľnosť na Slovensku je čoraz viac ohrozená. Už dnes zažívame teplejšie zimy, ktoré sa budú stupňovať aj po roku 2030, čo sa prejaví v ďalšom zhoršovaní podmienok na lyžovanie. Ku koncu tohto storočia budú udržateľné iba vysoko položené lyžiarske strediská. Stavba a rozvoj lyžiarskych stredísk pod 1700 m n. m. by sa preto mali v súvislosti s týmito zmenami zväziť a národné parky a iné chránené územia by sa mali strategicky orientovať na mäkké formy turizmu.

Zmena klímy ohrozuje udržateľnosť prevádzky lyžiarskych stredísk

Reforma národných parkov vytvára vhodné podmienky na odklon od intenzívneho využívania lesov na ťažbu dreva v prospech turizmu. Lyžiarske strediská významne prispievajú nielen k rozvoju turizmu na Slovensku, ale aj k ekonomickej výkonnosti cestovného ruchu. V krajine sa nachádza 107 lyžiarskych stredísk a svahov, z čoho je približne 47 významných (Tatry Mountain Resorts, 2021) a 16 sa nachádza na území národných parkov. Okrem ostatných rokov ovplyvnených pandemiou COVID-19 bola prevádzka stredísk prevažne stabilná. Pokles návštevnosti spôsobený výpadkom zahraničných lyžiarov bol zaznamenaný v sezóne 2008/2009 (Pravda, 2009), zatiaľ čo pokles v 2013/14 zapríčinila mierna suchá zima (Tatry Mountain Resorts, 2014).

Globálna zmena klímy ohrozuje dlhodobú udržateľnosť lyžiarskych stredísk, ktoré sú závislé na vhodných snehových podmienkach. Od začiatku priemyselnej revolúcie zapríčinili ľudské aktivity zvýšenie priemernej teploty na Zemi o 0,8 °C až 1,2 °C, a to najmä pre vypúšťanie emisií skleníkových plynov zachytávajúcich teplo (Somerville & Hassol, 2011). Väčšina otepľovania nastala po roku 1975 s rýchlosťou zhruba 0,15 až 0,2 °C za jedno desaťročie (IPCC, 2018). Zmenu klímy vidieť aj na vývoji priemerných ročných teplôt nameraných v meteorologických staniciach v oblastiach lyžiarskych stredísk (grafy 1 až 4).

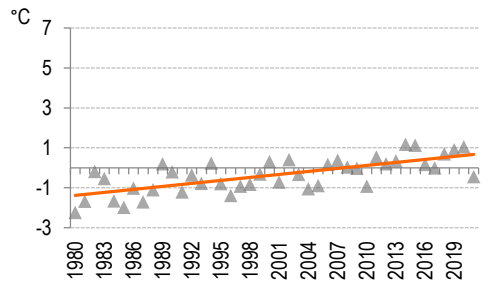
Lyžiarske strediská čoraz častejšie čelia obdobiam neschopnosti prevádzky v rámci sezóny (Gairns, 2019). Je to jednak z dôvodu udržateľnosti snehovej pokrývky, ako aj vzhľadom na dlhšie obdobia sucha. Viaceré štúdie (Hrvol', Horecká, Škvarenina, Střelcová, & Škvareninová, 2009; Vido, a iní, 2015) poukazujú na trendy častejších súch a na úbytok zrážok na území Slovenska. Niektoré klimatické scenáre predpokladajú, že v chladnom polroku (október – marec) môže atmosférických zrážok pribúdať. Týka sa to najmä vyššie položených oblastí nad 1700 m n. m., kde vďaka vyšším zrážkovým úhrnom môže snehu pribúdať. Naopak, v nižšie položených horských polohách do 700 m n. m. môžu zrážky vypadávať prevažne v tekutom skupenstve, a preto sa snehové podmienky môžu zhoršovať.

Lyžiarske strediská už v súčasnosti čelia obmedzeniam v dôsledku rastu teplôt

Problematické podmienky súvisiace so zrážkami a suchom budú zjavné najmä v nižších polohách. Predpokladá sa, že lyžiarske strediská na Slovensku pod 1000 m n. m. nebudú mať postačujúce podmienky na vlastnú prevádzku, pričom ani vysoká intenzita zasnežovania nemusí stredisko zachrániť (Mikloš, Jančo, Korístecková, Škvareninová, & Škvarenina, 2018). Suchá nemusia predstavovať problém v umelo zasnežovaných strediskách, ak sa v blízkosti nachádza vodný zdroj. Vo Švajčiarsku preto banky majú tendenciu zamietat' pôžičky pre lyžiarske strediská pod 1500 m n. m. (OECD, 2007).

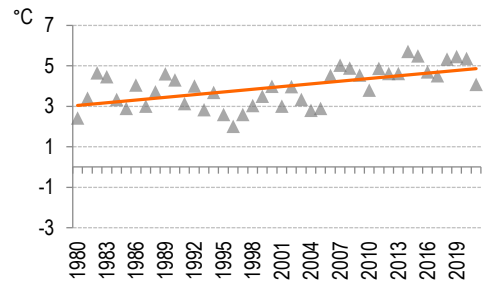
Grafy 1 – 4: Priemerná ročná teplota na meracích staniciach

Graf 1: Chopok (1995 m n. m.)



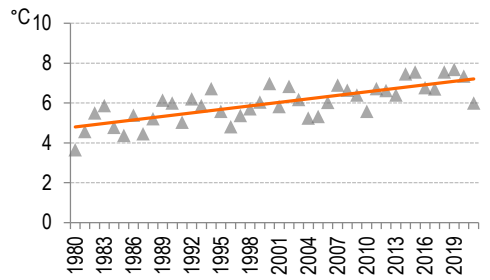
Zdroj: SHMÚ

Graf 2: Štrbské Pleso (1323 m n. m.)



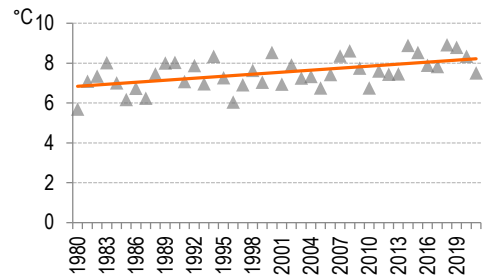
Zdroj: SHMÚ

Graf 3: Lom nad Rimavicou (1018 m n. m.)



Zdroj: SHMÚ

Graf 4: Čadca (453 m n. m.)



Zdroj: SHMÚ

Zasnežovanie je možné pri priemernej dennej teplote nepresahujúcej -2 °C

Vhodné podmienky na lyžovanie možno stotožniť s podmienkami na zasnežovanie

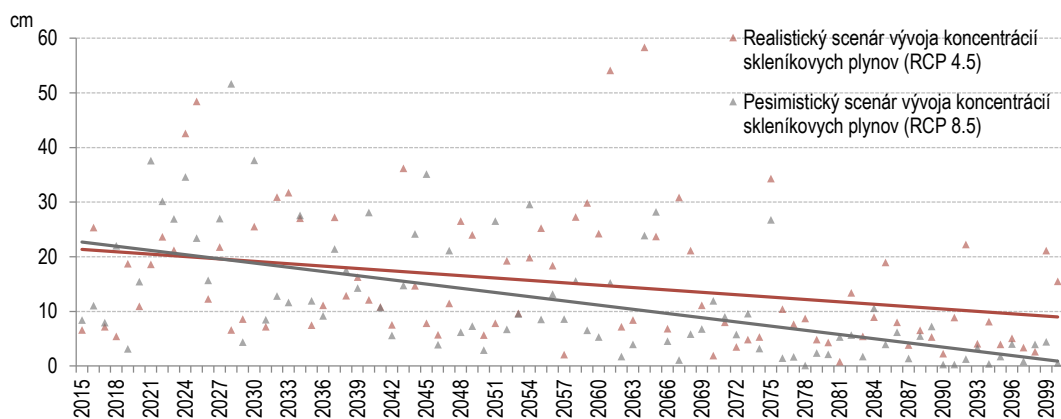
Pri hodnotení budúcich podmienok na lyžovanie sa štandardne vychádza z toho, či bude možné v stredisku zasnežovať. Predpokladá sa, že prírodný sneh bude v dlhodobom horizonte nedostatkový (Steiger & Mayer, 2008). Umelé zasnežovanie je preto najrozšírenejším a univerzálnym spôsobom adaptácie lyžiarskych stredísk na zmenu klímy. V súčasnosti lyžiarske strediská už investovali do zariadení na zabezpečenie a udržiavanie zasnežovania. Vo Francúzku to v rokoch 1990 – 2004 bolo okolo pol miliardy eur, v Rakúsku v rokoch 1995 – 2003 800 mil. eur (OECD, 2007). Problémom je, že čoraz viac sa stretávame s ubúdajúcim počtom nocí vhodných na zasnežovanie, a tak narastá potrebné množstvo snežných diel, s čím rastie tiež spotreba energie a vody.¹

Za vhodné podmienky na zasnežovanie sa považuje priemerná denná teplota nepresahujúca -2 °C (Steiger & Mayer, 2008; Spandre, a iní, 2019). Indikátor udržateľnosti strediska

¹ So zvyšovaním intenzity umelého zasnežovania sú spojené nielen rastúce náklady lyžiarskeho strediska, ale aj negatívne dopady na životné prostredie (Pickering & Buckley, 2010). Ide napríklad o odčerpávanie vody z vodných tokov, ktoré môže mať negatívny vplyv na vodné organizmy najmä vtedy, keď sa nezabezpečí minimálny (zaručený, sanitárny) prietok vo vodnom toku. Jedným zo spôsobov tlmenia týchto dopadov je využívanie obnoviteľných zdrojov energie (Smith, 2022). Oblasť Les Orres vo Francúzku by pomocou vodnej elektrárne mohla dosiahnuť energetickú nezávislosť do 5 až 10 rokov (Polderman, a iní, 2020). Tieto možnosti ale nie sú dostupné všade, keďže závisia od prírodných podmienok v daných regiónoch. Navyše v oblasti využívania vody a energie na zasnežovanie stále chýbajú udržateľné alternatívy, a aj keď sa snažia strediská zaviesť solárne panely a veterné turbíny, problém naďalej predstavuje veľká spotreba vody (R. Steiger, 2019; OECD, 2007). To vie vyústiť iba do ďalších zásahov do prírody v podobe umelo vytvorených jazier a nádrží, ktoré môžu okrem iného zapríčiniť povodne a lavíny (OECD, 2007).

naznačuje, že je potrebné, aby stredisko dosahovalo tieto teploty po dobu 100 dní za sezónu (Gairns, 2019; Scott, Dawson, & Jones, 2007). Aj keď sa toto stodňové pravidlo všeobecne akceptuje, slúži iba ako pomocný nástroj a závisí od skúmaného územného celku (OECD, 2007). Navyše v literatúre (Abegg B., 1996) sa upozorňuje, že tento indikátor je iba odhad vytvorený pre Švajčiarske Alpy a neodzrkadľuje ekonomickú stabilitu strediska, a preto by mal byť prispôbený pre daný územný celok. Napríklad, v štúdiu v Austrálii sa používalo 60- až 70-dňové pravidlo, v severnej Amerike potrebujú 100 – 120 vhodných dní na zasnežovanie a na nižšie položené nemecké strediská bola použitá hranica 80 dní (Abegg, a iní, 2021; Hoy, Haensel, & Matschullat, 2011).²

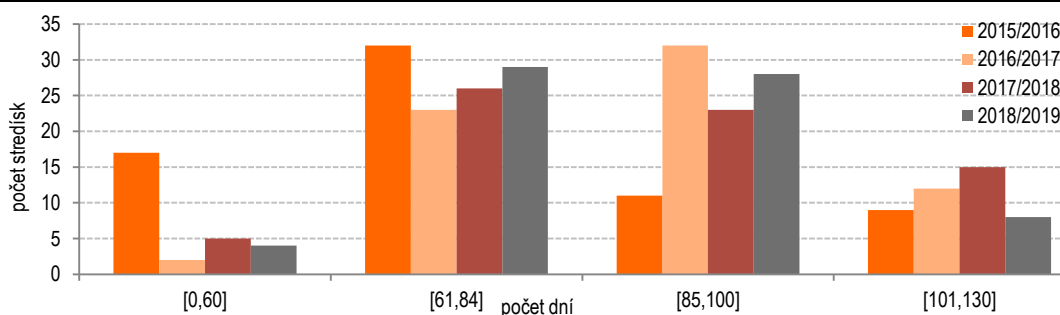
Graf 5: Projekcie priemernej snehovej pokrývky na území stredného Slovenska v mesiaci január



Zdroj: Copernicus, 2022

Za výborné podmienky na lyžovanie na Slovensku považujeme, keď je stredisko otvorené aspoň 82 dní za sezónu, z čoho 35 dní je nutných pre dlhodobé fungovanie strediska. Na základe údajov o počtu dní prevádzky (Sitour International, 2021) a konzultácií s lyžiarskymi strediskami majú strediská na Slovensku veľký rozptyl v dĺžke otvorenia. Vo veľkých strediskách ako Jasná alebo Roháčce sa lyžuje vyše 100 dní každú sezónu, ale značná časť lyžiarskych stredísk funguje aj výrazne menší počet dní. Počas štyroch sezón pred vypuknutím pandémie bol medián dĺžky prevádzky lyžiarskeho strediska na Slovensku 82 dní, pričom najkratšie prevádzkované stredisko bolo otvorené 40 dní (priemer za 4 sezóny). Tieto údaje sú konzistentné s informáciami od samotných lyžiarskych stredísk, ktoré indikujú, že väčšina z nich je počas priemernej sezóny otvorená 60 až 90 dní. Strediská zároveň tvrdia, že keby sa znížilo množstvo otvorených dní pod 35, stali by sa ekonomicky neutržateľnými.

Graf 6: Počet lyžiarskych stredísk na Slovensku podľa počtu dní schopných prevádzky



Zdroj: Sitour

² V Bürki (2000) a Abegg (1996) sa spomína okrem 100-dňového pravidla aj potreba, aby sezón, ktoré ho spĺňajú, bolo aspoň 7 za desaťročie. Používa sa hlavne na to, aby sa vykryli možné teplejšie roky tými chladnejšími. Inými slovami, je dôležité sa pozerat' na vývoj hodnôt dní vhodných na zasnežovanie v priebehu viacerých sezón a sústrediť sa na trend (Abegg, 2012).

Vývoj zmeny klímy sa projektuje na základe scenárov vývoja koncentrácie skleníkových plynov a iných emisií, ktoré sú známe pod pojmom RCP scenáre³. Zostavuje ich Medzivládny panel o zmene klímy IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), ktorý je súčasťou OSN. Úlohou tohto panelu je poskytovať informácie vládnym inštitúciám pri tvorbe opatrení v boji proti zmene klímy (IPCC, 2019). RCP scenáre sa vyznačujú flexibilitou v testovaní rôznych socio-ekonomických faktorov a v skúmaní ich environmentálnych dopadov. Popisujú tak možný vývoj faktorov ako rast populácie, hospodársky rast a využívanie obnoviteľnej energie, od ktorých priamo závisí množstvo koncentrácie skleníkových plynov v atmosfére (Copernicus, 2019).

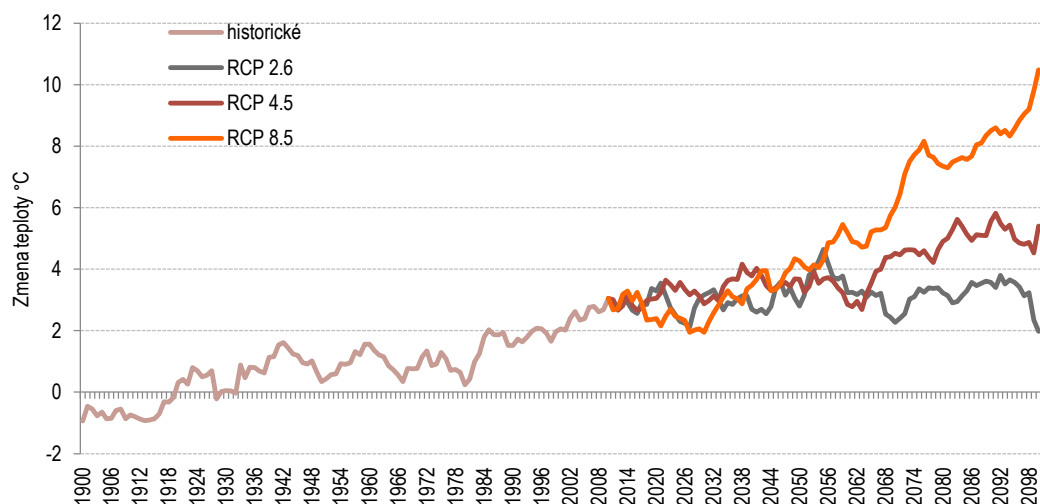
Tabuľka 1: RCP scenáre

	Budúce hodnoty emisií	Oteplenie na konci storočia	Popis
RCP 2.6	Veľmi nízke	+1,5 °C až 2 °C	CO ₂ emisie začnú klesať do roku 2020. Do roku 2100 budú ich hodnoty záporné a hodnoty emisií metánu klesnú o 40 %.
RCP 4.5	Mierne nízke	+2 °C až 3 °C	Od polovice storočia CO ₂ emisie začnú klesať a emisie metánu budú stabilizované. Plocha poľnohospodárskej pôdy sa zmenší kvôli menšej spotrebe mäsa.
RCP 8.5	Veľmi vysoké	+5 °C	Na konci storočia budú emisie CO ₂ 3x vyššie ako v súčasnosti a emisie metánu budú naďalej rásť.

Zdroj: Copernicus, 2019

RCP scenáre ponúkajú iba súhrn možných eventuálnych zmien klímy do roku 2100, pričom sa sústreďujú na dva hlavné body: o koľko sa planéta do konca storočia oteplí a o koľko budú vyššie koncentrácie skleníkových plynov (Wayne, 2013). Nejde teda ani o predpovede, ani o odporúčania, akou cestou sa máme vybrať, ale o projekcie teplôt v rámci jednotlivých modelovaných scenárov (Met Office, 2018).

Graf 7: Vývoj rozdielu medzi ročnými priemernými teplotami a priemerom teplôt za obdobie 1850 – 1900 na strednom Slovensku (kľzavý priemer)



Zdroj: (Copernicus, 2022)

Za najreálnejší scenár vývoja koncentrácie skleníkových plynov sa aktuálne považuje RCP 4.5 (Kwak, a iní, 2014). RCP scenáre vznikli pred dekadou, kedy vedci zaviedli RCP 8.5 ako nepravdepodobný, vysoko rizikový scenár, ktorého účely boli iba teoretické. Postupom času ako sa

³ RCP = Representative Concentration Pathway, tj. reprezentatívne smery vývoja koncentrácií.

emisie naďalej zvyšovali, sa tento scenár začal objavovať v mnohých štúdiách ako tzv. *business as usual* scenár, ktorý odzrkadľoval aktuálny vývin skleníkových plynov v prípade minimálnych opatrení za lepšiu klímu (Hausfather & Peters, 2020). Najmä vďaka nedávnym záväzkom vyplývajúcim z Parížskej dohody o zmene klímy, sa ale vedci prikláňajú k RCP 4.5 scenáru a pokladajú ho za jeden z tých pravdepodobnejších (ibid). Preto nami zaznamenané výsledky budeme sústreďovať hlavne na základe tohto scenára.

Až 1/3 stredísk môže byť v dekáde od roku 2030 neschopná prevádzky

Už po roku 2030 budú mať mnohé lyžiarske strediská významné problémy s prevádzkou

Odhad budúcich podmienok na lyžovanie na Slovensku vychádza zo scenárov klimatických modelov Copernicus, ktoré boli kalibrované na základe nameraných teplôt na Slovensku. Aplikáciou podmienky potrebnej teploty pre možnosť zasnežovania boli odhadnuté počty dní schopných prevádzky pre 78 slovenských stredísk v každej sezóne až po rok 2100.⁴

Historické teploty, ako aj predpovede z klimatických modelov často obsahujú výrazné lokálne výkyvy. Môže sa stať, že z dôvodu kolísania klímy skupina rokov tvorí teplotnú vlnu a je výrazne teplejšia alebo aj chladnejšia ako teploty v dlhšom časovom období. Napríklad môže nastať ochladenie, ktoré je v ďalších rokoch nasledované výrazným oteplením. Preto sú výsledky reprezentované pomocou priemerov po jednotlivých desaťročiach, čo redukuje lokálne teplotné výkyvy súvisiace s povahou teplotných dát a umožňuje sústrediť sa na dlhodobé teplotné trendy.⁵ Desaťročia sú zvolené ako dekády, takže je možné, že niekoľkoročná teplotná vlna je rozdelená a ovplyvňuje dve desaťročia za sebou. Pri súčasnom zrýchľujúcom sa trende otepľovania je skôr predpoklad, že každá nasledujúca dekáda bude teplejšia.

Tabuľka 2: Priemerný počet dní schopných prevádzky za desaťročie v scenári RCP 4.5

	22/30	30/40	40/50	50/60	60/70	70/80	80/90	90/00
Jasná sever	113	106	106	104	90	99	82	87
Štrbské Pleso	113	109	106	105	95	101	83	92
Martinky	91	86	84	86	73	76	65	67
Krahule	57	42	47	44	41	40	34	32
Kubínska Hoľa	58	43	47	46	41	38	33	31
Vrátna	57	41	46	43	41	39	33	32
Plejsy	59	44	49	46	45	42	36	36
Bezovec	47	31	38	35	33	32	26	28
Malinô Brdo	42	26	29	29	27	25	20	21
Pezinská Baba	39	25	30	29	26	24	22	24

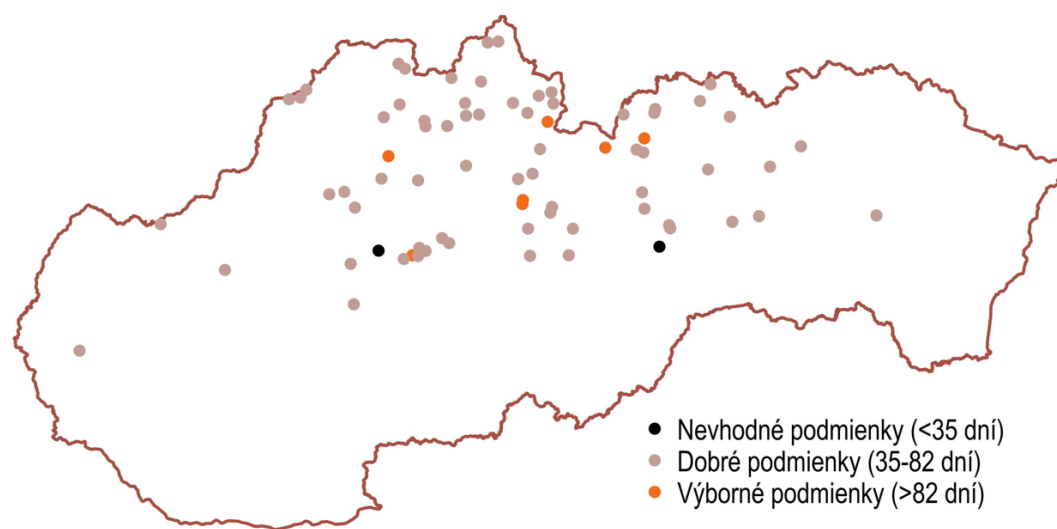
Zdroj: Copernicus

Klimatická situácia v dekáde 2020 – 2030 by mala byť pre väčšinu lyžiarskych stredísk relatívne priaznivá. Aktuálne desaťročie vykazuje pre všetky strediská dobré až výborné podmienky na zasnežovanie, čo sa prejaví vo vyšších počtoch dní, kedy budú lyžiarske strediská otvorené. Väčším problémom by mali čeliť iba strediská Vyšná Slaná - Július a Ski - TMG Remata, v ktorých priemerný počet dní s možným zasnežovaním je tesne pod hranicou nevhodných podmienok. Najvhodnejšie podmienky by mali byť vo vysoko položených strediskách ako Štrbské Pleso, Jasná a Winter Park Martinky. Napriek zmene klímy a všeobecnému trendu otepľovania sa aj dnes epizodicky vyskytujú chladnejšie zimy s výbornými snehovými podmienkami. Pri dlhšej prevádzke lyžiarskych stredísk a ich celkovej ekonomickej rentabilnosti je však nevyhnutné, aby sa také zimy vyskytovali pravidelnejšie, nie iba sporadicky.

⁴ Viac v BOX 1.

⁵ Spomínané teplotné vlny môžeme pozorovať na teplotných mapách počtu dní schopných prevádzky jednotlivých stredísk v prílohe.

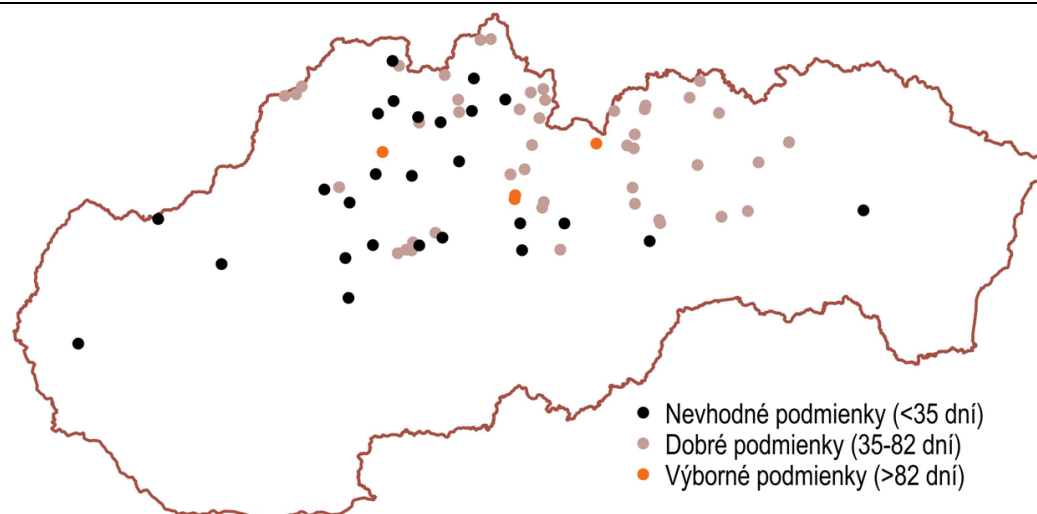
Obrázok 1: Podmienky na lyžovanie v rokoch 2020 – 2030 v scenári RCP 4.5



Zdroj: Copernicus

Podľa scenárov vývoja pre desaťročie 2030 – 2040 by malo dôjsť k teplejším zimám, čo sa prejaví v zhoršení podmienok pre lyžovanie. Až 26 stredísk by sa malo ocitnúť v nepriaznivých číslach pod hodnotou 35 dní vhodných na zasnežovanie, pričom počet stredísk s výbornými podmienkami klesne z počtu sedem na štyri. To isté by malo platiť aj pre dekádu 2040 – 2050, ktorá by mala mať podobné teplotné priemery.

Obrázok 2: Podmienky na lyžovanie v rokoch 2030 – 2040 v scenári RCP 4.5



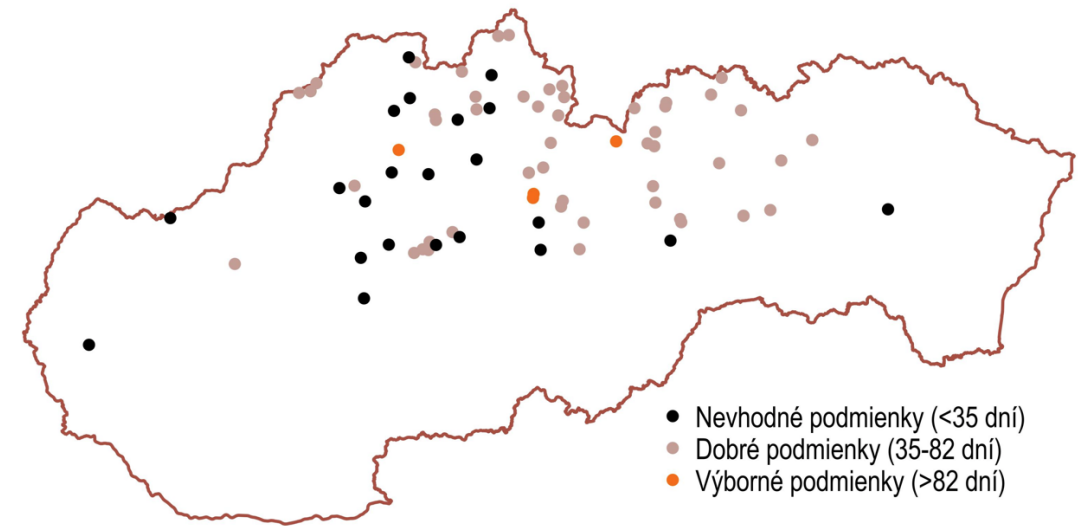
Zdroj: Copernicus

Dekáda 2050 – 2060 by podľa scenárov vývoja mala priniesť mierne ochladenie a lepšie podmienky pre štyri strediská. Vyššie spomínaná teplotná vlna by sa prejavila v ochladení počas desaťročia 2050 – 2060 napriek tomu, že celkovo sa v čase bude naďalej otepľovať. V 2050 – 2060 by sa oproti desaťročiu 2030 – 2040 krátkodobo zlepšili podmienky z nevhodných na dobré pre štyri lyžiarske strediská, a to v Nižnej, strediskách Ski Bezovec, Vrátna Paseky a Polomka Bučník. Nevhodné podmienky na zasnežovanie by mali postihnúť iba 22 stredísk, dobré podmienky by mali byť v 52 strediskách a výborné by mali mať i naďalej 4 strediská.

V nasledujúcich desaťročiach podľa scenárov vývoja priemerné počty dní vhodných na zasnežovanie už iba klesajú a najhoršia situácia by podľa klimatických modelov mala byť ku koncu

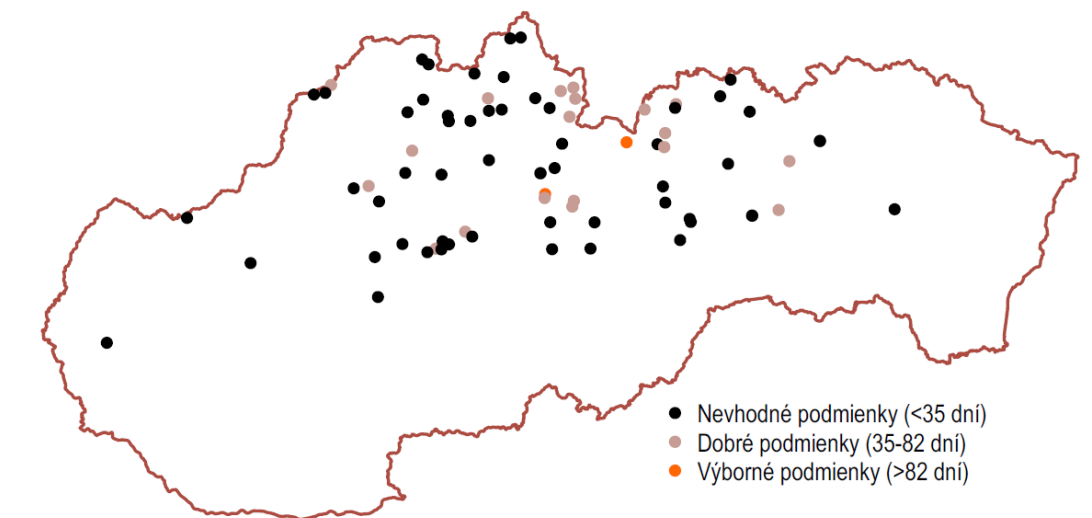
storočia v období 2090 – 2100. V tejto dekáde by tak už boli iba 2 strediská s výbornými podmienkami, a to Jasná sever a Štrbské Pleso. Dobré podmienky by boli len v 19 strediskách a nevhodné podmienky by malo až 56 zvyšných stredísk.

Obrázok 3: Podmienky na lyžovanie v rokoch 2050 – 2060 v scenári RCP 4.5



Zdroj: Copernicus

Obrázok 4: Podmienky na lyžovanie v rokoch 2090 – 2100 v scenári RCP 4.5

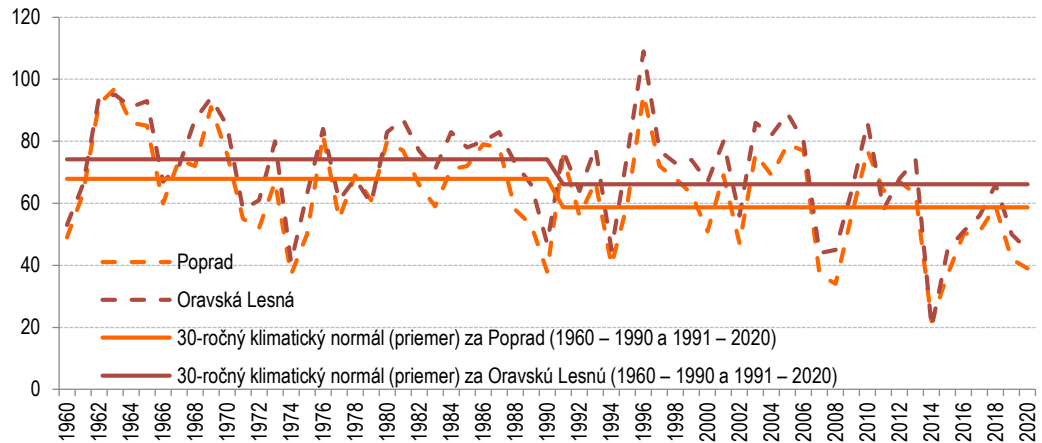


Zdroj: Copernicus

Je pravdepodobné, že ochladenia ale v skutočnosti nenastanú a naďalej sa bude otepľovať. Existuje predpoklad, že každá nasledujúca dekáda bude teplejšia ako prechádzajúca. Potvrdzujú to aj pozorovania po roku 1990. Vzhľadom na pokračujúci rast koncentrácie skleníkových plynov v atmosfére nie je splnený žiadny predpoklad, že by sa situácia až na možné lokálne výkyvy mala zmeniť a priniesť dlhodobé ochladenie.

Podobný výsledok naznačuje aj porovnanie takzvaných štandardných klimatických normálov. Klimatický normál, ktorý používame, je 30-ročným priemerom počtu charakteristických dní s priemernou dennou teplotou menej ako $-2,0$ °C. Porovnaním klimatických normálov 1961 – 1990 a 1991 – 2020 vidíme pokles o viac ako 8 dní v staniách Poprad (694 m n. m.) a Oravská Lesná (781 m n. m.), na základe čoho možno očakávať podobný vývoj do budúcnosti aj na zvyšku Slovenska.

Graf 8: Historický vývoj (1960 – 2020) priemerného počtu dní s teplotou pod -2 °C v Poprade a v Oravskej Lesnej



Zdroj: European Climate Assessment

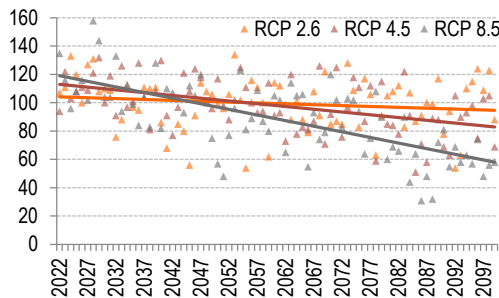
Sneh a lyžovanie dnes nemajú pri zimnom horskom turizme alternatívu.

Lyžiarske strediská musia diverzifikovať služby a zväziť investície nad 1700 m n. m.

Počet dní vhodných na zasnežovanie má na celom území SR klesajúci trend, a to nezávisle od polohy či RCP scenára. Otázkou ale ostáva, dokedy sa bude investovať do umelého zasnežovania, do akej miery sú lyžiarske strediská pripravené brať do úvahy preorientovanie lyžiarskeho turizmu na iný zimný turizmus, ktorý nebude súvisieť so snehom a hlavne, či to bude atraktívne pre samotných turistov.

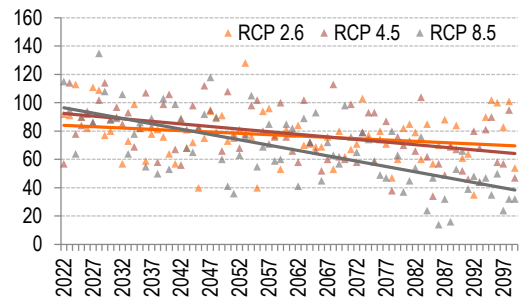
Grafy 9 – 12: Počet dní vhodných na lyžovanie vo vybraných lyžiarskych strediskách

Graf 9: Jasná sever



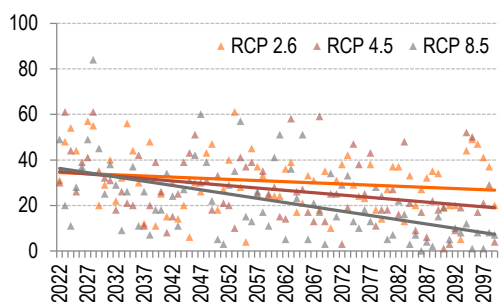
Zdroj: Copernicus

Graf 10: Martinky



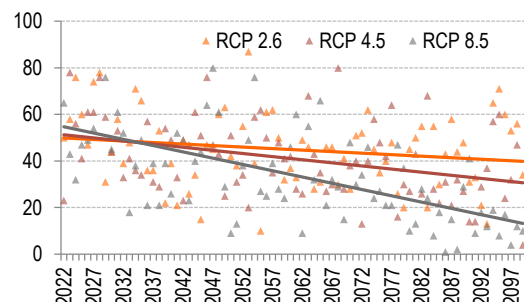
Zdroj: Copernicus

Graf 11: Malinô Brdo



Zdroj: Copernicus

Graf 12: Vrátna (Chleb)



Zdroj: Copernicus

Už dnes sú pre finančnú udržateľnosť menších stredísk kľúčové dodatočné služby ako poskytovanie ubytovania pre lyžiarske zájazdy, vďaka čomu vie byť ich prevádzka udržateľná aj pri

kratších sezónach. Je možné, že podobnú diverzifikáciu služieb bude musieť aplikovať viacero stredísk. Ich budúcnosť ohrozuje aj rast cien energií, ktoré strediská nemôžu v plnej miere premietnuť do cien za svoje služby kvôli vysokej elasticite dopytu po lyžovaní.

Sneh a lyžovanie stále nemajú pri zimnom horskom turizme alternatívu. Z prieskumu v Rakúsku, Francúzsku a Nemecku vyplýva, že návštevníci by v prípade nedostatku snehu na lyžovanie radšej zmenili miesto svojej rekreácie a cestovali by za snehom, alebo by zmenili čas svojej rekreácie tak, aby snehové podmienky boli lepšie. Iba 8 % opýtaných by si vybralo inú aktivitu ako lyžovanie (Luthe, 2009). Hoci lyžiarske strediská rozvíjajú ponuky svojich atrakcií, podľa prieskumu zo Švajčiarska sa odhaduje, že iba 20 % turistov by zväžilo aktivity, ktoré sa netýkajú lyžovania (Abegg B. , 1996).

Stavba lyžiarskych stredísk a rozvoj služieb spojených s lyžovaním vo výškach pod 1700 m n. m. by sa pre zhoršujúce sa podmienky na lyžovanie mali zväziť. Existuje pozitívny a významný vzťah medzi rastom výnosov a nadmorskou výškou lyžiarskeho vleku až do priemernej nadmorskej výšky 1700 m n. m., kedy sa príjmy stabilizujú a dodatočná výška nepredstavuje zásadný prínos (Falk, 2015). Dôvodom je, že návštevnosť nižšie položených rezortov je už dnes závislá od snehových podmienok, pričom najväčšie medziročné rozdiely v množstve prírodného snehu sú v priemernej výške 1500 m n. m. Menšia priemerná hĺbka snehu, menší počet dní so snehovou pokrývkou, ako aj menší počet dní s hĺbkou snehu nad 30 cm súvisia tiež s menším počtom prespávajúcich zákazníkov lyžiarskych stredísk (Töglhofer, Eigner, & Prettenhaler, 2011). Alternatívu k stavbe a rozvoju lyžiarskych stredísk predstavuje rozvoj mäkkého turizmu. Jeho dopad na ekosystémy je v porovnaní s lyžovaním minimálny. V dnešnej dobe sa už plánuje rozvoj mäkkých, prírode blízkych foriem turizmu v národných parkoch, napríklad sprevádzania.

Box 1: Metodika

Projekcie priemernej dennej teploty od roku 2006 do 2100 v priestorovej mriežke s rozlíšením 5 km x 5 km sú čerpané z **databázy Copernicus**. Tieto klimatické predpovede pochádzajú z programu Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (CORDEX) s referenčným obdobím od 1971 až do roku 2000 (Copernicus, 2021). Výsledky sú založené na kombinácii globálneho klimatického modelu EC-EARTH (ICHEC, Ireland) s regionálnym klimatickým modelom CCLM4-8-17 (CLM-Community, EU).

Kalibrácia tohto datasetu na realitu lyžiarskych stredísk je založená na **historických údajoch o priemernej dennej teplote** za posledných 17 rokov (od roku 2006) v meteorologických stanicach SR poskytnutých Slovenským hydrometeorologickým ústavom (SHMÚ). Korekcia je tvorená dvomi zložkami, prvá pochádza z rozdielu medzi CORDEX predikciami a nameranými historickými hodnotami od SHMÚ. Za druhú je zodpovedný rozdiel medzi nadmorskou výškou meteorologickej stanice a lyžiarskeho strediska. Pre každé lyžiarske stredisko identifikujeme jemu zodpovedajúcu 5 km x 5 km bunku mriežky z CORDEXu a najbližšiu meteorologickú stanicu SHMÚ. Na základe rozdielov denných teplôt v týchto dvoch datasetoch v zimnej sezóne (november až apríl) za posledných 17 rokov určíme priemernú teplotnú odchýlku pre dané stredisko. Pokračujeme výpočtom korekcie o nadmorskú výšku, t. j. rozdielu medzi nadmorskými výškami lyžiarskeho strediska (dolný koniec zjazdovky) a najbližšej meteorologickej stanice. Na tento rozdiel aplikujeme konštantu „lapse rate“, ktorá hovorí, že teplota v troposfére klesá o 6,5 °C na kilometer (Britannica). Výsledné projekcie priemernej dennej teploty získame ako dáta z CORDEXu, ku ktorým pripočítame priemernú teplotnú odchýlku (korekcia voči historickým dátam) a korekciu za nadmorskú výšku.

Možnosti zasneženia strediska pomocou umelého snehu ovplyvňujú viaceré meteorologické podmienky, z ktorých najdôležitejšie sú teplota a vlhkosť vzduchu. Čím vlhkejší vzduch, tým je

potrebná nižšia teplota. Podľa Steiger & Mayer (2008) dobrá kvalita snehu na lyžovanie pri priemernej vlhkosti vzduchu sa dá dosiahnuť produkciou umelého snehu pri teplote pod $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Je ale dokázaná silná korelácia medzi dennou priemernou teplotou $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a minimálnou dennou teplotou $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Lyžiarske stredisko sa preto považuje za schopné prevádzky, ak je jeho denná priemerná teplota vzduchu pod $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kalibrované denné predikcie teplôt v lyžiarskych strediskách (popis vyššie) porovnáme s dennou priemernou teplotou $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, čím dostaneme počty dní, kedy je možné dané stredisko zasnežiť umelým snehom. Strediská zoraďujeme od najvyššie položených po najnižšie.

Bibliografia

- Abegg, B. (1996). Klimaänderung und Tourismus. Klimafolgenforschung am Beispiel des Wintertourismus in den Schweizer Alpen. *Schlussbericht NFP 31*.
- Abegg, B. (2012). *Natürliche und technische Schneesicherheit in einer wärmeren Zukunft*. Dostupné na Internete: <https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl%3A13971>
- Abegg, B., Morin, S., Demiroglu, O. C., François, H., Rothleitner, M., & Strasser, U. (2021). Overloaded! Critical revision and a new conceptual approach for snow indicators in ski tourism. *International Journal of Biometeorology*, s. 691–701.
- Britannica. (dátum neznámy). *Britannica*. Dostupné na Internete: lapse rate: <https://www.britannica.com/science/lapse-rate>
- Bürki, R. (2000). Klimaänderung und Anpassungsprozesse im Wintertourismus. *Publikation der Ostschweizerischen Geographischen Gesellschaft*.
- Copernicus. (2019). *How to use different RCPs?* Dostupné na Internete: <https://climate.copernicus.eu/sites/default/files/2021-01/infosheet3.pdf>
- Copernicus. (5. May 2021). *Temperature and precipitation climate impact indicators from 1970 to 2100 derived from European climate projections*. Dostupné na Internete: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/sis-hydrology-meteorology-derived-projections?tab=overview>
- Copernicus. (2022). *CMIP6 climate projections*. Dostupné na Internete: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/projections-cmip6?tab=overview>
- F. J. Zach, M. S. (2021). Product diversification and isomorphism: The case of ski resorts and “me-too” innovation. *Annals of Tourism Research*, 1-15.
- Falk. (2015). Returns on investments in new ski lifts: The importance of weather conditions and elevation. *55th Congress of the European Regional Science Association: "World Renaissance: Changing roles for people and places"* (s. 1-19). Lisbon: European Regional Science Association (ERSA).
- Gairns, A. (2019). *Ski Tourism and Climate Change: The case study of Sogndal Ski Centre*. Dostupné na Internete: https://hvlopen.brage.unit.no/hvlopen-xmlui/bitstream/handle/11250/2612939/Gairns_Adam.pdf?sequence=1

- Harvey, C. (2020). *The Worst Climate Scenarios May No Longer Be the Most Likely*. Dostupné na Internet: <https://www.scientificamerican.com/article/the-worst-climate-scenarios-may-no-longer-be-the-most-likely/>
- Hausfather, Z., & Peters, G. (2020). *Emissions – the ‘business as usual’ story is misleading*. Dostupné na Internet: <https://www.nature.com/articles/d41586-020-00177-3>
- Hoy, A., Haensel, S., & Matschullat, J. (2011). How can winter tourism adapt to climate change in Saxony’s mountains? *Regional Environmental Change*, s. 459-469.
- Hrvol’, J., Horecká, V., Škvarenina, J., Střelcová, K., & Škvareninová, J. (2009). Long-term results of evaporation rate in xerothermic Oak altitudinal vegetation stage in Southern Slovakia. *Biologia*.
- Hudson, R. &. (2004). Measuring destination competitiveness: an empirical study of Canadian ski resorts. *Tourism and Hospitality Planning & Development*, 79-94.
- IPCC. (2018). *Global Warming of 1.5 °C*. Cit. 10. 02 2022. Dostupné na Internet: <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- IPCC. (2019). *About the IPCC*. Dostupné na Internet: <https://www.carbonbrief.org/explainer-the-high-emissions-rcp8-5-global-warming-scenario/>
- Kwak, J., Noh, H., S., K., Singh, V., Hong, S., Kim, D., . . . Kim, H. (2014). Future climate data from RCP 4.5 and occurrence of malaria in Korea. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.
- Luthe, T. (2009). Vulnerability to global change and sustainable adaptation of ski tourism. *Outdoor sports and environmental science*, 1-337.
- Met Office. (2018). *UKCP18 Guidance: Representative Concentration Pathways*. Dostupné na Internet: <https://www.metoffice.gov.uk/binaries/content/assets/metofficegovuk/pdf/research/ukcp/ukcp18-guidance---representative-concentration-pathways.pdf>
- Mikloš, M., Jančo, M., Korísteková, K., Škvareninová, J., & Škvarenina, J. (2018). *The Suitability of Snow and Meteorological Conditions of South-Central Slovakia for Ski Slope Operation at Low Elevation—A Case Study of the Košútka Ski Centre*. Dostupné na Internet: <https://www.mdpi.com/2073-4441/10/7/907>
- OECD. (2007). *Climate Change in the European Alps*. Dostupné na Internet: https://www.oecd-ilibrary.org/environment/climate-change-in-the-european-alps_9789264031692-en
- Pickering, C. M., & Buckley, R. C. (2010). Climate Response by the Ski Industry: The Shortcomings of Snowmaking for Australian Resorts. *AMBIO*, s. 430–438.
- Polderman, A., Haller, A., Viesi, D., Tabin, X., Sala, S., Giorgi, A., . . . Bidault, Y. (2020). How Can Ski Resorts Get Smart? Transdisciplinary Approaches to Sustainable Winter Tourism in the European Alps. *Sustainability*, 12, 2-20.
- Pravda. (2009). Návštevnosť lyžiarskych stredísk zachraňujú Poliáci. *Pravda*.

- R. Steiger, D. S. (2019). A critical review of climate change risk for ski tourism. *Current Issues in Tourism*, 1343-1379.
- Science On a Sphere. (2013). *Climate Model: Temperature Change (RCP 4.5) - 2006 - 2100*.
Dostupné na Internete: <https://sos.noaa.gov/catalog/datasets/climate-model-temperature-change-rcp-45-2006-2100/>
- Scott, D., Dawson, J., & Jones, B. (2007). Climate change vulnerability of the Northeast US winter tourism sector. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, s. 577-596.
- Smith, P. (2022). Future-proofed piste – sustainable skiing in the French Alps. *The Guardian*.
- Somerville, R. C., & Hassol, S. J. (2011). Communicating the science of climate change. *Physics Today*, 64(10).
- Spandre, F., & George-Marcelpoil, M. (2016). Panel based assessment of snow management operations in French ski resorts. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 16, 24-36.
- Spandre, P., François, H., Verfaillie, D., Pons, M., Vernay, M., Lafaysse, M., . . . Morin, S. (2019). Winter tourism under climate change in the pyrenees and the French alps: Relevance of snowmaking as a technical adaptation. *The Cryosphere*.
- Steiger, R., & Mayer, M. (2008). Snowmaking and climate change: Future options for snow production in tyrolean ski resorts. *Mountain Research and Development*.
- Ševčík. (2008). Osobné lanovky na Slovensku - vývoj a lokalizácia. *Študentská Vedecká Konferencia* (s. 99-101). Bratislava: IRIS, Vydavateľstvo a tlač, s.r.o.
- Tatry Mountain Resorts. (2014). *Tatraci hodnotia zimnú sezónu*. TMR.
- Tatry Mountain Resorts. (2019). *Ročná správa 2018/2019*. Liptovský Mikuláš: TMR.
- Tatry Mountain Resorts. (2020). *Ročná správa 2019/20*. Liptovský Mikuláš: TMR.
- Tatry Mountain Resorts. (2021). *Ročná správa 2020/21*. TMR.
- Töglhofer, C., Eigner, F., & Prettenhaler, F. (2011). Impacts of snow conditions on tourism demand in Austrian ski areas. *Climate Research*, 1-14.
- Vido, J., Tadesse, T., Šustek, Z., Kandřík, R., Hanzelová, M., Škvarenina, J., . . . Hayes, M. (2015). Drought occurrence in central european mountainous region (Tatra National Park, Slovakia) within the period 1961–2010. *Adv. Meteorol.*
- Wayne, G. P. (2013). *The Beginner's Guide to Representative Concentration Pathways*. Dostupné na Internete: https://skepticalscience.com/docs/RCP_Guide.pdf

Materiál prezentuje názory autorov a Inštitútu environmentálnej politiky (IEP), ktoré nemusia nutne odzrkadľovať oficiálne názory Ministerstva životného prostredia SR. Cieľom publikovania komentárov IEP je podnecovať a zlepšovať odbornú a verejnú diskusiu na aktuálne environmentálne témy. Citácie textu by sa preto mali odkazovať na IEP (a nie MŽP SR), ako autora týchto názorov.