

Univerzita Hradec Králové
Přírodovědecká fakulta
katedra biologie

Vliv globálního oteplování na výskyt arкто-alpínských
druhů lichenizovaných hub v krkonošské tundře
a popularizace biotopů pásma bezlesí ve výuce biologie
středních škol

Diplomová práce

Autor: Bc. Bára Koudelková
Studijní programy: N0114A300053 – Biologie – Tělesná výchova
Studijní obor: Biologie a Tělesná výchova a sport se zaměřením na
vzdělávání
Vedoucí práce: RNDr. Josef Halda, Ph.D.

Specializace v rámci které má být VŠKP vypracována: Biologie

Podklad pro zadání DIPLOMOVÉ práce studenta

Jméno a příjmení: **Bc. Bára Koudelková**

Osobní číslo: **P22P0762**

Adresa: **Bílsko u Hořic 38, Bílsko u Hořic, 50801 Hořice v Podkrkonoší, Česká republika**

Téma práce: **Vliv globálního oteplování na výskyt arкто-alpínských druhů lichenizovaných hub v krkonošské tundře a popularizace biotopů pásma bezlesí ve výuce biologie středních škol**

Téma práce anglicky: **Global warming and its effect on the occurrence of arcto-alpine species of lichenized fungi in the tundra of Giant Mountains and the popularization of habitats in the alpine zone**

Jazyk práce: **Čeština**

Vedoucí práce: **RNDr. Josef Halda, Ph.D.
Katedra biologie**

Zásady pro vypracování:

Krkonošská tundra patří k nejcennějším biocenózám střední Evropy. V současnosti dochází změnou klimatu k procesům, které společenstva tundry silně ovlivňují. V budoucnu lze očekávat nevratné změny a snad i úplný zánik tohoto jedinečného ekosystému.

Cílem DP je popularizace fenoménu středoevropské tundry v kontextu s globálními klimatickými změnami. Zábavnou formou budou ve výuce biologie představeny vzácné arкто-alpínské druhy lišejníků, které současné změny nejvíce ohrožují.

Seznam doporučené literatury:

Alatalo J.M., Jägerbrand A.K. & Molau U. (2014): Climate change and climatic events: community-, functional and species-level responses of bryophytes and lichens to constant, stepwise, and pulse experimental warming in an alpine tundra. – *Alpine Botany*, 124: 81–91.

Jägerbrand A.K., Lindblad K.E.M., Björk R.G., Alatalo J.M. & Molau U. (2006): Bryophyte and lichen diversity under simulated environmental change compared with observed variation in unmanipulated alpine tundra. – *Biodiversity and Conservation*, 15(14): 4453–4475.

Kershaw K. A. (1978): The role of lichens in boreal tundra transition areas. – *Bryologist*, 81: 294–306.

Lukešová A., Kociánová M., Váňa J., Štursová H., Elster J., Harčarik J., Halda J., Kocourková J. & Jankovská V. (2010): Vyvažované půdy tundry Krkonoš a Abisko Mts – předběžná srovnávací studie. – *Opera Corcontica*, 47: 55–82.

Podpis studenta:

Datum:

Podpis vedoucího práce:

Datum:

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedla všechny prameny, z kterých jsem vycházela.

V Hradci Králové dne

Bára Koudelková

Poděkování:

Svou vděčnost za veškerou poskytnutou podporu, zázemí, trpělivost a pochopení při psaní diplomové práce bych ráda vyjádřila celé své rodině a přáteli. Poděkování patří také žákům primy a tercie z gymnázia v Nové Pace, kteří se ochotně podíleli na ověřování některých úkolů praktické části DP. Malý dík patří také věrným příznivcům celodenního psaní, papouškovi a kocourovi. Největší dík však tímto věnuji vedoucímu práce, RNDr. Josefu Haldovi, Ph.D. za veškerou poskytnutou pomoc, přínosnou terénní exkurzi do Krkonoš, cenné odborné rady a veselá osobní setkání.

Anotace

KOUDELKOVÁ, B. *Vliv globálního oteplování na výskyt arкто-alpínských druhů lichenizovaných hub v krkonošské tundře a popularizace biotopů pásma bezlesí ve výuce biologie středních škol*. Hradec Králové, 2024. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí bakalářské práce Josef Halda. 84 s.

Projevy klimatických změn a globálního oteplování působí v globálním měřítku, Krkonošský národní park nevyjímaje. Zejména je ohroženo na pásmo bezlesí nacházející se v nejvyšších polohách Vysokých Sudet. V něm je předmětem ochrany zvláště unikátní arкто-alpínská tundra s řadou vzácných, ohrožených či reliktních druhů. Mezi takové patří kromě cévnatých rostlin také vzácné arкто-alpínské lišejníky, které v případě postupujících změn klimatu z této krajiny vymizí, stejně tak jako jejich bezlesé biotopy hostící řadu dalších ohrožených organismů. Zhodnocením dopadů klimatických změn na tyto lišejníky a popularizací biotopů vhodných pro jejich růst práce přispěje ke zvýšení povědomí o důležitosti ochrany vzácných lokalit. Pro tyto účely byl jako doprovodný materiál k textu práce vytvořen Krkonošský herník, který podporuje zájem studentů i učitelů středních škol a gymnázií, a pomáhá naplňovat cíle RVP G a RVP GSP pomocí EVVO, zážitkové pedagogiky a interaktivních metod. Tento inovativní nástroj je vhodný k šíření osvěty o důležitosti ochrany krkonošského pásma bezlesí a jeho biodiverzity v hodinách biologie a ekologické výchovy. Práce slouží také jako výzva k zodpovědnému přístupu k životnímu prostředí a k podpoře proekologických aktivit a chování.

Klíčová slova

Globální oteplování, lichenizované houby, pásmo bezlesí, biologie středních škol

Annotation

KOUDELKOVÁ, B. *Global warming and its effect on the occurrence of arcto-alpine species of lichenized fungi in the tundra of Giant Mountains and the popularization of habitats in the alpine zone*. Hradec Králové, 2024. Diploma Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Theses Supervisor Josef Halda. 84 pp.

The impacts of climate change and global warming are being felt all over the world, including the Giant Mountain National Park. One of the most threatened place is the forestless zone at the highest levels of the Vysoké Sudety. It contains a unique arctic-alpine tundra with number of rare, endangered or relict species. A vascular plants and rare arctic-alpine lichens disappear from this landscape if climate change continues, and their forestless habitats, which are home to a number of other endangered organisms. By assessing the impact of climate change on these lichens and promoting habitats suitable for their growth, the work will help raise awareness of the importance of protecting rare habitats. To this end, the Krkonošský herník has been created to accompany the text of the Diploma thesis, to stimulate the interest of students and teachers of secondary schools and gymnazia's, and to help achieve the objectives of the RVP G and RVP GSP through EVVO, adventurous learning and interactive methods. This innovative tool is suitable for raising awareness of the importance of protecting the Giant Mountains's forestless zone and its biodiversity in biology and environmental educational classes. The work also serves as a call for a responsible approach to the environment and the promotion of environmental activities and behaviour.

Keywords

Global warming, lichenized Fungi, forestless zone, Biology of High schools

Obsah

Úvod	13
Cíle práce	14
Teoretická část	15
1 Literární rešerše	15
1.1 Globální oteplování a klimatická změna	15
1.1.1 Oteplování planety v konkrétních číslech	16
1.1.2 Produkce skleníkových plynů v aktuálních číslech.....	17
1.1.3 Česká republika a aktuální teplotní data.....	17
1.1.4 Příčiny nárůstu emisí a největší antropogenní emitenty	19
1.1.5 Prognózy blízké budoucnosti	24
1.1.6 Očekávané dopady globálního oteplování na KRNAP	27
1.1.7 Strategie a východiska z klimatické krize.....	29
1.1.8 Jak mohu pomoci já, občan?	34
1.2 Krkonošská arкто-alpínská tundra	36
1.3 Arкто-alpínské lišejníky v biotopech Krkonošské tundry	37
1.3.1 Acidofilní vegetace alpínských skal a drolin	38
1.3.2 Alpínská vřesoviště	40
1.3.3 Kosodřeviny	43
1.3.4 Skalní vegetace sudetských karů	44
1.3.5 Vyfoukávané alpínské trávníky	46
1.3.6 Druhy potenciálně ohrožené globálním oteplováním	48
1.4 RVP a alpínské bezlesí.....	49
1.5 EVVO	49
Praktická část	51
2 Metodika	51
2.1 Analýza vybraných učebnic biologie pro střední školy	51
2.2 Propojení tématu s EVVO	51
2.3 Tvorba materiálů do výuky biologie	51
2.3.1 Tvorba motivačního materiálu – malba	52
2.3.2 Tvorba ilustrovaných objektů – kresba a její digitalizace	52

2.3.3	Použité didaktické formy a metody	52
3	Výsledky.....	53
3.1	Analýza učebnic biologie pro střední školy	53
3.2	Arkto-alpínské lišejníky ohrožené klimatickou změnou.....	54
3.3	Metodický materiál k exkurzím či do hodin biologie	54
3.4	Motivační objekt – malba.....	57
	Diskuse	58
	Závěr.....	62
	Literatura.....	I
	Zdroje použité k analýze učebnic:	XXI
	Zdroje obrázků, grafů a infografik:	XXII
	Přílohy.....	I

Úvod

V posledních dekádách let je globální oteplování nevyhnutelným tématem diskusí ve vědeckém, politickém i veřejném prostoru. Tento proces významně přispívá k dramatickým změnám klimatu, které velkou měrou narušují a mění celosvětovou biodiverzitu a ekosystémy. Skutečnost, že antropogenní faktory, zejména pak emise z fosilních paliv, významně přispívají ke znečišťování biosféry, činí z tématu diplomové práce velmi vhodný prostředek k šíření ekologické výchovy, vzdělání a osvěty. Práce je z tohoto důvodu zaměřena na šíření osvěty mezi žáky středních a okrajově i základních škol, kteří mohou v blízké budoucnosti významnou měrou přispět ke zmírnění dopadů klimatické změny a globálního oteplování.

Krkonošská tundra a arкто-alpínské pásmo bezlesí představují z hlediska biodiverzity světově významnou oblast podléhající ochraně národního parku a evropsky významné lokality. Zachování a podpora podmínek v těchto oblastech je klíčová jak pro globální biodiverzitu, tak pro místní ekosystémy. V oblastech Krkonošské tundry a bezlesí se nachází druhy adaptované na extrémní podmínky, jako jsou nízké teploty, vysoká expozice větru a velmi krátká vegetační doba. Při jakékoli změně těchto podmínek může dojít k významné disturbanci a vzácné druhy z Krkonošských lokalit vymizí, čímž zanikne i samotný biotop arкто-alpínské tundry. Proto je téma velmi vhodné nejen pro vědecký výzkum, ale také pro jeho popularizaci.

Lichenizované houby Krkonošského národního parku jsou unikátní jak z hlediska počtu druhů zastoupených na území (více než 600 (Halda, Kučera & Koval 2016)), tak z hlediska biodiverzity. Globální oteplování a jiné disturbance způsobené antropogenně mohou významně ovlivnit jejich výskyt na lokalitě. Znalost faktorů působících na lišejníková společenství je proto nezbytná pro jejich růst a ochranu. Kupříkladu faktory antropogenního původu mohou některým lišejníkům vyskytujícím se na vojenských bunkrech Krkonoš velmi svědčit (Ceralová 2022), ale epifytickým lišejníkům kulturního lesa velmi neprospívat (Půlpánová, 2022). K hlubšímu chápání, a tedy také budování potřeby chránit lišejníky a jiné organismy Krkonošského národního parku, vznikly v posledních letech 2 práce věnované žákům středních škol (Koudelková 2022; Těthalová 2023), na které tato diplomová práce volně navazuje.

V běžných hodinách biologie na středních školách nebývá prostor pro obsáhlejší věnování času oblasti ochrany přírody a změnám klimatu. Je nezbytné tato témata začleňovat do exkurzí a projektů, které tak umožní pedagogovi naplnit obsah Rámcového vzdělávacího programu. A jelikož téma svou obsáhlostí přesahuje hranice předmětu biologie a prolíná se s dalšími studijními předměty, výstupem této práce je didaktický materiál využitelný rovněž pro pedagogy jiných než přírodovědných předmětů. Současným žádaným trendem ve vzdělávání je prožitková výuka, která žákovi předá teoreticko-praktické dovednosti nutné

k hlubšímu chápání tématu a zajistí mu emoční prožitek, díky kterému je pro něj probíraná látka lépe zapamatovatelná. Didaktický materiál této práce bude z tohoto důvodu vycházet z prožitkových hodin cílených na environmentální vzdělávání, výchovu a osvětu (EVVO), ochranu přírody a krajiny a poznání vzácné lichenoflóry Krkonošského národního parku.

Cíle práce

Hlavní cíle práce bylo:

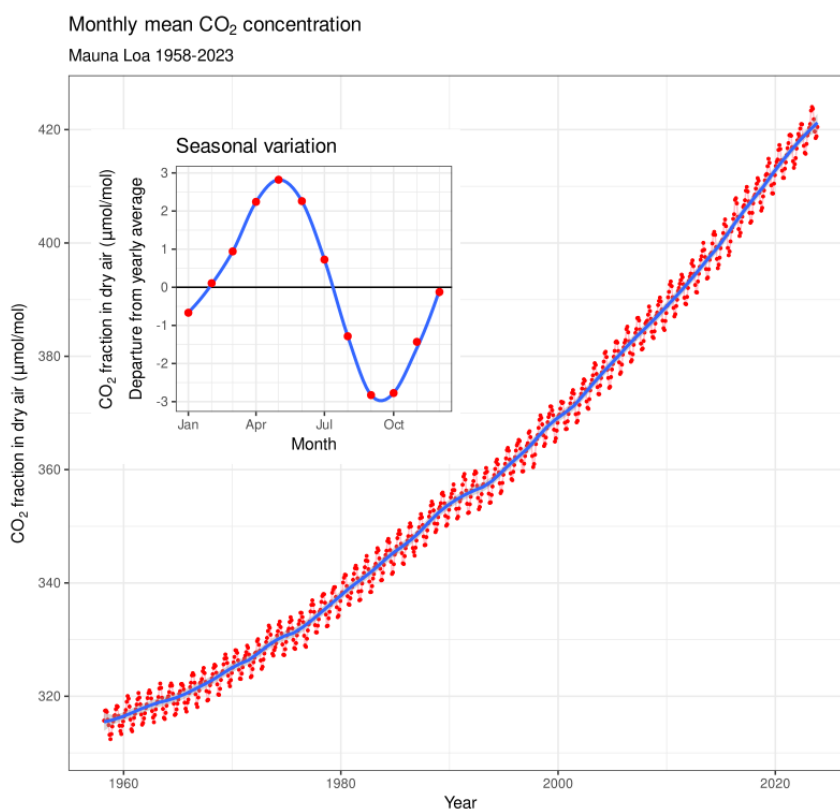
- (1) Upozornění na ohroženou lichenofloru a vegetaci arkto-alpínského pásma Krkonoš globálním oteplováním a klimatickými změnami.
- (2) Šíření osvěty o důležitosti proekologického chování, které mohou již na úrovni jedince přispět k oddálení změny klimatu.
- (3) Přiblížení zmíněné tematiky žákům středních škol a široké veřejnosti vhodnými didaktickými metodami, které usnadní pochopení problematiky.
- (4) Vypracování metodického materiálu pro učitele a lektory ekologické výchovy vhodného do učebny i terénu pro jedno i vícedenní exkurze do vyšších poloh Krkonošského národního parku s ohledem na Rámcový vzdělávací program.

Teoretická část

1 Literární rešerše

1.1 Globální oteplování a klimatická změna

Prvního června roku 1861 se konala v Londýně přednáška Královské společnosti, kde irský fyzik a průkopník horolezectví a alpinismu John Tyndall představil a prokázal přirozený proces pohlcování Slunečního infračerveného záření planetou. Vyjádřil také obavu, že nepatrné změny složení atmosféry mohou způsobovat klimatické změny. Tento jev nazval *skleníkovým efektem* (Tyndall, 1861). Na práci Tyndalla navázal o 35 let později švédský fyzikální chemik Svante Arrhenius, jenž predikoval *globální oteplování* v důsledku spalování fosilních paliv, při kterém vzniká oxid uhličitý (hlavní skleníkový plyn – dále jen CO₂), což vede k nárůstu atmosférické teploty (Arrhenius, 1896). Americký vědec Charles David Keeling v 60. letech 20. století měření na Mauna Loa na Havaji prokázal, že antropogenní emise vzniklé spalováním fosilních paliv mohou být natolik velké, aby spustily globální oteplování, čímž potvrdil Arrheniovu teorii. Postupné hromadění oxidu uhličitého prokázal s použitím Keelingovy křivky, nejdelším souvislým záznamem atmosférické koncentrace CO₂ (Keeling, 1958).

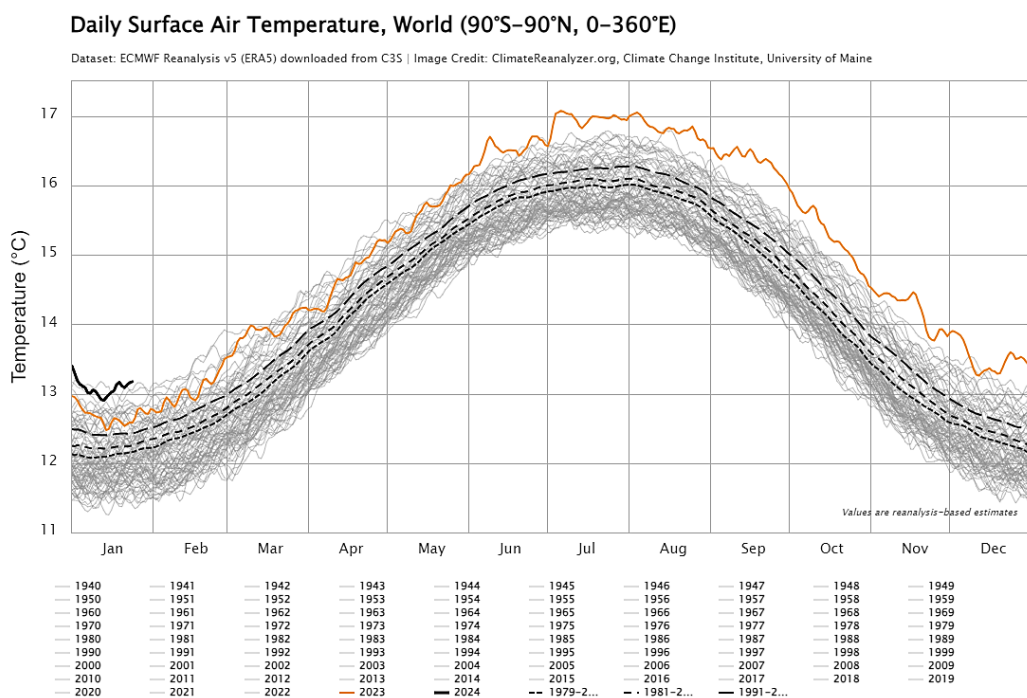


Obrázek 1: Keelingova křivka zobrazující stoupající emise CO₂ v průběhu 50 let a sezónní variace. [Převzato z: Wikipedia – Charles David Keeling].

Nejjednodušeji globální oteplování vymezila Farrarová (2007): globální oteplování je pokračující zvyšování průměrné teploty Země. Příčinou zmíněného jevu je skleníkový efekt vznikající při zachycování slunečního záření plyny v zemské atmosféře. Hlavními a nejproblematictějšími skleníkovými plyny je vzdušná vlhkost, oxid uhličitý, methan, oxid dusný a fluorované plyny (Evropská komise – skleníkové plyny; Kweku et al. 2018). Tyto skleníkové plyny přispívají k ohřívání atmosféry, v důsledku čehož dochází k dlouhodobému narušení rozložení srážek, vlhkosti, větru a dalších meteorologických podmínek. Dochází tak k poškození přirozeného chodu klimatu. Narušené klima působí na lokální i celosvětovou biodiverzitu a zásadním způsobem ovlivňuje ekosystémy (Botkin et al. 2007). Je proto nezbytné koordinovat preventivní celosvětové úsilí proti globálnímu oteplování. Pro tyto účely byl založen roku 1988 Mezivládní panel pro změnu klimatu (*Intergovernmental Panel on Climate Change* – dále jen IPCC), jenž připravuje hodnotící, technické a speciální zprávy v oblasti změn klimatu (Calvin et al. 2023).

1.1.1 Oteplování planety v konkrétních číslech

Aktuální průměrná teplota Země se pohybuje okolo 15 °C, s postupující klimatickou změnou se však zhruba o 0,2 °C za dekádu zvyšuje (Příbyla, 2023; Climateanalyzer, 2024). IPCC ve zprávě z roku 2023 uvádí, že v průběhu let 1850-1900 spustila lidská činnost globální oteplování neudržitelným využíváním energie, půdy, životního stylu a produkcí napříč regiony. Průměrná globální teplota od tohoto období vzrostla mezi lety 2011-2020 o 1,09 °C, s větší teplotou nad zemí než nad oceánem. S vysokou přesností IPCC dokládá zrychlený růst globální povrchové teploty od roku 1950 proti kterémukoli 50letému cyklu za posledních 2000 let (Calvin et al. 2023).



Graf 1: Denní aktuální teploty vzduchu planety měřené od roku 1940 po současnost s viditelnou stoupající tendencí. [Přejato z: Climateanalyzer.org; generováno 02.01.2024.]

1.1.1.1 Body zlomu (*tipping points*)

Pokud by se nepodařilo regulovat stoupající teplotu atmosféry a průměrné globální teploty by se zvýšily nad 2 °C nad předindustriální úroveň, mohlo by dojít k tzv. bodům zlomu (*tipping points*). K těmto zlomům může dojít u některých částí planetárního systému, kdy v důsledku klimatických změn dochází k nevratným změnám kvality stavu planety (Calvin et al., 2023; Fakta o klimatu, 2024a). V případě planety Země může dojít k roztátí Grónského ledovce (Lenton et al. (2019) uvádí, že k tomu může při oteplení na 1,5 °C předindustriální doby dojít již v roce 2030), Antarktického ledovce a boreálního permafrostu, kolapsu Amazonského pralesa nebo zhroucení oceánského proudění v Atlantiku (Armstrong McKay et al. 2022). Všechny tyto jevy by měly zásadní dopady na ekosystémy, ale i blaho člověka.

Myšlenku bodů zlomu představil IPCC před více než dvaceti lety. V tehdejší době byla predikce nezvratných škod pravděpodobná pouze tehdy, překročí-li globální oteplování 5 °C nad předindustriální úroveň (Lenton et al. 2019). Současné studie však varují, že globální oteplení může vést ke spuštění některých bodů zlomů již při oteplení o 1-2 °C na předindustriální úroveň. Ty poté přinesou náhlé, nevratné a nebezpečné důsledky pro lidstvo (Lenton et al. 2019; Armstrong McKay et al. 2022; Calvin et al. 2023). Veškeré studie proto apelují na maximální snahu o omezení současného oteplování.

1.1.2 Produkce skleníkových plynů v aktuálních číslech

Globální produkce skleníkových plynů je v různých částech světa nerovnoměrná. Dle Ritchie (2023) 80 % produkce CO₂ vzniká v zemích s vysokými a středně vysokými příjmy, kdežto chudé země produkují necelé 1 %. Z kontinentálního hlediska byla v roce 2012 největším producentem skleníkových plynů Asie (24,1 Gt roční produkce), dále pak Severní Amerika (6,9 Gt ročně) a Evropa (4,6 Gt ročně), jak lze také vyčíst z přiložené Infografiky 1.

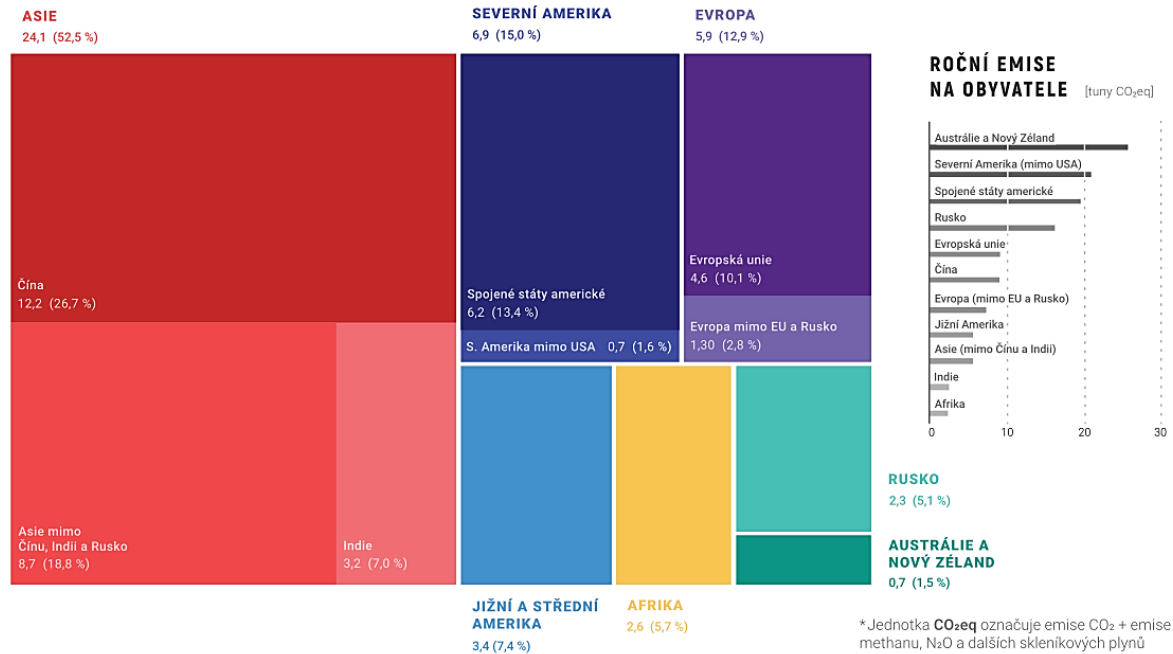
IPCC uvádí, že koncentrace atmosférického CO₂ dosáhla v roce 2019 nejvyšší hodnoty za posledních nejméně 2 miliony let (2400 GtCO₂), koncentrace methanu a oxidu dusného byly vyšší než kdykoli za nejméně 800 000 let. Téhož roku dosáhla koncentrace vyprodukovaných plynů 59 GtCO₂, což je o 54 % více než v roce 1990 (Calvin et al. 2023). Zvyšující se hodnoty uvolňovaných skleníkových plynů korelují se zvyšující se teplotou, která má i nyní (únor 2024) stoupající charakter (Climateanalyzer 2024; WMO s.a.).

1.1.3 Česká republika a aktuální teplotní data

Fakta o klimatu (2024b) uvádí, že globální průměrná teplota roku 2023 dosáhla o 1,46 °C vyšších hodnot než v období 1850-1900, což se velmi přibližuje kritické hranici, kterou definuje Pařížská dohoda (o ní dále v kapitole 1.1.6). V České republice vystoupala průměrná roční teplota roku 2023 na 9,7 °C, což je o 1,4 °C více než v letech 1991-2020 a o 2,2 °C více než v roce 1960 (Fakta o klimatu, 2024b).

EMISE SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ SVĚTA

Celkové roční emise podle světových regionů za rok 2012 měřené v gigatunách CO₂eq*



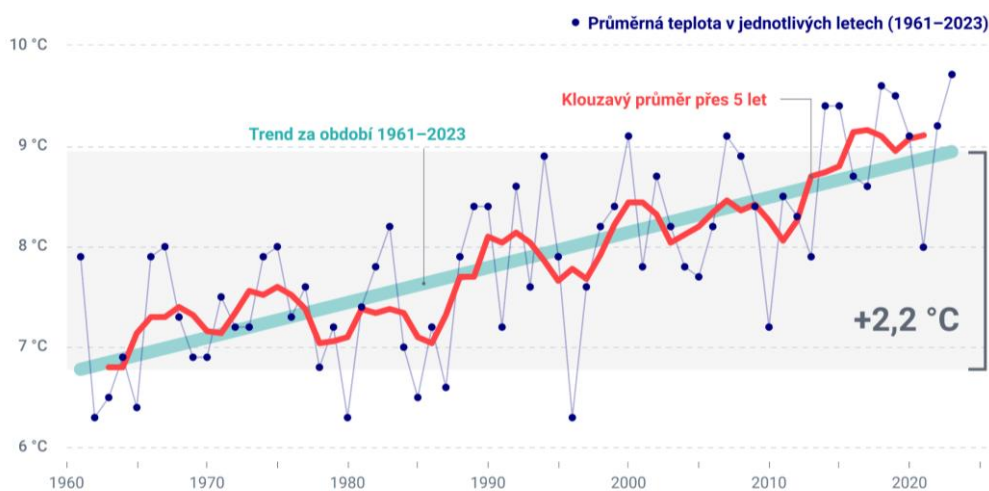
VERZE 2021-01-18 LICENCE CC BY 4.0
více info na faktaoklimatu.cz/emise-svet

Infografika 1: Poměrové srovnání ročních emisí regionů světa a přepočítání na obyvatele. [Přejato z: *Fakta o klimatu*, licencováno pod CC BY 4.0. Dostupné na [www: https://faktaoklimatu.cz/infografiky/emise-svet](https://faktaoklimatu.cz/infografiky/emise-svet)]

PRŮMĚRNÁ ROČNÍ TEPLOTA V ČR



Teplota se od roku 1961 zvýšila o 2,2 °C.



VERZE 2024-01-04 LICENCE CC BY 4.0
více info na faktaoklimatu.cz/teplota-cr

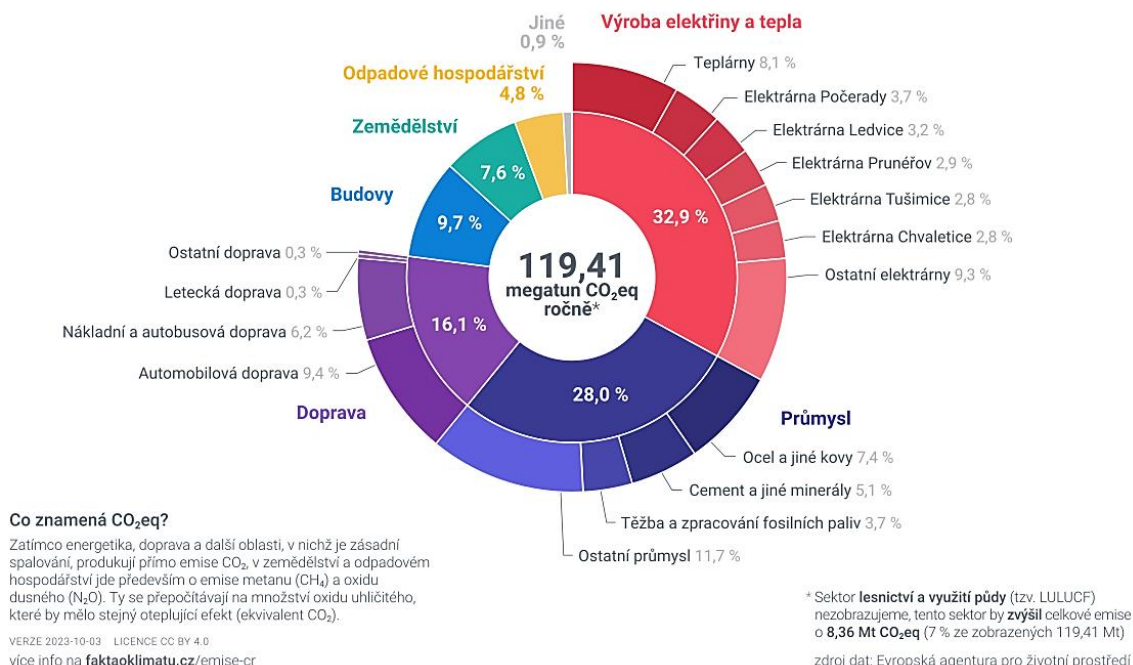
zdroj dat: ČHMÚ

Infografika 2: Graf průměrné roční teploty ČR sledované v letech 1961-2023 ukazující přírůstek o 2,2 °C. [Přejato z: *Fakta o klimatu*, licencováno pod CC BY 4.0. Dostupné na [www: https://faktaoklimatu.cz/infografiky/teplota-cr](https://faktaoklimatu.cz/infografiky/teplota-cr)]

Fakta o klimatu (2024c) uváží, že „Česká republika jako stát s cca 10,5 mil. obyvateli a emisemi 131,3 mil. t CO₂eq je v přepočtu na obyvatele 4. největším emitentem EU a má 2× vyšší emise na obyvatele než srovnatelně velké Švédsko (cca 10 mil. obyvatel)“. Největší produkci skleníkových plynů zaujímá tzv. špinavá energetika, zejména výroba energie z hnědouhelných elektráren, která v roce 2021 emitovala 32,9 % skleníkových plynů z konečného celku 119,41 Mtun CO₂eq (Infografika 3).

EMISE SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ V ČR PODLE SEKTORŮ

Celkové emise České republiky za rok 2021.



Infografika 3: Procentuální zastoupení emisí v jednotlivých sektorech ČR. [Přejato z: *Fakta o klimatu*, licencováno pod CC BY 4.0. Dostupné na [www: https://faktaoklimatu.cz/infografiky/emise-cr](https://faktaoklimatu.cz/infografiky/emise-cr)]

1.1.4 Příčiny nárůstu emisí a největší antropogenní emitenty

Vzrůstající procento globálních emisí skleníkových plynů představuje závažný problém, k jehož porozumění je klíčové identifikovat příčiny a hlavní zdroje emisí antropogenního původu. Spalné procesy z černého uhlí, ropy a zemního plynu uvolňují značné množství oxidu uhličitého a oxidu dusného. Oxid dusný je emitován také hnojivy s obsahem dusíku. Kácením lesů se omezuje schopnost pohlcování CO₂ prostřednictvím lesní vegetace, kvůli čemuž dochází k umocňování skleníkového efektu. Methan je produkován intenzivními chovy hospodářských zvířat při trávení potravy. Problematické jsou také fluorované plyny výrobků, jež tento plyn obsahují (např. staré chladničky), které mají na oteplování až 23 000krát větší vliv než CO₂ (Evropská komise - Energetika, změna klimatu, životní prostředí, s.a.).

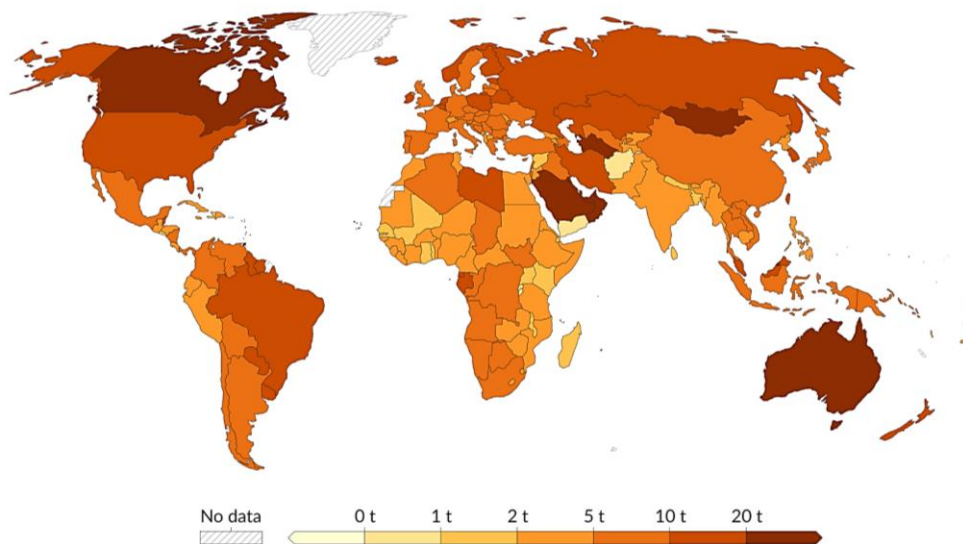
Globálnímu oteplování dopomáhají také emise přírodního původu, které vznikají při lesních požárech, uvolňováním emisí z oceánů, mokřadů a permafrostu, bahenních sopek a zemětřesení. Dle Xi-Liu & Qing-Xian (2018) se roční celkové globální produkce emisí pohybuje v rozmezí 54,33 – 75,50 Gt CO₂ eq, přičemž emise přírodního původu jsou produkovány v kvantitativním rozmezí od 18,13 do 39,30 Gt CO₂ eq. Antropogenní emise mají však progresivnější charakter. Od roku 1990 se zvýšily ze 22 Gt CO₂ eq na 36,2 GT CO₂ eq v roce 2016. Antropogenní emise tak tvořilo 55,46 % celkových globálních emisí skleníkových plynů, které nejsou zpětně absorbovány přirozenými Zemskými procesy (oceánskými i suchozemskými) a mají stále progresivnější charakter. Tyto skleníkových plyny tak vyvíjí nadměrný tlak na vyrovnávací systém Země (Xi-Liu & Qing-Xian, 2018).

Antropogenní emitace skleníkových plynů je dle United States Environmental Protection Agency (2024) zodpovědná za téměř veškerý nárůst skleníkových plynů v atmosféře za posledních 150 let. Calvin et al. 2023 uvádí, že lidská činnost vyprodukovala 79 % světových skleníkových plynů prostřednictvím sektorů energetiky, průmyslu, dopravy, neekonomickým využíváním budov a zemědělstvím. Pro lepší představu se v případě vypouštěných skleníkových plynů přepočítává množství vypouštěné jedním člověkem (na hlavu/per capita). Z hlediska světové produkce je největším producentem Austrálie, Kanada, Mongolsko, Saudská Arábie a Turkmenistán (přes 20 t na hlavu za sto let) (Jones et al. 2023).

Per capita greenhouse gas emissions, 2021



Greenhouse gas emissions¹ include carbon dioxide, methane and nitrous oxide from all sources, including land-use change. They are measured in tonnes of carbon dioxide-equivalents² over a 100-year timescale.



Data source: Jones et al. (2023); Population based on various sources (2023)

Note: Land-use change emissions can be negative.

[OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions](https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions) | CC BY

Infografika 4: Světová produkce skleníkových plynů v přepočtu na hlavu člověka za sto let. [Přejato z: Our World In Data; Dostupné z: <https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions>]

Výroba elektřiny a tepla

Spolu s rostoucí globální populací úměrně roste také poptávka po energetice. Kupříkladu v roce 1978 populace čítala 4,3 miliardy a k roku 2018 došlo k 77% nárůstu na 7,63 miliardy lidí. Globální spotřeba primárních zdrojů energie se více než zdvojnásobila, a to především ve prospěch fosilních paliv, které byly využívány z 85 % celkové spotřeby. Vzrostly tak o 87 % globální emise CO₂ související s energetikou z 18 miliard tun v roce 1978 na 33,7 miliard tun v roce 2018 (Kober et al. 2020). V České republice zaujímala k roku 2005 energetika 42% podíl celkově produkováných emisí, které se do roku 2019 snížily o 8 % (Jensen 2021). Jensen (2021) nadále odhaduje jeho další klesání na základě nezbytnosti postupného ukončení využívání černého a hnědého uhlí, které je očekáváno v roce 2038.

V průběhu následujících desetiletích čeká současný energetický sektor zásadní transformace. Světová energetická rada očekává v následujících 40 letech až dvojnásobný vzrůst spotřeby elektrické energie z obnovitelných zdrojů v součinnosti plynulého úbytku neobnovitelných forem energie (Kober et al. 2020). Studie Krčála, Otýpkové & Kolouchové (2023) motivuje, že do roku 2030 můžeme mít v Česku až 2x více obnovitelné energie než současné 17% pokrytí. Odhaduje také procento budoucího zastoupení obnovitelných zdrojů na 32-35 % s největším podílem biomasy (Krčál, Otýpková & Kolouchová 2023). Evropské cíle ekologické transformace stanovila Zelená dohoda pro Evropu, která v rámci Balíčku „Fit for 55“ a REPowerEU dotváří plán pro reorientaci evropského hospodářství a přechodu od fosilních paliv. Hlavním cílem Zelené dohody je budoucnost s nulovými čistými emisemi (Evropská komise 2023; Evropská komise 2019).

Průmysl

Průmyslové procesy mohou generovat v ekologicky nezaopatřených případech emise znečišťující půdu, ovzduší i vodu. Takovými látkami jsou nejčastěji oxid dusíku, čpavek, rtuť, methan, oxidy síry, oxidy dusíku a oxid uhličitý (Evropská rada 2023; Evropská agentura životního prostředí 2023). Kromě neblahých účinků na přírodu (kyselé deště, eutrofizace, ztráta biodiverzity, změna klimatu atd.) způsobují emise tisíce předčasných lidských úmrtí v důsledku astmatu, bronchitidy, rakoviny a srdečních selhání (Evropská rada 2023). Rozšířeným zdrojem znečištění jsou například automobily, zemědělství a budovy. Bodovými zdroji jsou identifikovány velké objekty jako továrny a elektrárny. Díky kombinaci regulací, vývoje v oblasti výroby a iniciativ směrem k bezemisnímu životnímu prostředí průmyslové znečištění pozvolna klesá (Evropská agentura životního prostředí 2023). K dosažení bezemisního čistého ovzduší a udržení klesající tendence je však třeba kontinuálních snah v oblasti regulace, vývoje, podpory obnovitelných zdrojů a zvyšování povědomí.

České průmyslové emise se v roce 2021 podílely 28 % na celkovém součtu vypouštěných skleníkových plynů. Největší podíl emisí zaujímal ocelárny, cementárny a těžba a zpracování fosilních paliv (Infografika 3).

Světový textilní průmysl patří mezi významné zdroje znečištění životního prostředí. Navzdory přísným kontrolám a medializovaným dopadům tzv. „rychlé módy“ (známé pod pojmem *Fast fashion*) na životní prostředí drží toto odvětví 10% roční příspěvek skleníkových plynů, který nadále roste (Evropský parlament 2020). Rychlá móda uvádí na trh levné výrobky pro krátkodobé použití, které si vybírají daň v podobě vysoké spotřeby vody, chemického znečištění, emisí CO₂ a textilního odpadu končícího na skládkách či ve spalovnách. Na výrobu jednoho trička připadá spotřeba 2 700 l vody, což odpovídá průměrnému pitnému režimu člověka dostatečného na 2,5 roku. I v tomto případě je proto neodkladně nutné medializovat potřebu zavedení udržitelných postupů v dodavatelském řetězci, změny v chování spotřebitelů (snížení nákupů oblečení), ale také prodloužení životnosti oděvů (Niinimäki et al. 2020).

Evropský oděvní trh vyprodukuje na svém území minimální množství materiálu, je však zodpovědný za nepřetržitý přísun nových produktů za levné ceny. Textilní průmysl vyprodukuje 10 % celosvětových emisí, což je více než lodní a mezinárodní letecká doprava dohromady. Problémem je v tomto směru kromě zhoršené kvality oděvů také uvolňování mikrovláken při praní, která kontaminují řeky odtékající do moří a oceánů (Evropský parlament 2020; Piskačová 2023). Dopady rychlé módy na životní prostředí je nezbytné zmírnit urychlením přechodu k oběhovému hospodářství, proto roku 2020 přijala Evropská Komise *Akční plán pro oběhové hospodářství* zahrnující strategie pro textilní výrobky a jejich opětovné využívání, které mají přispět k dosažení uhlíkové neutrality do roku 2050 (Evropský parlament 2020). Velkým producentem *Fast fashion* oděvů je především Čína, která přispívá veškerým průmyslovým znečištěním velkou měrou. V současnosti však jeví snahu o přijetí opatření snižujících emise CO₂ z textilního průmyslu (Lin & Moubarak 2013).

Efektivním procesem regulace množství textilu a jeho odpadu je zmiňovaná recyklace a oběhové hospodářství (Evropský parlament 2020). Ve studii Levänen et al. (2021) však uvádí, že nejnižších dopadů na globální oteplování je dosahováno prostřednictvím strategie *reduce* – rozšířeného použití a *reuse* – opětovného využití. Naopak recyklace bavlny dosahovala vyšších celkových emisí, než kolik jich vzniká při produkci nové bavlny (Levänen et al. 2021).

Doprava

Doprava emituje kromě chemických látek (oxidy dusíku – NO_x, oxid uhelnatý – CO, prchavé organické částice – VOC a prachové částice) i látky z opotřebení brzd a pneumatik, a dále hluk a vibrace. Poslední dva zmíněné nežádoucí jevy mají vliv na psychiku člověka, jeho srdeční frekvenci a krevní tlak. Z pohledu přírody dochází vlivem dopravy a budováním nových infrastruktur k rozsáhlým záborům půdy a tím také omezení migračních cest živočichů (Loubek 2017).

Z Grafu 2 lze vyčíst, že na území Evropy se největších emisí dopouští mezinárodní letecká doprava, dále pak mezinárodní lodní doprava. Domácí lety a silniční doprava

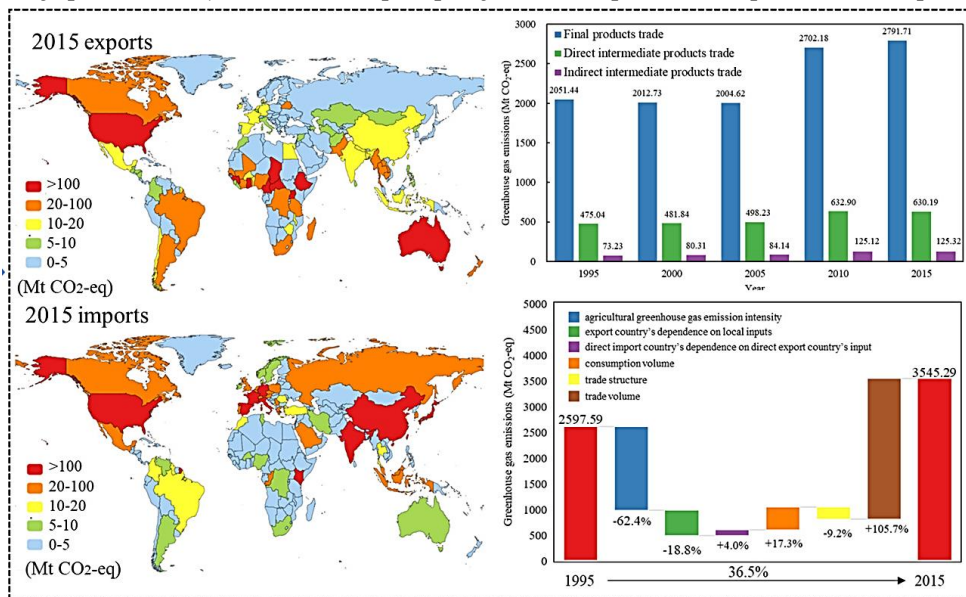
emitují srovnatelné množství skleníkových plynů, menší množství poté domácí plavby. Nejmenší množství skleníkových plynů vypouští Evropské železnice, které mají od počátku měření (1990) degresivní charakter (European Environmental Agency 2023).

Množství vypouštěných skleníkových plynů z dopravy na území Evropy v letech 1990-2020 včetně predikce vývoje emisí v následujících letech



Graf 2: Skleníkové plyny z dopravy v Evropě. [Přejato z: eea.europa.eu; Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emissions-from-transport>]

Česká republika čelí značnému dopadu emisí skleníkových plynů (CO₂) z dovozu potravin a spotřebního zboží. Studie Zhao et al. (2023) ukazuje, že produkce emisí z dovozu koncových produktů zemědělství do ČR se pohybovala mezi 20-100 Mt CO₂ mezi lety 1995-2015, zatímco emise z vývozu činily pouze 0-5 Mt CO₂. Tyto výsledky podtrhávají důležitost podpory lokální produkce potravin a spotřebního



Obrázek 2: Vývoj a hnací faktory pro emise skleníkových plynů ztělesněné v mezinárodním zemědělském obchodu – ukázka produkce CO₂ jednotlivých zemí za období 1995-2015. [Převzato od: Zhao et al. 2023].

zboží pro snižování emisí CO₂ v ČR. Budování vlastní zemědělské infrastruktury postižených zemí, jak navrhuje Zhao et al. (2023), by mohlo dále přispět k redukcí emisí a podpoře udržitelnosti globálního potravinového systému.

Ekologicky vhodnou alternativou ke spalovacím motorům jsou v současnosti nejvíce propagovány elektromobily. Elektrická vozidla jsou však v dopravním sektoru málo zastoupena z důvodů jako je vysoká pořizovací cena, nedostatečná nabíjecí infrastruktura a vývoj technologie baterií, ale také obavy z dojezu (Hoarau & Lorang 2022; D'Adamo et al. 2023; Zhao et al. 2023). Zájem o ekologické alternativy dopravy vzrůstá, a to i v rozvojových zemích, jako je Indie (Shigeta & Hosseini 2020; Kumar et al. 2021). Ekologicky udržitelnou dopravu komercializují některé společnosti jako je Ford, Mercedes-Benz a Toyota (Shigeta & Hosseini 2020), především pak Tesla (www.tesla.com).

Odlesňování

Dle Světového fondu na ochranu přírody (WWF) pokrývají lesy více než 30 % zemského povrchu. Významné jsou v boji proti změnám klimatu produkcí kyslíku, zachycováním CO₂ a poskytováním životního prostoru pro 80 % pozemských druhů živočichů. Od počátku 20. století bylo ztraceno asi 10 milionů km² lesa, za posledních 25 let 710 000 km² – což odpovídá rozloze větší, než rozloha Jižní Afriky (Buchadas et al. 2022; Derouin 2023; WWF 2024).

K odlesňování dochází přirozenou cestou při lesních požárech, ty jsou však v současnosti posilovány klimatickou změnou a působí v nebyvalém rozsahu a na nežádoucích lokalitách. Odlesňování antropogenními cestami probíhá za účelem zisku palivového dřeva, rozsáhlejších zemědělských půd pro pěstování krmných směsí či palmového oleje a budování dopravních infrastruktur, jež mimo jiné fragmentují stávající lesy. Rozsáhlé dopady odlesňování narušují živobytí tamních obyvatel a vodních cyklů, snižují biodiverzitu, zvyšují emisi skleníkových plynů a erozi půdy (WWF 2024).

Lorenz et al. (2021) však varují, že ničení biodiverzity a přirozených stanovišť živočichů je nutí vyhledávat blízkost člověka. To může vést k vytvoření vhodných podmínek pro vznik nových virů a nemocí. Se změnou klimatu pak mohou přijít kromě chorob také sociální nerovnosti a kontaminace vody, jako se tak stalo v Amazonii (Lorenz et al. 2021). WWF se proto snaží pozitivně ovlivňovat politické kruhy, zřizovat chráněná území, zlepšovat udržitelnost infrastruktury a posilovat certifikační standardy pro materiály ze dřeva (WWF 2024).

1.1.5 Prognózy blízké budoucnosti

IPCC odhaduje, že lidská činnost dopomohla oteplení o 1,0 °C od předindustriální doby a mezi lety 2030-2052 hodnota dosáhne oteplení o 1,5 °C (Hoegh-Guldberg et al, 2018). Se zvyšující se globální teplotou již nyní dochází k **výskytu extrémních jevů**, které mají na svědomí škody na lidském majetku zdraví i přírodní dědictví, jejichž frekvence a intenzita se bez náležitých opatření bude zvyšovat.

Studie King & Karoly (2017) poukazuje na zvýšení pravděpodobnosti výskytu extrémních **vln veder** při současném zvýšení teploty o 1-2 °C, přičemž k takovýmto jevům by bez klimatické změny docházelo jedenkrát za 100 let. Při současném tempu oteplování lze očekávat podobné události jednou za 4 roky. Při oteplení o 1,5 °C pravděpodobnost výskytu extrémních vln veder vyskytne ve čtyř z deseti let a při oteplení o 2 °C v šesti letech z deseti (King & Karoly 2017).

Stoupající globální teploty korelují s výskytem prodloužených období nedostatku srážek, tedy **sucha**, která ročně postihují až 55 milionů obyvatel světa. Svým dlouhodobým výskytem negativně působí na zemědělství, hospodářství a životní prostředí, čímž ohrožuje živobytí a zdraví obyvatel. Následkem častějších a intenzivnějších výskytů se tak zvyšuje riziko vzniku krizových situací spojených s nedostatkem vody a masovými migracemi (World Health Organisation 2024).

Jedním z nejzávažnějších environmentálních problémů přesahujících hranice jsou **kyselé deště**, k jejichž vzniku přispívají emise z výfukových plynů a spalování fosilních paliv. Deště svým kyselým pH narušují obranyschopnost rostlin (Evans 1984), snižují schopnost fotosyntézy lišejníků (Sigal & Johnston 1986), a prostupují do půdy, odkud vytahují toxické těžké kovy. Tím dochází ke snížení produktivity půd, lesů a zemědělských plodin. Okyselování vodních nádrží negativně ovlivňuje život ryb a dalších vodních organismů, což může působit také na člověka prostřednictvím potravního řetězce (Singh & Agrawal 2008). Zvyšující se globální teploty vedou také k **přivalovým deštům**, které se vyskytují v důsledku zvýšené kapacity vzduchu zadržovat vodu při vyšších teplotách vzduchu (Trenberth et al. 2003). Vydatné srážky v oblastech s vysokou hustotou zalidnění mají za následek vznik **povodní**, kde způsobují škody na majetku i na životech (Milly et al. 2002).

Extrémní klimatické podmínky, jako jsou dlouhotrvající sucho a vyšší teploty vytváří ideální prostředí pro vznik požárů, jejich šíření a obtížnou kontrolu (Flannigan et al. 2009). Příkladem takových jevů mohou být rozsáhlé Australské **požáry** z let 2019-2020, které měly katastrofální dopady jak na přírodu, tak na člověka (Bishop 2020). Calvin et al. (2023) očekávají další zvyšování intenzity a frekvence lesních a křovinných požárů. Nadměrné sucho a teplotní extrémy zvyšují hořlavost biomasy lesních a křovinných ekosystémů, což zvyšuje pravděpodobnost vzniku rozsáhlých požárů v lesních oblastech (Bowman et al. 2009). Tyto jevy pak vážně ohrožují biodiverzitu a ekosystémy, představují bezprostřední hrobu pro lidské osídlení, majetek a veřejné zdraví (Flannigan et al. 2009).

Velkoplošné hospodaření a neekologické využívání zemědělských ploch vyčerpává úrodnou půdu, která ztrácí schopnost zadržovat vodu. V dobách klimatické změny je boj se suchem obtížnější a změny v zemědělském hospodaření přichází příliš pomalu, dochází tak k **rozšiřování pouští**. Tyto skutečnosti postihují zejména nejchudší země, ve kterých se tím více prohlubují ekologické, sociální a ekonomické problémy (Rodrigues do Nascimento 2023). Hlavním antropogenním činitelem desertifikace je pastva v aridních oblastech, zejména v oblastech Ruska

a Mongolska. Tamní podnebí určují období sucha a deště, která spolu s nadměrnou pastvou tvoří ostrovy pouště, které se přehřívají, vysušují a ubírají krajině na úrodnosti (Zolotokrylin 2019). Rozšiřování pouští zapříčiňuje potřeba budování nových infrastruktur a vypalování lesních ploch ve prospěch plantáží, v chudých zemích také vyčerpávání krajiny v důsledku rostoucí hustota zalidnění. Tu však Safriel (2009) vidí jako ekonomickou příležitost. Ve své studii uvádí, že lze toto prostředí vidět jako vhodné pro rozvoj solární energetiky, cestovního ruchu či zakládání pouštních akvakultur. Uvádí však také, že v oblastech k těmto účelům vhodných jsou mnohdy sociálně-politická opatření méně dostupná než technologické vybavení (Safriel 2009).

Globální oteplování podporuje také **tání ledovců** a sněhové pokrývky, což má nepřímý vliv na životy obyvatelstva, zejména v pobřežních oblastech v důsledku **vyšování hladin moří**. V nadmořské výšce do 10 m nad mořem žije 10 % současné populace, jejichž obydlí je těmito jevy přímo ohroženo (Cazenave a Cozannet 2014). V rozmezí let 2040-2070 Paulik et al. (2023) očekávají relativní vzestup hladiny moře v rozpětí 0,1-0,4 m. Takový vzestup vystavuje postižené oblasti riziku extrémních záplav a **ekonomických ztrát** v důsledku investic do adaptací na zaplavení, ale i likvidaci škod způsobených zmíněným jevem (Paulik et al. 2023). Ohrožení vzestupem hladiny moře nenese pouze rizika pro obyvatelstvo a ekonomiku, ale také pro kulturní památky a dědictví. Unikátní lokality, jako např. město Benátky zapsané na seznamu světového dědictví UNESCO, čelí riziku brzkého zaplavení a tím i jejich zánik v důsledku stoupajících hladin moří (Zanchettin et al. 2021). **Oteplování oceánů**, jejich acidifikace a změny v mořském proudění v důsledku klimatických změn vede ke změnám biodiverzity samotných oceánů – faunou počínaje, flórou konče. Australský Velký bariérový útes je dlouhodobě zatížen zmíněnými antropogenními stresory, které přispívají k bělení (odumírání) korálů, na něž je ekologicky vázána další fauna i flóra (Mentzel et al. 2024). Proto je třeba apelovat na tvorbu protektivních opatření jak v ochraně přírody, lidských životů a infrastruktury, tak v případě potenciálního **zániku kulturního dědictví** budoucím generacím.

Kromě tání Arktických ledovců dochází také k **degradaci permafrostu** v arktickém a vysokohorském prostředí. Permafrost zaujímá přibližně 25 % plochy severní polokoule, jehož součástí jsou unikátní ekosystémy adaptované na chladné podnebí (Yang et al. 2010; Streletskiy et al. 2015). Zmenšování plochy trvale zmrzlé země mění topografické a hydrologické podmínky, infrastrukturu a komunity severských zemí a ovlivňuje také faunu a flóru v postižených oblastech (Streletskiy et al. 2015; Chen et al. 2023). Tyto lokality tak čelí nutnosti zbudování adaptačních opatření a strachu z erozí (Vonk et al. 2012; Douglas et al. 2023) či **uvolnění prehistorických virů a bakterií** dávno uložených v permafrostu (Gilichinsky et al. 2008). Starověké mikroorganismy a volná DNA je potenciální hrozbou pro společnost, která může aktivně způsobit infekce nebo pomocí interakcí se současnými organismy ovlivňovat jejich zdatnost, přežití a rychlost mutací.

Takové jevy mohou dopomoci nepatogenním mikroorganismům stát se patogenními, odolnými antibiotikům či smrtícími (Sajjad et al. 2020).

Kromě přímých ztrát na životě v důsledku klimatické změny lze přičítat globálnímu oteplování také změny v rozšíření hmyzích vektorů, kteří přenáší nemoci jako malárie, dengue nebo Zika virus, a tím i **výskyt infekčních onemocnění**. Zvýšená teplota a výkyvy srážek zvyšují riziko rozšíření bakterií, virů a eutrofních organismů ve vodním prostředí. Sucho zase zhoršuje kvalitu ovzduší, což může vést k respiračním onemocněním a extrémní tepelné podmínky vedou k **teplotním stresům** (úpaly, dehydratace a další zdravotní komplikace)(Corpuz 2023). Tyto a mnohé další jevy ohrožují zejména zranitelné skupiny obyvatel, tedy děti, seniory a pacienty s chronickými onemocněními (World Health Organisation 2023).

Globální teploty by predikcí mělo dosáhnout vrcholu v roce 2030 a nadále postupovat dle efektivity (či neefektivity) kompenzačních opatření produkce skleníkových plynů (Research Center for Alpine Ecosystems 2024).

1.1.6 Očekávané dopady globálního oteplování na KRNP

Současné tempo globálního oteplování významně ovlivňuje také horské ekosystémy celého světa, Krkonošský národní park (dále také KRNP) nevyjímaje. Ve vysokých horských polohách oteplování zmenšuje plochy pokryté ledem a sněhem a zkracuje jejich životnost, kvůli čemuž dochází ke snížené schopnosti substrátu odrážet sluneční paprsky. Odkryté zóny tmavé horniny a vegetace absorbují více světla a tepla, čímž přispívají k většímu ohřevu půdy a tání (Chersich et al. 2015; Research Center for Alpine Ecosystems 2024). Tyto jevy působí i na Krkonošské vrcholky hor, ač nedosahují takových nadmořských výšek, jako např. Alpy. Unikátnost Krkonoš však spočívá mimo jiné v **posunu vegetační výškové stupňovitosti** odpovídající vysokým horám, avšak v nižších nadmořských výškách.

Rychlost oteplování v horském prostředí lze díky četným studiím demonstrovat na Alpách. Alpské pohoří se od průmyslové revoluce oteplilo o 2 °C a nadále pokračuje rychlostí 0,5 °C za desetiletí. Každý nárůst o 0,5 °C odpovídá teplotě naměřené o 100 m výš bez předchozího nárůstu. Aby mohly adaptované druhy zůstat v ideálních teplotních podmínkách, musely by se přesunout o 100 výškových metrů nahoru (Research Center for Alpine Ecosystems 2024). Pokud by došlo k posunu výškové vegetační stupňovitosti v Krkonoších, došlo by také k **posunu horní hranice lesa** a tím i **ztrátě bezlesých lokalit**. V těchto místech by pak došlo ke zvýšené mezidruhové konkurenci, která by měla za následek vytlačení chráněných a reliktních druhů citlivých na změny podmínek na stanovištích. Stanoviště by tak poskytla prostor **změně druhového zastoupení** ve prospěch graminoidní biomasy a nepospěch lišejníků, mechů a dvouděložných rostlin obzvláště v oblasti alpské tundry, která je velmi citlivá vůči globálním změnám prostředí (Banaš, Ziedler & Zahradník 2012).

Hydrologický cyklus horského prostředí je globálním oteplováním rovněž postižen. V důsledku zvyšující se teploty dochází k **úbytkům sněhové pokrývky**, jak bylo zmíněno výše. Tání sněhu působí na rychlost a dostupnost vody v tocích a pramenech, které tak ztrácí na stabilitě a kvalitě (Confortola, Soncini & Bocchiola 2013; Chersich et al. 2015). Letní suchá období způsobují pokles množství průměrných letních, což vede k **vysychání mokřadů** a **poklesu hladiny podzemních vod**. Tomuto jsou vystaveny mimo vodních toků i na jedinečná subarktická rašeliniště. V roce 2015 byly naměřeny v Pančavském a Úpském rašeliništi kritické hodnoty hladiny podzemních vod. Průměrná hladina podzemní vody se nacházela u Úpského rašeliniště v 68 cm pod povrchem a u Pančavského ve 31 cm v průběhu vegetační sezóny. Pro optimální fungování rašelinišť je průměrná hladina podzemních vod v hloubce 40 cm pod povrchem hraniční hodnotou příznivého ekologického stavu (Flousek 2019). Úbytek množství a délky výskytu sněhové pokrývky zhoršuje dostupnost vody a může tak způsobit **nedostatek vody** pro faunu a flóru během citlivých období, ale i **erozi půdy** v případě přívalových dešťů (Research Center for Alpine Ecosystems 2024; Chersich et al. 2015; Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s. et al. 2023).

Dopady přehřívání planety ovlivňují také **migraci fauny a flóry**. Tento jev ovlivňuje fenologické fáze rostlin a období rozmnožování u živočichů, ba i rozšíření druhů. Teplejší klima ve vyšších polohách prospívá druhům, které by jinak v chladnějších oblastech neobstály a expandují do vyšších nadmořských výšek. Příkladem mohou být obvykle v nížinách se vyskytující kos černý (*Turdus merula*), kobylka zelená (*Tettigonia viridissima*) či kudlanka nábožná (*Mantis religiosa*) (Plecháč 2019). Chladnomilnější druhy jako např. linduška horská (*Anthus spinoletta*), pěvuška podhorní (*Prunella collaris*) nebo slavík modráček (*Luscinia svecica cyanecula*) za posledních 20 let z krajiny kvapem mizí (Flousek 2019; Plecháč 2019). Rozmnožování ptáků je limitováno **posunem fenologických fází**, rychlejším vývojem vegetace a na ní vázaných bezobratlých, kteří jsou potravou hmyzožravých dálkových migrantů. Líhnutí mláďat se opoždí oproti nejvyšší nabídce potravy, což snižuje úspěšnost hnízdění a početnost dotčeného druhu (Flousek 2019). Změny teplotních podmínek a chemismu (antropogenně produkované dusíkaté látky) působí na flóru, zejména pak ohrožené druhy, kterým je kupříkladu glaciální relikv ostružiník moruška (*Rubus chamaemorus*), přežívající díky aktuálním podmínkám v Krkonošských rašeliništích nebo endemit Krkonošské tundry všivec krkonošský pravý (*Pedicularis sudetica subsp. sudetica*) (Štursa & Vaněk 2016).

Nemalé změny pocítují také turistické destinace Krkonoš a dalších Evropských horských masivů. V důsledku změn klimatu dochází ke zkrácení zimní sezóny a zhoršení podmínek pro zimní sporty, což postihuje zejména lyžařská střediska. Ty svůj provoz musí udržovat prostřednictvím značných výdajů nebo plánováním změn pro vytvoření udržitelných řešení zimního sportování (Flousek 2019; Müller 2020). V případě Krkonoš by mohlo dojít k dalšímu **nárůstu letního turismu**, který je v posledních letech oblíben natolik, že se o něm hovoří jako o overturismu.

Množství turistů a bezohledné chování vůči pravidlům některých z nich v chráněné krajinné oblasti významně zatěžuje přírodní oblasti a ekosystémy odpady a hlukem, které nadále ovlivňují život fauny a existenci flóry v oblasti. V reakci na tuto skutečnost se Správa KRNAP snaží vyvážit potřeby turistů a ochranu přírody prostřednictvím různých strategií (vzdělávací programy pro veřejnost, regulace přístupu do citlivých oblastí, podpora udržitelného turismu) (Endrštová 2021; Drahný 2022).

Zatímco v horských oblastech s velmi vysokou nadmořskou výškou existuje rozsáhlé množství výzkumů zaměřených na dopady globálního oteplování a klimatických změn, oblasti se střední nadmořskou výškou, jako je alpská tundra Vysokých Sudet (Krkonoše, Králický Sněžník, Hrubý Jeseník) zůstávají dosud málo probádány. Vysoké Sudety si však zaslouží vědeckou pozornost pro svou cennost unikátní kombinace přírodních a morfologických podmínek tvořících ostrovy pro ohrožené druhy, na něž by mohly mít klimatické změny prostředí nezvratné účinky (Flousek 2019).

1.1.7 Strategie a východiska z klimatické krize

Pro maximální snahu o snížení globálního oteplování a dopadů klimatické změny byla v roce 2015 podepsána smluvními stranami Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu Pařížská dohoda. Ta ukládá smluvním stranám závazek snižovat emise skleníkových plynů a pravidelně reportovat o svém pokroku. Ministerstvo životního prostředí na svých stránkách shrnuje základní cíl, a to že Pařížská dohoda:

„formuluje dlouhodobý cíl ochrany klimatu, jímž je přispět k udržení nárůstu průměrné globální teploty výrazně pod hranicí 2 °C v porovnání s obdobím před průmyslovou revolucí a usilovat o to, aby nárůst teploty nepřekročil hranici 1,5 °C a přináší významnou změnu, pokud jde o závazky snižování emisí skleníkových plynů. Dohoda totiž ukládá nejen rozvinutým, ale i rozvojovým státům povinnost stanovit si vnitrostátní redukční příspěvky k dosažení cíle Dohody.“

Zdroj: https://www.mzp.cz/cz/parizska_dohoda

Česká republika se jako členský stát EU aktivně podílí na splnění cíle snížení emisí skleníkových plynů nejméně o 40 % ro doku 2030 ve srovnání s rokem 1990 (Ministerstvo životního prostředí s. a. B).

Ve shodném roce podpisu Pařížské dohody vznikly po tříletém vyjednávacím procesu na Konferenci OSN o udržitelném rozvoji v Riu de Janeiro **Cíle udržitelného rozvoje** (Sustainable Developmental Goals – SDGs) platného do roku 2030, na němž se spolupodílely všechny členské státy OSN, akademické obce, podnikatelské sféry a zástupci občanské společnosti všech kontinentů (Cíle udržitelného rozvoje s. a.).



Infografika 5: 17 Cílů udržitelného rozvoje OSN. [Přejato z: Informační centrum OSN v Praze, Dostupné z: <https://osn.cz/osn/hlavni-temata/cile-udrzitelneho-rozvoje-sdgs/>]

Aby bylo možné snížit či neutralizovat stoupající globální teplotu a zvrátit klimatickou změnu, je nutné dosáhnout v co nejbližším možném roce uhlíkové (klimatické) neutrality. Toho se EU snaží dosáhnout prostřednictvím **Zelené dohody pro Evropu (European Green Deal)**. Evropská Unie (dále jen EU) je třetím největším celosvětovým producentem emisí CO₂ po Číně a USA, kvůli čemuž je potřeba snížit produkci emisí vnímána jako velmi intenzivní. V reakci na tuto výzvu Evropská komise schválila roku 2021 balíček legislativních návrhů s názvem **Fit for 55**, ve kterých se snaží docílit k 55% snížení evropských emisí skleníkových plynů do roku 2030 v porovnání s rokem 1990. Jedná se o ambiciózní střednědobý cíl, který má napomoci dosažení uhlíkové neutrality do roku 2050, k němuž se EU právně zavázala **Evropským právním rámcem pro klima** (Evropským klimatickým zákonem) z roku 2021. Balíček Fit for 55 se zaměřuje na oblasti obchodu s emisními povolenkami, uhlíkového vyrovnání na hranicích, energetice a palivům, využíváním půdy a lesnictví, ale i sociálně spravedlivějším podpůrným opatřením (Fakta o klimatu 2024c).

Hlavními oblastmi zájmů pro snižování globálních emisí a dosažení nulových emisí skleníkových plynů je zvyšování podílu obnovitelných zdrojů energie na celkové spotřebě energie, snižování emisí skleníkových plynů v průmyslu, ochrana a obnova ekosystémů, podpora udržitelného zemědělství, intenzivnější mezinárodní spolupráce, a především intenzivní vzdělávání a osvěta v oblasti klimatických změn (Kober et al. 2020).

Jakýkoli pozitivní krok směrem k redukci stoupajících globálních teplot velmi prospěje též chladnomilné lichenoflóře Krkonoš. Ta se v průběhu let mění s ohledem na čistotu atmosférického vzduchu, srážek, intenzivního lesního hospodářství a stoupajících teplot. Např. kriticky ohrožený lišejník provazovka

vousatá (*Usnea barbata* F. H. Wigg.), dříve hojně se vyskytující lišejník Krkonošských lesů, v důsledku kyselých dešťů ustoupil, dnes se do oblastí Krkonoš opět navrácí (Botanický ústav AV ČR 2024).

Zvyšování podílu obnovitelných zdrojů energie na celkové spotřebě energie

Některé státy světa regulují energetiku razantnějšími opatřeními, mezi které patří zavedení tzv. **uhlíkové daně** na některá odvětví průmyslu či paliva. Zvýšená taxa na fosilní a neobnovitelná paliva, produkty a služby sníží cenu obnovitelným zdrojům energie, po kterých poté zdvihne poptávka. Producenti emisí jsou nuceni platit za licence k vypouštění emisí, což je motivuje ke zvýšení podílu či přechodu na obnovitelné zdroje (Ritchie & Rosado 2022). Takovými státy na území Evropy jsou např. Velká Británie, Irsko, Polsko, Slovinsko, Francie, Norsko, Finsko, Švédsko, Estonsko, Holandsko, Dánsko, Švýcarsko, Island či Ukrajina na rozhraní Evropy a Asie (Dolphin & Xiahou 2022).

Závazným cílem konečné spotřeby obnovitelných zdrojů energie ČR je 32 % pro rok 2030. V roce 2020 ČR dosáhla stanovenou cílovou hodnotu celkového hrubého podílu energie z obnovitelných zdrojů a její podíl se nadále zvyšuje. V roce 2021 dosáhl podíl celkové hrubé spotřeby energie z obnovitelných zdrojů energie dle mezinárodní metodiky výpočtu EUROSTAT – SHARES 17,7 %. Obnovitelné zdroje energie pokryly 15% spotřebu elektřiny, 7% spotřebu v dopravě a 24% spotřebu při vytápění. Zvyšování podílu obnovitelných zdrojů je v ČR zatím úspěšně naplňováno a jejich další využívání nadále stoupá (Bufka & Veverková 2021).

Udržitelný průmysl

V letošním roce (6.4.2024) přijala Evropská Komise *Strategii EU pro průmyslové hospodaření s uhlíkem*, která stanoví zásady udržitelného zachycování, ukládání a opětovného využívání CO₂. Strategie je zaměřena na odvětví, u nichž je snížení emisí obtížné či neúměrně nákladné (výroba cementu a energie z odpadů). Komise v aktu navrhla tvorbu roční skladovací kapacity pro 50 milionů tun CO₂ do roku 2030, kterou do roku 2040 o 230 milionů tun navýší (Evropská komise – Tisková zpráva 2024). Potřeby ukládání uhlíku zpět pod povrch podložily a vysvětlily četné studie již dříve (Sanchez et al. 2019; Finney et al. 2019; Bandilla 2020). Tento krok by měl vést k vytvoření Evropského trhu s CO₂ a přispět ke snížení emisí v zatíženém průmyslovém odvětví o 90 % do roku 2040 a dosažení klimatické neutrality do roku 2050 (Evropská komise – Tisková zpráva 2024).

Část nadměrně vyprodukovaných odpadů z domácností i průmyslu je v ČR odvážena na přeplněné komunální skládky, v horším případě na nelegální černé skládky. Tato nelegální stanoviště holdovala největšímu nárůstu v době Pandemie COVID-19 (Brezovská 2021b). Dalším problémem z doby pandemie byly nelegální dovozy obtížně nerecyklovatelného odpadu z Německa, Rakouska a Itálie (Brezovská 2021a). Dle Eurostatu v roce 2020 připadlo na hlavu člověka v ČR 3 598 kg veškerého možného odpadu (pro porovnání – ve Finsku připadlo 20 993 kg odpadu

na hlavu člověka), naštěstí však podíl recyklovaného odpadu nadále vzrůstá (Eurostat Statistics Explained 2023). Do roku 2035 by dle Evropských legislativních změn nemělo na skládkách končit více než 10 % odpadu. K roku 2025 je plánována recyklace 55 % odpadu a oddělení sběru textilu a nebezpečného odpadu, což potvrzuje trend zavádění udržitelných praktik v odpadovém sektoru a oběhového hospodaření (Evropský parlament 2018).

Obnova a ochrana ekosystémů

Alarmující zpráva o celosvětově se zhoršujícím stavu přírody Mezivládního panelu pro biologickou rozmanitost a ekosystémové služby (IPBES) z roku 2012 iniciovala vznik *Strategie EU v oblasti biologické rozmanitosti do roku 2030*. Hlavním cílem, který Strategie formuje je zastavení úbytku biologické rozmanitosti v Evropě a po celém světě, na kterém spolupracuje pod záštitou Zelené dohody pro Evropu. V oblasti ochrany přírody hodlá do roku 2030 např. právní ochranu nejméně 30 % pevniny a mořských oblastí EU a začlenění ekologických koridorů jako součást skutečné transevropské přírodní sítě. V případě obnovy cílí kupříkladu na zvrácení úbytku opylovačů, začlenění rozmanitých krajinných prvků nejméně na 10 % zemědělských ploch či vyčlenění alespoň 25 % zemědělské půdy pro ekologické zemědělství (Ministerstvo životního prostředí – Strategie EU v oblasti biologické rozmanitosti do roku 2030; Evropská komise 2020).

Velkým úspěchem pro rok 2023 bylo schválení *Globální smlouvy o oceánech* radou OSN. Ta zajišťuje oceánům vznik rezervací na 30 % rozlohy volných moří, které nepodléhají jurisdikcím národních států. Organizace Greenpeace podepsání dohody iniciovala již v roce 2005, od té doby výzvu za přijetí podepsalo téměř 6 milionů lidí (z ČR 70 tisíc) (Greenpeace Česká republika 2023). Oceány mají schopnost pohlcovat teplo, skleníkové plyny, regulují klima, produkují více než polovinu kyslíku v atmosféře a poskytují zdroj obživy a potravu milionům lidí. Jejich obnova a udržení kondice je proto pro zmírnění dopadů klimatické změny zcela zásadní. Tato smlouva má zajistit ochranu biodiverzity oceánů proti těžbě, znečišťování, nadměrnému rybolovu, lodní dopravě a změně klimatu. Česko by mělo smlouvu ratifikovat nejpozději koncem roku 2024 (Freidinger 2023).

Podpora udržitelného zemědělství

Potřeba rozvíjet ekologické hospodaření pro zachování úrodných půd budoucím generacím je čím dál naléhavější. Pro naplnění těchto potřeb je nutné zpracovat postupy, které povedou k pozitivní produktivitě, trvalé ekonomické návratnosti, spravedlivým sociálním podmínkám zemědělské výroby a udržitelným postupům (Francis & Porter 2011). Snazší přestup z velkoplošného hospodaření na ekologické zemědělství dotuje Evropská unie množstvím projektů (např. DIVERSify, Fiversifarming, OK-Net EcoFeed, CORE Organic Cofund), kterými se snaží podpořit udržitelnější přístupy zemědělců a malých farem. Kupříkladu projekt DIVERSify podporuje rozmanitost pěstovaných plodin, které tak zajistí větší ekonomickou a potravinovou bezpečnost (CORDIS, 2021). Možností, jak udržitelně hospodařit

je v současné době nemalé množství, stejně tak přístupů. Např. **agroekologie** využívá princip kombinace recyklace odpadů, minimalizace spotřeby energie a vody, genetickou rozmanitost plodin, regeneraci půdy a zvýšení obsahu uhlíku v ní či integraci hospodářských zvířat (Hathaway 2016). S pojmem agroekologie se často vyskytuje také přístup **permakultura**, která vědomě navrhuje a udržuje zemědělsky produktivní ekosystémy, které jsou stabilní, odolné a harmonické s krajinou a potřebami lidí (Ferguson & Lovell 2014).

K redukci skleníkových plynů je často doporučováno konzumovat pouze lokální produkty a podporovat tak lokální farmy kvůli redukci přebytečných emisí z dopravy potravin. Ritchie (2020) však naznačuje, že **produkce emisí z dopravy potravin** je zanedbatelná, spíše pak záleží na druhu potravin. Zpracování masa a mléčných výrobků je emisně náročnější než zpracování zeleniny a ovoce. Kupříkladu při zpracování hovězího masa je uvolněno 60x více skleníkových plynů než při sklizních hrachu, pro snížení uhlíkové stopy je proto vhodné zvýšit podíl rostlinné stravy. Rostlinné potraviny však mohou produkovat vysoké hodnoty emisí, pokud jsou přepravovány letecky. Ty jsou rozeznatelné krátkou trvanlivostí a rychlou kazivostí (např. chřest, zelené fazolky) nebo na základě identifikace Země, ze které byly vypraveny (Ritchie 2020).

Vzdělávání a osvěta

Edukace o klimatických změnách a globálním oteplování je stěžejním bodem, jak podnítit změny na úrovni jedince, skupiny i státu. Efektivní environmentální výchovu je vhodné realizovat zaměřením se na relevantní a smysluplné informace aktivními a poutavými vyučovacími metodami (např. zapojení se do akcí pomáhajících zmírňovat změny klimatu), které usnadní proces pochopení důležitosti tématu (Monroe et al. 2019).

Vzdělání a osvěta dopomáhá vytvořit silnou a jednotnou komunitu lidí aktivně bojujících za udržitelnou budoucnost bez nadměrných emisí skleníkových plynů. Komunity díky vzdělání disponují silou aktivně vyvracet argumenty tzv. **odpůrců klimatické změny**, jejichž rozmach započal nejvíce po roce 1989. Dunlap & Brulle (2020) spojuje tyto odpůrce s velkými korporacemi se silnými vazbami na výrobu a využívání fosilních paliv ať už stran veřejnosti, firem, médií či zkorumpovaných vědeckých pracovníků (Dunlap & Brulle 2020). Jelikož má současná společnost silnou potřebu žít v blahobytu, jsou odpůrci klimatické změny ochotni jednat pro-environmentálně tehdy, pokud se domnívají, že bude jejich úsilí mít pozitivní společenské účinky. Studie (Bain et al. 2012) ukázala, že úspěšným přístupem je identifikovat výsledky úsilí o zmírnění, které popírači považují za klíčové. Lidé mají silné zájmy na prosperitě své společnosti, proto by mohlo být efektivním motivačním prostředkem pro odpůrce klimatické změny k pro-ekologickému chování přesvědčení, že toto úsilí povede ke společnosti, kde lidé projevují vzájemnou ohleduplnost a starostlivost, a kde dochází k většímu ekonomickému a technologickému rozvoji.

Zásadním krokem je tedy zaměření komunikace na to, jak může úsilí o zmírnění změny klimatu podpořit vytvoření lepší společnosti, než na zdůrazňování samotné reality klimatických změn a odvrácení jejich rizik. Takto lze účinně motivovat nejen odpůrce klimatické změny k pro-ekologickému chování a činům, ale také k přispívání dosažení udržitelnější a odpovědnější budoucnosti pro celou společnost (Bain et al. 2012).

1.1.8 Jak mohu pomoci já, občan?

Problémy životního prostředí, citelné globální změny klimatu a veškerá problematika spojená s oteplováním velmi intenzivně působí na emoce a psychiku lidí. V médiích proto začal být s těmito emocemi spojován termín **environmentální žal**, který by dle Suchého & Světláka (2023) měl být prezentován jako nová diagnostická kategorie, v současnosti však velmi málo probádaná. Environmentální žal je přirozenou odezvou na ohrožující podnět, výsledkem čehož jsou různé reakce – úzkost, smutek, strach, ale také popření, agrese, stud či pocit viny obvykle pramenící z vědomí, že příčinou těchto změn jsme my, lidé. Emoce tohoto typu mohou vést k negativním jevům ve společnosti (extrémní klimatický aktivismus), u mladších generací pak k **beznaději, frustraci** a neochotě podílet se na společném boji proti klimatickým změnám (Ojala et al. 2021; Suchý & Světlák 2023; Waters et al. 2024). Pro podporu pozitivních emocí je nezbytně nutné do veškerých klimatických osvětových akcí včlenit také pocit **naděje**. Naděje pomáhá budovat v dotyčném přesvědčení, že je možné čelit problému, kterému je vystaven, v našem případě globálnímu oteplování a klimatickým změnám (Doležalová 2023).

Komplexní problém změny klimatu vyžaduje ze stran spotřebitelů, komunit, organizací a občanů hlubokou změnu v chování. K vytváření smysluplných změn je nutné formulovat jednotnou strategii, jež nebude omezená extrémními směry slepými vůči dopadům na životní prostředí a společnost. K řešení změny klimatu je nezbytné podnikání funkčních kroků, zejména v oblastech sektorů s vysokými emisemi. Pro-ekologické kroky na úrovni jedince jsou však nezanedbatelným příspěvkem, díky kterým mohou mít mnozí občané vliv na politiky, kteří poté svým rozsahem vlivu a moci mohou ovlivňovat jak vyšší, tak nižší sféry (Whitmarsh et al. 2021).

Z hlediska jednotlivce existuje nesčetná řada kroků, které lze provádět ve prospěch snížení dopadů klimatické změny a globálního oteplování. Dokládá je následující výčet činností (a relevantních studií) díky kterým lze ke snížení dopadů zmíněného jevu přispět. Výčet však není zcela kompletní – na to rozsah diplomové práce nestačí.

1. Ke snížení emisí z dopravy je vhodné snížit využívání letecké dopravy a jízdu automobilem, pokud to není nezbytně nutné. Velmi prospěšné je využívání ekologické alternativy, například **sdílených dopravních prostředků** (vlakové, autobusové spoje či sdílená auta). Alternativou ke snížení emisí ze spalovacích motorů je využívání (a nákup) **elektromobilů**, které do ovzduší emise vypouští pouze minimálně (Luo et al. 2020; Whitmarsh et al. 2021).

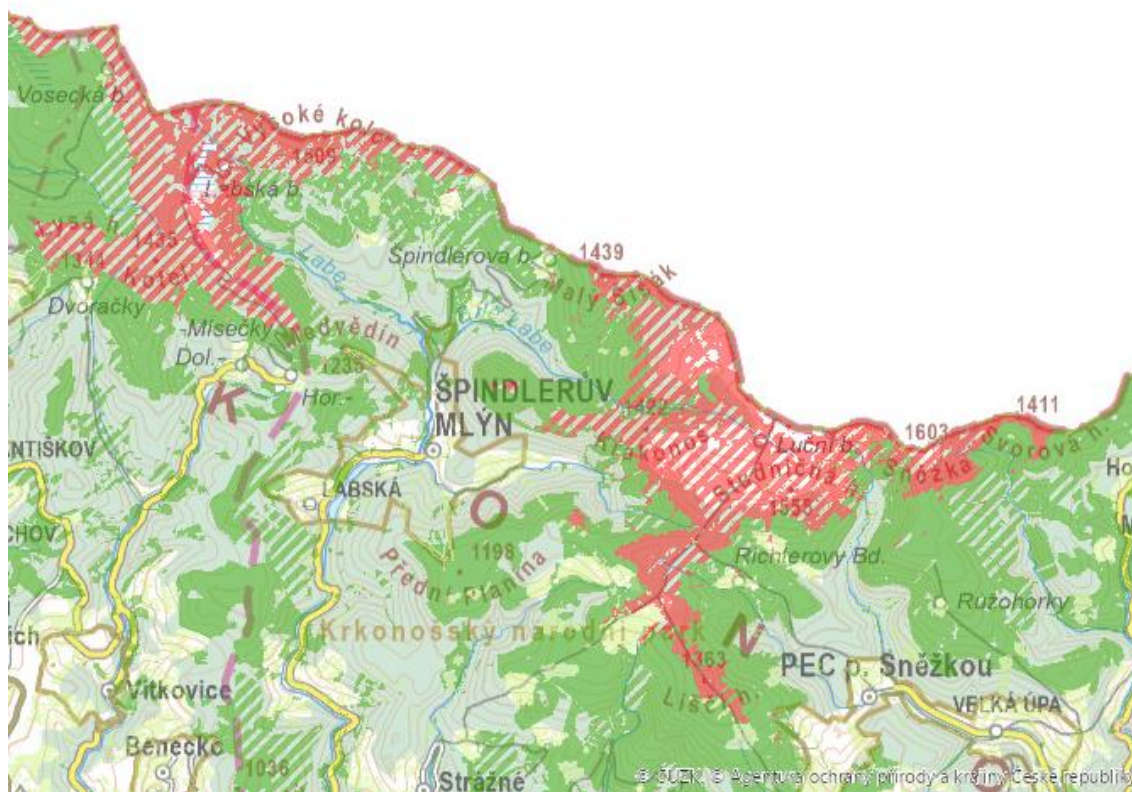
2. Jedním z plošně největších emitentů je energetický sektor. Pro redukcí emisí CO₂ ze spalování fosilních paliv je proto příhodný pozvolný přechod k využívání tzv. **zelené energie** (energie z obnovitelných zdrojů, nízkouhlíkové infrastruktury) (Whitmarsh et al. 2021).
3. Whitmarsh et al. (2021) považuje za důležité také **aktivně se účastnit formulování politiky a místních akcí** zaměřených na osvětu v oblasti klimatické změny a globálního oteplování, které rychleji působí na společnost jako na celek.
4. Současná přeplněná obchodní centra vybízí k nakupování zbytečných věcí a nekonečnému konzumu. Mnohé potraviny či kosmetika však obsahují řadu látek negativních jak prostředí, tak člověku (Manciocco et al. 2014; Aguiar et al. 2022). Seyfang (2005) a Whitmarsh et al. (2021), proto navrhují **nakupování kosmetiky a potravin se značkami bio, eko či CO₂ neutral**, které by měly předejít jak negativním dopadům na životní prostředí, tak zdravotní zavadnosti.
5. Poore & Nemecek (2018) prokazují také prospěšnost **omezení konzumace červeného masa a větší konzumace rostlinné stravy** ve prospěch snížení emisí methanu a oxidu uhličitého.
6. **Podpora lokálních farem a lokálních produktů či ekologického zemědělství** je dle studií Mentzela et al. (2024) a Waterse et al. (2024) nezbytným předpokladem pro snížení emisí, ale i pro podporu biodiverzity, ochranu životního prostředí, podporu lokální ekonomiky a rozvoje venkova či zdraví obyvatel.
7. Práce Levänen et al. (2021) a Klotzové et al. (2024) doporučují **snížení množství odpadu, třízení odpadu, tvorbu oběhové ekonomiky a opětovného využívání spotřebního zboží**. Tyto aspekty nabývají na důležitosti s rostoucí globální populací, zvyšující se mírou spotřeby a ubývajícími přírodními zdroji.
8. V případě městských oblastí či vesnických domů vnímají Baldi et al. (2023) a Yu & Yang (2023) **budování ekologických zahrad s delší trávou a větším poměrem kvetoucích rostlin** jako velmi vhodný postup k zadržování vody v krajině, zvyšování biodiverzity a snižování přehřívání měst či mikroklimatu v okolí.
9. V neposlední řadě je velmi vhodné **ohleduplné chování v chráněných krajinných oblastech a parcích** pro podporu biodiverzity, ochrany ohrožených druhů a zachování ekologické stability daného území (Luo et al. 2020).

1.2 Krkonošská arкто-alpínská tundra

Biom tundry zaujímá z pohledu světové biogeografie 2,3 % terestrické rozlohy (tj. 10 milionů km²) s výrazně cirkumpolárním rozšířením (Kociánová, Štursa & Vaněk 2015). Vyznačuje se průměrnými vzdušnými teplotami pod bodem mrazu (v nejteplejších měsících roku do 10 °C), výskytem permafrostu a v důsledku nízkých teplot také pásmem bezlesí (Štursa 2013; Kociánová, Štursa & Vaněk 2015). V Krkonoších nalézáme pásmo bezlesí od horní hranice lesa přes ledovcové kary až po Sněžku, Studniční a Luční horu, Vysoké Kolo a Kotel, tedy nejvyšší vrcholy (Horáková, Flousek & Harčarik 2006). Tundra se rozkládá převážně v oblasti severní polokoule na území Severní Ameriky a severu Eurasie (včetně Grónska, Islandu a dalších arktických ostrovů), kde nese název **arktická tundra**. Tundrové oblasti na jižní polokouli mají menší rozlohu a zaujímají pouze malé nezaledněné plochy ostrovů Subantarktidy, kde se nazývají polárními oázami. V oblastech hřebenů vysokých hor obou polokoulí nalézáme **alpínskou tundru**, která se rozkládá v alpínském až niválním vegetačním výškovém stupni. V případě prostoupení arktické a alpínské tundry vzniká **arkto-alpínská tundra** vyskytující se také na hřebenech a vrcholech Krkonoš v podobě **krkonošské tundry** (Soukupová et al. 1995; Kociánová, Štursa & Vaněk 2015).

Na území ČR se nachází tundra pouze v oblasti Vysokých Sudet (Krkonoše, Králický Sněžník a Hrubý Jeseník) jako pozůstatek pleistocenního a holocenního zalednění (Chytrý 2012). Jan Štursa (1997) uvádí rozlohu arкто-alpínské tundry na pouhých 16 km², tedy 4 % rozlohy Krkonošského národního parku. Kociánová, Štursa & Vaněk (2015) počítají s velikostí 49 km², což odpovídá 7,4 % rozlohy Krkonoš. V krkonošské arкто-alpínské tundře se nachází tři vzájemně propojené zóny. *Kryo-eolická* zóna na vrcholech a hřbetech Krkonoš s kamennými moři a vyfoukávanými alpínskými trávníky též uváděná jako lišejníková tundra (Štursa 2013, Kociánová, Štursa & Vaněk 2015). Dále *kryo-vegetační* zóna vrcholových ploch se severskou vegetací, subarktickou vegetací a vysokými srážkovými úhrny a *niveo-glaciální* zónu ledovcových karů a nivačních depresí na závětrných svazích s travinnou, vysokostébelnou a křovinnou vegetací (Štursa 1997; Soukupová et al. 1995; Kociánová, Štursa & Vaněk 2015). Kombinace pestré geologické minulosti, aktivních přírodních jevů a procesů i unikátní bioty právem činí z oblasti I. zónu národního parku s nejpřísnější ochranou (Štursa 1997).

Globální oteplování však překračuje hranice národních parků a zvyšuje teploty vzduchu i v horských oblastech. Nejvyšší polohy Vysokých Sudet čelí od roku 1995 nárůstu průměrné roční teploty vzduchu o 0,5 – 1 °C, změnám živinových poměrů v důsledku emisí dusíku antropogenního původu a změnám ročních úhrnů srážek (Banaš, Ziedler & Zahradník 2012). Tyto a další průvodní jevy globálního oteplování mají nežádoucí vliv nejen na vegetaci alpínské vegetace, ale také na biotopy důležité pro lichenofloru (Seaward 2008).



Obrázek 3: Mapa s vyznačenými Krkonošskými lesy (zeleně) a alpským bezlesím (červeně) [Zdroj obrázku: aopkcr.maps.arcgis.com, cit. 2024-04-08].

1.3 Arkto-alpínské lišejníky v biotopech Krkonošské tundry

Arkto-alpínské lišejníky jsou reliktní horské druhy, které se v našich podmínkách vyskytují často mimo své ekologické optimum. Rostou pouze v některých biotopech alpského bezlesí a kvůli měnícím se klimatickým a přírodním podmínkám čelí velkému ohrožení (Botanický ústav AV ČR s. a.). Limitujícím faktorem pro růst těchto lišejníků je v příznivých podmínkách především souvislá vegetace, ať už stromového, keřového či bylinného charakteru. V nejvyšších polohách Krkonoš je horská vegetace vystavena ostrému větru, častému mrazu, mrazovému zvětrávání, pohybům a třídění půdy. Tyto faktory tvoří nepříznivé podmínky pro vegetaci a vhodné pro arkto-alpínskou lichenofloru. Ta v Krkonoších prosperuje především na otevřených stanovištích alpského bezlesí jako jsou kamenná moře (Štursa 1997; Kociánová, Štursa & Vaněk 2015).

Dle Wirtha, Haucka & Schultze (2013) a Chytrého (2009) patří mezi arkto-alpínský druh nalezitelný v biotopech alpského bezlesí Krkonoš vousatec žlutozelený (*Alectoria ochroleuca*), rostoucí kromě Sudet ještě v Alpách. *A. ochroleuca* v současnosti kvůli rekreačnímu využívání horských vrcholů ustupuje z alpského bezlesí (Wirth, Hauck & Schultz 2013). Dalším arkto-alpínským Krkonošským druhem je puclérka alpínská (*Cetraria muricata*), pucléčka rourkovitá

(*Flavocetraria cucullata*), puklěčka sněžná (*Flavocetraria nivalis*) a dutohlávka chudobkokvětá (*Cladonia bellidiflora*) (Wirth, Hauck & Schultz 2013; Chytrý et al. 2010). Za arкто-alpínský sladkovodní lišejník lze považovat ještě druh mapovník hnědočerný (*Rhizocarpon badioatrum*), porpidie rezavá (*Porpidia ochrolemma*), placynthium lopatkovité (*Placynthium flabellusum*) a kryptovka Fritzeova (*Gyalidea fritzei*) (Koudelková 2022; Halda 2024a).

Literatury zaměřené na oblast arкто-alpínských lišejníků není příliš mnoho, ač se jedná o vzácné druhy rostoucí na ohrožených lokalitách. Jedním z důvodů je nepochybně nedostatek dobře školených odborníků v oblasti lichenologie, dalším pak dlouhodobé sledování. V následujících kapitolách budou popsány evropsky významné lokality soustavy Natura 2000 z *Katalogu biotopů České republiky* (Chytrý et al. 2010), které nejvíce svědčí arкто-alpínským lišejníkům.

1.3.1 Acidofilní vegetace alpínských skal a drolin

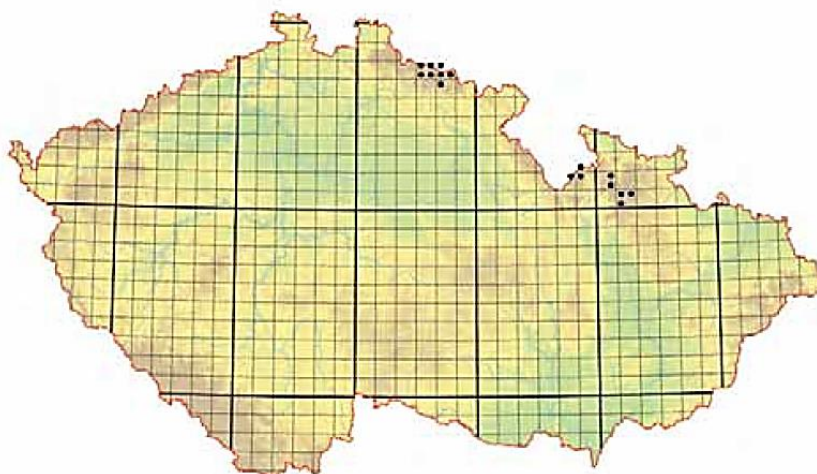
Biotop acidofilní vegetace alpínských skal a drolin je dle Katalogu biotopů České republiky kódována jako biotop A6A a A6B. Pokrývá nejvyšší vrcholy Vysokých Sudet nad horní hranicí lesa skalními biotopy s druhově chudou acidofilní vegetací, keříčků, mechů a lišejníků (Härtel, Lončáková & Hošek 2009). Dle Agentury pro ochranu přírody a krajiny České republiky (s. a.) můžeme v Krkonoších tento biotop nalézt severně severovýchodně od Krakonošovy zahrádky nad Horním Úpským vodopádem, u vodopádu Úpičky a podél Koňské cesty vedoucí k Vysoké Pláni (Agentura pro ochranu přírody a krajiny České republiky s. a.). Silikátové biotopy suťovitých lokalit nebývají v chráněných prostorech a karových stěnách stabilní, kvůli čemuž je vegetace omezena pouze na vysoce odolné a přizpůsobené organismy, jakými jsou nepochybně lišejníky. Stejně tak lichenoflóra prosperuje na skalních stěnách, které jsou pro výskyt další vegetace příliš příkré (Härtel, Lončáková & Hošek 2009). Balvanité suť alpínských drolin nemívají vyvinuté bylinné patro, pouze v okrajových částech s kumulací jemného materiálu (Kočí & Sádlo 2010).

Mezi běžné druhy flóry biotopu řadí Kočí & Sádlo (2010) acidofilní traviny jako psineček skalní (*Agrostis rupestris*), metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*), třtina chloupkatá (*Calamagrostis cilliosa*) a kostřava nízká (*Festuca supina*). Balvanité suť hostí běžně také keříčkovité druhy vřes obecný (*Calluna vulgaris*), borůvka (*Vaccinium myrtillus*) a brusinka (*Vaccinium vitis-idaea*) nebo také ohrožený druh vranec jedlový (*Huperzia selago*), který je mimo Českou Červenou knihu ohrožených druhů zapsán také na Červený seznam Ukrajiny a Běloruska (Hoskovec 2007). Vzácnou, kriticky ohroženou kapradinou této oblasti je jinořadec kadeřavý (*Cryptogramma crista*) rostoucí na zazemněných suťích. Skalní stanoviště poskytují prostor unikátnímu, kriticky ohroženému druhu rostliny, kterou je zvonek okrouhlostý sudetský (*Campanula rotundifolia* subsp. *sudetica*) rostoucí celosvětově pouze na území Krkonoš a Jeseníků (Hadač & Štursa 1983; Kočí & Sádlo 2010; Kaplan et al. 2019).

Lichenoflóra silikátových alpínských skal a drolin je dominantně epilitická. Kočí & Sádlo (2010) uvádí v tomto biotopu druhy jako jsou puklérka islandská (*Cetraria islandica*), dutohlávka hnědozelená (*Cladonia chlorophaea*), dutohlávka červcová (*Cladonia coccifera* s. l.), dutohlávka znetvořená (*Cladonia deformis*), dutohlávka štíhlá (*Cladonia gracilis*), dutohlávka statná (*Cladonia macroceras*), dutohlávka pohárkatá (*Cladonia pyxidata*), a dutohlávka sírová (*Cladonia sulphurina*). Dutohlávku chudobkokvětou (*Cladonia bellidiflora*) označují za druh, který je pro zmíněný biotop typický (diagnostický). Zároveň je dle Wirtha, Haucka & Schultze (2013) považován za arкто-alpínský druh rostoucí na vlhkých stanovištích chráněných oblastí mezi mechy na surovém humusu, vzácně na silikátových skalách.



Obrázek 4 a 5: Vlevo jinořadec kadeřavý (*Cryptogramma crista*), vpravo zvonek okrouhlolistý sudetský (*Campanula rotundifolia* subsp. *sudetica*). [Autor fotografie: Bc. Bára Koudelková].



Obrázek 6: Mapa ČR s vyznačenými lokalitami Acidofilní vegetace alpínských skal a drolin [přejato z: Chytrý et al. 2010].



Obrázek 7: Acidofilní vegetace alpínských skal a drolin z Velké Kotelní jámy, září 2021. [Autor fotografie: Bc. Bára Koudelková].

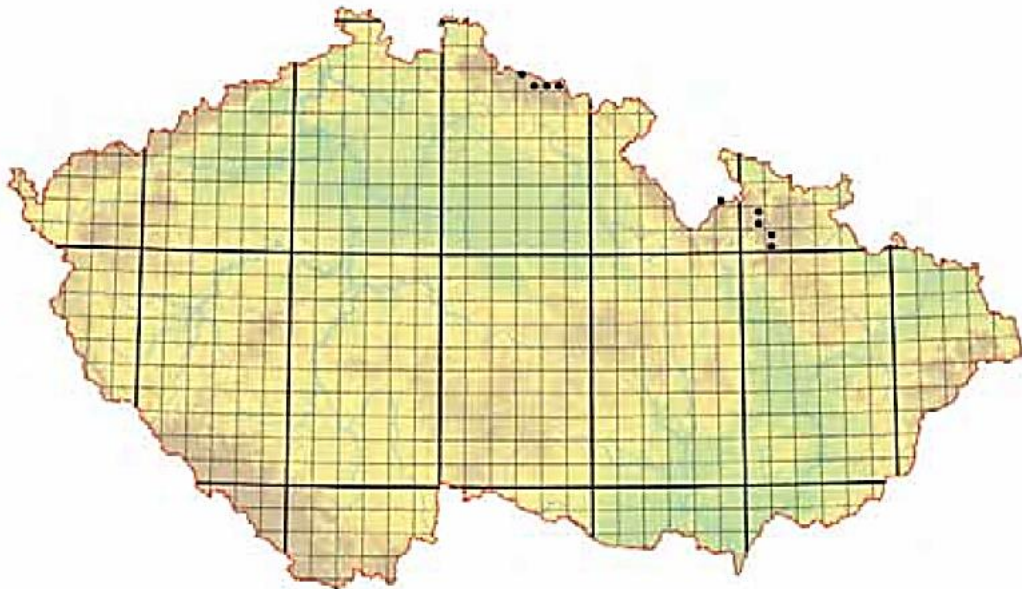
1.3.2 Alpínská vřesoviště

V tundrovém pásmu nad horní hranicí lesa Krkonoš se nachází biotop alpínských vřesovišť, který je podle Katalogu biotopů České republiky kódován jako A2.1. Nachází se pouze roztroušeně na 120 ha v nejvyšších polohách Vysokých Sudet (Krahulec & Kočí 2010) s pokryvem nejextrémnějších stanovišť, jak uvádí Lustyk et al. (2024). Půdy tohoto biotopu jsou exponované silnému větru v nejvyšších polohách, ať už na vrcholech hor, hranách svahů, skalních žebrech či prudkých skalnatých svazích hřebenových plošin. Z tohoto důvodu jsou proto v zimě kvůli mělké sněhové pokrývce vystaveny účinkům mrazu (Krahulec & Kočí 2010). Lustyk (2024) upozorňuje na potenciální ohrožení biotopu acidifikací a eutrofizací v důsledku zimního turismu (úpravy sjezdovek při sjezdové lyžování) s projevem postupného ustupování mechového patra a úbytkem lišejníků.

Již z názvu je patrné, že je tvořen především porosty vřesu obecného (*Calluna vulgaris*). V menší míře lze nalézt také brusnici borůvku (*Vaccinium myrtillus*) a brusnici brusinku (*Caccinium vitis-idaea*), v menší míře také šichu oboupohlavnou (*Empetrum hermaphroditum*) (Härtel, Lončáková & Hošek 2009). Další častou

vegetací jsou plavuně, kupříkladu vranec jedlový (*Huperzia selago*) nebo plavuník alpský (*Diphasiastrum alpinum*), trávy a jestřábníky, hojně zastoupené jsou i mechorosty (Krahulec & Kočí 2010). Vegetace biotopu je otevřená, místy zapojená a poměrně homogenní (Lustyk 2009b, Lustyk et al. 2024).

Na lokalitách alpínských vřesovišť nalézá Krahulec & Kočí (2010) následující diagnostické druhy, které jsou dle Wirtha, Haucka & Schultze (2013) považovány za arкто-alpínské: vousatec žlutozelený (*Alectoria ochroleuca*), puklérka alpínská (*Cetraria muricata*), puklérka rourkatá (*Flavocetraria cucullata*), dutohlávka chudobkokvětá (*Cladonia belidiflora*) a puklérka sněžná (*Flavocetraria nivalis*) která se za války v Rusku mlela na mouku (KRNAP 2021). Dalšími diagnostickými druhy jsou vousatec černavý (*Alectoria nigricans*), puklérka vřesovištní (*Cetraria ericetorum*), puklérka islandská (*Cetraria islandica*), dutohlávka lesní (*Cladonia arbuscula* s. l.), a šídlovec kůstkovitý (*Thamnolia vermicularis*). V biotopu nalézá Krahulec & Kočí (2010) dále druhy: dutohlávka prstítá (*Cladonia digitata*), dutohlávka Floerkeova (*Cladonia floerkeana*), dutohlávka Grayova (*Cladonia grayi*), dutohlávka statná (*Cladonia macroceras*), dutohlávka (*Cladonia merochlorophaea*), dutohlávka pohárkatá (*Cladonia pyxidata*), dutohlávka sobí (*Cladonia rangiferina*), dutohlávka hvězdovitá (*Cladonia uncialis*).



Obrázek 8: Mapa ČR s vyznačenými lokalitami alpínských vřesovišť [přejato z: Chytrý et al. 2010].



Obrázek 9: Ukázka zapojeného alpínského vřesoviště s odkvetlými vřesy Krkonoš mezi Violíkem a vysílačem Sněžné jámy, září 2023 [Autor fotografie: Bc. Bára Koudelková].



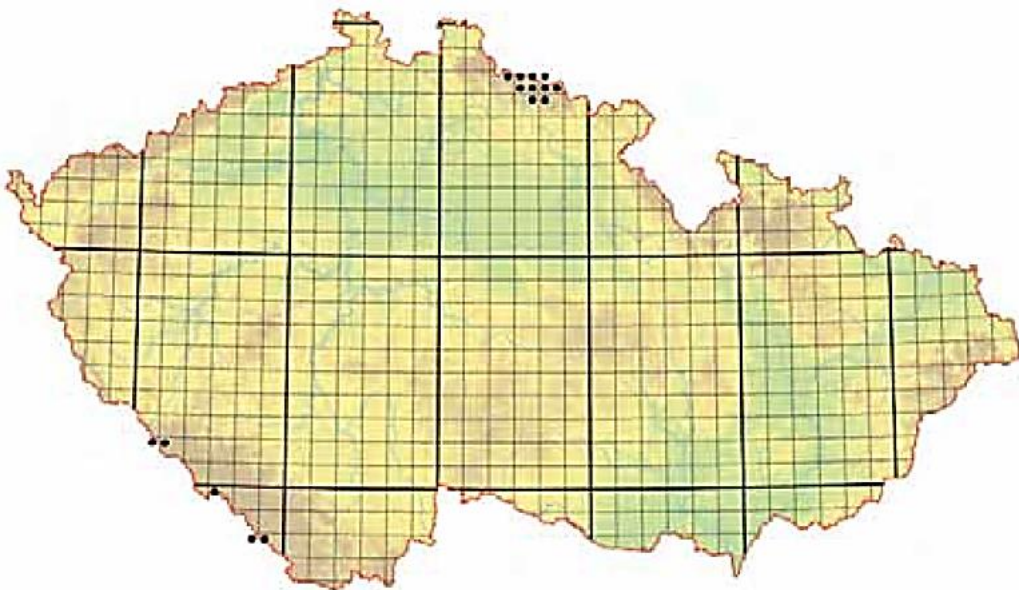
Obrázek 10: Ukázka nezapojeného alpínského vřesoviště zajímavého především pro lichenofloru mezi Violíkem a Vysílačem Sněžné jámy s výhledem na Polsko, září 2023 [Autor fotografie: Bc. Bára Koudelková].

1.3.3 Kosodřeviny

Druhově chudé porosty dřevin s acidofilní vegetací bylinného patra, dobře vyvinutým mechovým patrem a hustě až mozaikovitě zapojenou strukturou tvoří kosodřeviny (Kočí & Kocourková 2024), které jsou dle Katalogu biotopů ČR označeny kódem A7. Její výskyt je situován na horské hřbety a plošiny či málo frekventované lavinové dráhy v nadmořské výšce 1200-1500 m (Kočí 2010a). Na území České republiky se vyskytují pouze v Krkonoších, v malé míře také na Šumavě (Kočí & Kocourková 2024). Kočí (2010a) uvádí rozlohu biotopu o celkové velikosti 1129 ha v kontextu celé republiky.

Dominantní dřevinou biotopu je křovitá borovice kleč (*Pinus mugo*) tvořící porosty o výšce 0,5-2 m a mnohdy také polykormony o rozloze několika desítek m². Keřové patro tvoří dále smrk ztepilý (*Picea abies*) a jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*) (Kočí 2010a), Kočí & Kocourková (2024) řadí do biotopu také brusnici borůvku (*Vaccinium myrtillus*) a brusnici brusinku (*Vaccinium vitis-idaea*) nebo třtinu chloupkatou (*Calamagrostis villosa*) či kaprad' rozloženou (*Dryopteris dilatata*). Mechové patro zaujímá např. dvouhrotec chvostnatý (*Dicranum scoparium*) nebo rokytník světlý (*Hylocomium splendens*) (Kočí & Kocourková 2024).

Mezi lichenofloru biotopu kosodřeviny řadí Kočí (2010a) terestrické druhy dutohlávku lesní (*Cladonia arbuscula* s. l.) a puklěčku islandskou (*Cetraria islandica*). Dutohlávku chudobkokvětou (*Cladonia bellidiflora*) na stanovišti nalézá také, přičemž dle Wirtha, Haucka & Schultze (2013) je tento druh považován za arкто-alpínský. Další zdroje k lichenoflóře biotopu kosodřevin zatím nejsou dostupné.



Obrázek 11: Mapa ČR s vyznačenými lokalitami kosodřevin [přejato z: Chytrý et al. 2010].



Obrázek 12: Biotop kosodřevina na hranici Polských a Českých Krkonoš od Violíku směrem k Sokolníku, duben 2024 [Autor fotografie: Bc. Bára Koudelková].

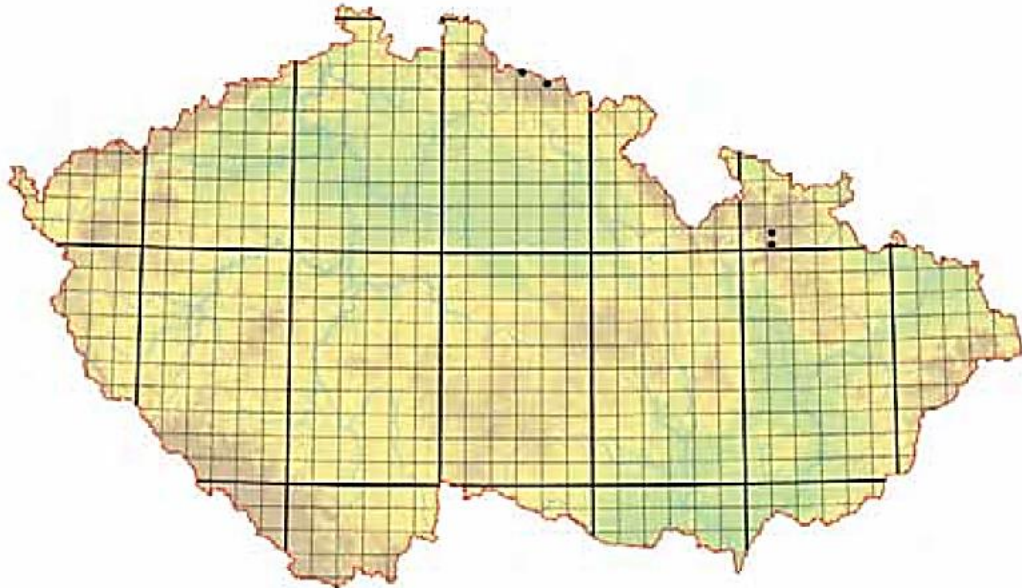
1.3.4 Skalní vegetace sudetských karů

Kategorie biotopů České republiky kóduje tento biotop označením A5. Jedná se o velmi vzácný biotop s rozvolněnými, druhově bohatými květnatými skalními trávníky vyskytujícími se ve skalních štěrbinách, skalnatých svazích SV a JV orientace. Nachází se v karových roklích s pravidelným výskytem lavin i dešťovými splachy, či splachem vody z tajícího sněhu (Sádlo 2010, Kočí 2024). Biotop lze nalézt na území ČR pouze ve Velké Kotlině Hrubého Jeseníku a na několika málo místech v Krkonoších (Velká a Malá kotelní jáma, Čertova rokle, Čertova zahrádka (Lustyk 2009a; Sádlo 2010). Dle Lustyka (2009a) se jedná o biotop s významným zastoupením reliktních a endemických druhů, k jehož ohrožení a disturbancím, v důsledku jeho nepřístupnosti, v současnosti nedochází (Kočí 2024).

Kočí (2024) řadí mezi typické druhy biotopu psineček alpský (*Agrostis alpina*), zvonek okrouhlolistý sudetský (*Campanula rotundifolia* subsp. *sudetica*), kostřavu pestrou (*Festuca versicolor*), svízel severní (*Galium boreale*), prvosenku nejmenší (*Primula minima*), lomikámen vstřícnolistý (*Saxifraga oppositifolia*) a mateřídoušku ozdobnou sudetskou (*Thymus pulcherrimus* subsp. *sudeticus*). Neoendemitem je v karech Krkonoš jeřáb krkonošský (*Sorbus sudetica*) rostoucí v závětrí českých karů, na polské straně pak přísně chráněný lomikámen sněžný (*Saxifraga nivalis*) (Tesařová 2022). Specifickým druhem biotopu je dle Sádla (2010) také hvozdík

pyšný (*Dianthus superbus* subsp. *alpestris*) spatřen autorkou ve Velké Kotelní jámě v červnu r. 2021 (Obrázek 14).

Lichenoflóra skalní vegetace sudetských karů není v současné době zmapována. Autorka publikace ve své bakalářské práci uvádí výskyt řady kriticky ohrožených a vzácných druhů sladkovodních lišejníků v Kotelních jamách Krkonoš (Koudelková 2022). Terestrické druhy však zatím nebyly prozkoumány.



Obrázek 13: Mapa ČR s vyznačenými lokalitami skalní vegetace sudetských karů [přejato z: Chytrý et al. 2010]



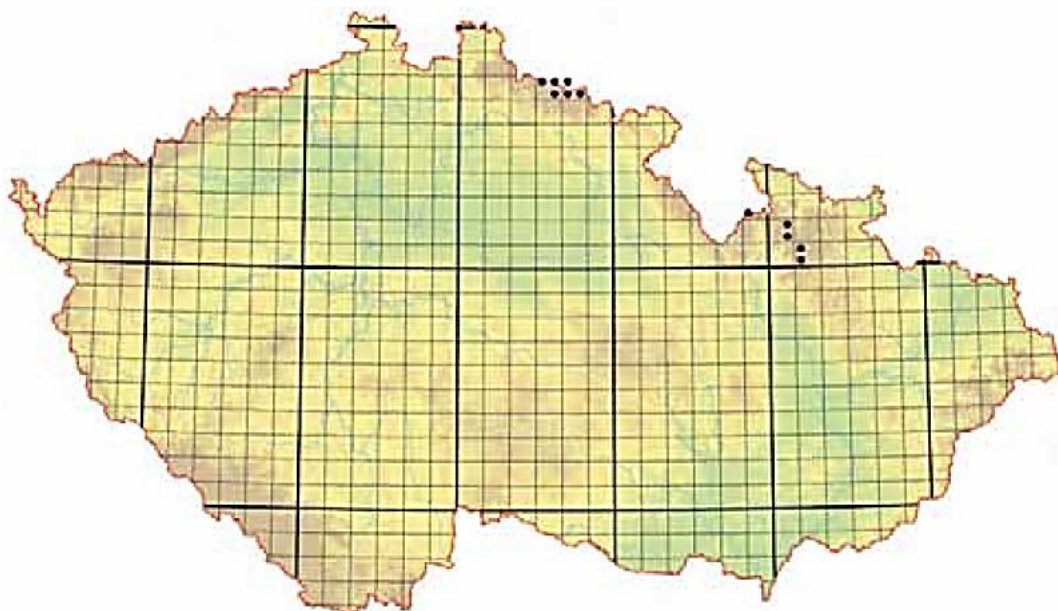
Obrázek 14: Hvozdík pyšný (*Dianthus superbus* subsp. *alpestris*) v Malé Kotelní jámě, červenec 2021 [Autor fotografie: Bc. Bára Koudelková]

1.3.5 Vyfoukávané alpínské trávníky

Úzce vymezený biotop s kódem A1.1 dle Kategorie biotopů České republiky se nachází v hřebenových polohách alpínského stupně. Na našem území tato charakteristika odpovídá vrcholovým plošinám a hřebenům nejvyšších poloh Vysokých Sudet. Biotop lze nalézt na vrcholech i osamělých skalních útvarech jako jsou mrazové sruby a na mělkých, kamenitých, silně vysychavých půdách (Kočí 2010b; Kočí & Kocourková 2024b).

Biotop vytváří mozaikovitě až kompaktní porosty s převahou trsů metličky křivolaké (*Avenella flexuosa*) a kostřavy nízké (*Festuca supina*), které tak rozčleňují biotop na dva podtypy. Vzácně lze nalézt také biotop na vrcholech Krkonoš (Sněžka) s dominantním zastoupením sítiny trojklanné (*Oreojuncus trifidus*). V porostech s kostřavou nízkou (*F. supina*) je dobře vyvinuté mechové patro s 20% pokryvností, které pokrývají lišejníky rodu *Cetraria*, *Cladonia* a *Thamnolia vermicularis*. Porosty s metličkou křivolakou (*A. flexuosa*) pokrývají klimaticky méně extrémní stanoviště s hlubšími půdami a vyšším obsahem živin. Zastoupení lišejníků je menší (Kočí 2010; Kočí & Kocourková 2024b). Biotop je ohrožen sešlapem především v okolí turistických cest a lyžováním při nízké sněhové pokrývce. Dochází také k pozvolným sukcesním změnám, které mohou být zapříčiněny eutrofizací, změnami klimatu a ukončením pastvy v polovině 20. století (Kočí & Kocourková 2024b).

Kočí (2010b) řadí mezi diagnostické druhy tohoto biotopu puklěrku alpínskou (*Cetraria muricata*) a dutohlávku chudobkokvětou (*Cladonia bellidiflora*), puklěrku rourkatou (*Flavocetraria cucullata*), puklěrku sněžnou (*Flavocetraria nivalis*) a šídlovce kůstkovitého (*Thamnolia vermicularis*), které zároveň Wirth, Hauck & Schultz (2013) řadí mezi arcto-alpínské druhy. Kočí (2010b) dále uvádí jako diagnostické druhy puklěrku ostnatou (*Cetraria aculeata*), puklěrku islandskou (*Cetraria islandica*), dutohlávku lesní (*Cladonia arbuscula* s. l.), Ve volných polích vyfoukávaných alpínských trávníků lze nalézt také arcto-alpínské druhy vousatec černavý (*Alectoria nigricans*) a vousatec žlutozelený (*A. ochroleuca*) (Kočí 2010b; Wirth, Hauck & Schultz 2013). Dále nachází Kočí (2010b) v biotopu dutohlávka Floerkeovu (*Cladonia floerkeana*), dutohlávku pohárkatou (*Cladonia pyxidata*), dutohlávku sobí (*Cladonia rangiferina*) a pevnokmínek horský (*Stereocaulon alpinum*), arcto-alpínský druh.



Obrázek 15: Mapa ČR s vyznačenými lokalitami vyfoukávaných alpínských trávníků [přejato z: Chytrý et al. 2010]



Obrázek 16: Trs sítiny trojklanné (*Oreojuncus trifidus*) na vyfoukávaném stanovišti pod Sněžkou, září 2020 [Autor fotografie: Bc. Bára Koudelková].

1.3.6 Druhy potenciálně ohrožené globálním oteplováním

Tundrové pásmo bezlesí je v důsledku globálních klimatických změn ohroženo mnoha faktory, které přímo působí také na reliktní i endemickou lichenofloru. Tématika dopadů globálního oteplování na vzácnou lichenofloru se ve vědeckých kruzích teprve otevírá, již nyní jsou ale dostupné některé velmi znepokojující relace.

Lišejníky velmi citlivě reagují na globální změny klimatu a na veškeré změny využívání půdy. Studie Haucka (2009) zkoumala vliv oteplování na úbytek arkticko-alpínských a boreo-montánních druhů lišejníků. Autoři zjistili, že zmíněné druhy lišejníků z lokality mizely v důsledku opuštění tradičních způsobů hospodaření na půdě, rekreačnímu využívání exponovaných vrcholů a vysokým hladinám SO₂ v polovině 20. století (Liška 2012). V současnosti ubývají také v důsledku globálního oteplování, a to především druhy saxikolní, které nahrazují teplomilnější druhy (Hauck 2009; Liška 2012).

V severských zemích jsou lišejníky primární potravou pro migrující stáda sobů a karibu (Joly, Jandt & Klein 2009). Ve Fennoskandii rostou v rozptýlených vřesovištích, kde se v posledních desetiletích mění početnost a druhové zastoupení cévnatých rostlin. Lišejníky tak ohrožují kromě spásání a sešlapu i změny klimatu a konkurence, na Aljašce také přirozené lesní požáry (Joly, Jandt & Klein 2009; Odland, Sundstøl & Bjerketvedt 2018) či posuny severského zonálního ekotonu (Kovář 2006). Globální oteplování mění teploty severské tundry, což má přímý vliv na rozmrzání permafrostu. Dochází tak ke zpřístupnění rhizosféry pro cévnaté rostliny, které jsou schopnější konkurence, což může vést k ubývání lišejníků (Cornelissen et al. 2001; Odland, Sundstøl & Bjerketvedt 2018). Snížení biodiverzity přímo ovlivní početnost sobů a karibu, kteří jsou obživou a potravou pro venkovský lid na Aljašce (Joly, Jandt & Klein 2009). Problematickým faktorem se také jeví pomalá zpětná obnova lišejníků poškozených přirozenými požáry na Aljašce v důsledku oteplení půdy (Jandt et al. 2008).

Lišejníky slouží v mnoha studiích jako velmi spolehlivé biomonitory změny klimatu (Sancho, Pintado & Green 2019; Aptroot et al. 2021). V přírodním prostředí mají nezastupitelnou funkci, a to zejména v tundře a suchých oblastech, kde dochází ke změnám klimatu, jako ostatně na celé planetě. Lišejníky jsou proto nuceny migrovat, aby si zachovaly své místo v měnícím se klimatu (Mallen-Cooper et al. 2023). Nedávná studie Allen & Lendermera (2016) z Apalačského pohoří ukázala, že je změna klimatu pro horské endemické lišejníky významnou hrozbou, která způsobí v blízké budoucnosti distribuční, druhovou i početní ztrátu horských endemitů (Allen & Lendermer 2016).

Globální oteplování se projevuje také zvyšujícím se množstvím dopadajícího UV záření na povrch planety. Neregulované záření dle výzkumu Chowdhuryho, Solhauga & Guaslaa (2017) nepříznivě ovlivňuje rychlost růstu některých lišejníků, jako např. puklěřku islandskou (*Cetraria islandica*) rostoucí kromě severské tundry i v pásmu Krkonošského bezlesí (Chowdhury, Solhaug, & Gauslaa 2017). Alarmující

souvislost prokázala studie Janoucha et al. (2018) prezentující průkazné výsledky zvyšování dopadajícího UV záření v jarních a letních měsících z měřicí stanice na Labské boudě v letech 2004-2012. Potenciálního ohrožení početnosti lišejníků krkonošských alpínských vřesovišť v důsledku změny klimatu se obává také přední český lichenolog, RNDr. Josef Halda, Ph.D., který dlouhá léta monitoruje stavy lichenoflóry v Krkonošském národním parku. Potvrzuje tak trend ubývání lichenoflóry v alpínských vřesovištích monitorovaný týmem Odland, Sundstøl & Bjerketvedt (2018) ve Skandinávii (Halda 2024b).

1.4 RVP a alpínské bezlesí

RVP tvoří celostátní závazný rámce učiva předškolního, základního, základního uměleckého i středního vzdělávání. V České republice byl zaveden zákonem č. 561/2004 Sb. (Národní ústav pro vzdělávání s. a. A). Jedná se o obecný dokument, na jehož základě si každá škola tvoří vlastní školní vzdělávací program (ŠVP). RVP je členěn do osmi vzdělávacích oblastí, přičemž oblast záměru této práce je vzdělávací oblast Člověk a příroda obsahující předměty jako fyzika, chemie, biologie, geografie a geologie. RVP dále nabízí také rozvíjení klíčových kompetencí (KK), kterých je sedm (*kompetence k učení, řešení problémů, komunikativní, sociální a personální, občanská, k podnikavosti a digitální*) a cílí tak na osobní rozvoj jedince, rozvoj jedince v rámci společnosti a budoucí uplatnění v životě. Ve výstupu této práce, tedy Krkonošském herníku, byla maximální snaha o naplňování co největšího počtu z KK (Balada et al. 2007).

RVP neobsahuje konkrétní pojmy, které se žák má naučit, třídí ale témata a kapitoly do vzdělávacích oblastí a průřezových témat, která jasně vymezují obecný rámec probíraného učiva. Pojmy jako „alpínské bezlesí“, „glaciální relikt“ nebo „endemický druh“ tedy v RVP nelze nalézt. Pojmy jako „klimatická změna“ a „globální oteplování“ však je možné v dokumentu nalézt. Tyto pojmy přináležejí k průřezovému tématu *Environmentální výchova*, které je považováno za aktuální a prochází jako důležitý formativní prvek celým vzděláváním, proto jsou považována za povinnou součást gymnaziálního, ale i základního vzdělávání (Balada et al. 2007).

V této práci a výsledném pedagogickém materiálu je nejvíce odkazováno na RVP G (Rámcový vzdělávací program pro gymnázia) a RVP GSP (Rámcový vzdělávací program pro gymnázia se sportovní přípravou), které se environmentálním obsahem a skrze požadavky k výuce biologie neliší.

1.5 EVVO

Environmentální vzdělávání, výchova a osvěta (EVVO) je preventivní nástroj politiky životního prostředí i vzdělávání, který si klade za cíl rozvíjet kompetence, postoje a znalosti nezbytné k environmentálně odpovědnému jednání v osobní, občanské i profesní rovině (Broukalová et al. 2011; Ministerstvo životního prostředí s. a. A). Společné pro veškeré environmentální vzdělávání je zaměření na osobně relevantní a smysluplné informace a používání aktivních a poutavých vyučovacích

metod (Monroe et al. 2019) díky kterým EVVO rozvíjí 5 kompetencí vedoucích k budování environmentálně odpovědného jednání: vztah k přírodě, vztah k místu, ekologické děje a zákonitosti, environmentální problémy a konflikty, připravenost jednat ve prospěch ŽP (Broukalová et al. 2011).

Hlavním garantem EVVO je v ČR Ministerstvo životního prostředí (MŽP), které směřuje své zájmy do veřejné správy, škol, výzkumných institucí, ekologických center a dalších poskytovatelů EVVO k tvorbám metodik, finančních programů, informativních a osvětových akcí pro veřejnost a podpoře středisek ekologické výchovy a environmentálních poraden (Ministerstvo životního prostředí s. a. A). MŽP se snaží motivovat také rodiny k pobytu v přírodě a budování vztahu k ní. Čas strávený ve venkovním prostředí se v současnosti redukuje ve prospěch času stráveným v digitálním světě u dětí i dospělých. Přitom kontakt s přírodou dle Daniše (2016) snižuje rozvoj nadváhy a obezity, rozvíjí hrubou motoriku, snižuje výskyt většiny onemocnění, přispívá k delšímu životu a zvyšuje fungování imunitního systému.

K naplňování EVVO motivuje také školy prostřednictvím Rámcového vzdělávacího programu (RVP), kde má vlastní průřezové téma v podobě environmentální výchovy, kterou na školách mohou vykonávat certifikovaní koordinátoři EVVO a vedení škol (Balada et al. 2007). Školy MŽP vnímá jako velmi vhodné prostředí k vykonávání EVVO a snižování uhlíkové stopy, protože mají potenciál vzdělávat, ovlivňovat, aktivně zapojovat a motivovat širokou část veřejnosti (Ministerstvo životního prostředí s. a. A).

Metodám předávání informací v oblasti globálního oteplování a klimatické změny se věnují některé specializované neziskové organizace. Například středisko ekologické výchovy SEVER sídlící přímo v Krkonoších v Horním Maršově (sever.ekologickavychova.cz), dále školská zařízení pro environmentální vzdělávání na Šumavě LIPKA (lipka.cz) či v Brně ekologický institut VERONICA (veronica.cz).

Praktická část

2 Metodika

2.1 Analýza vybraných učebnic biologie pro střední školy

Pro úplné pochopení důležitosti ochrany Krkonošského národního parku žáky středních škol byly analyzovány žákům na trhu běžně dostupné učebnice biologie pro střední školy a gymnázia. Pozornost byla zaměřena především na vyhledávání pojmů a kapitol na následující témata:

10. Pásmo bezlesí
11. Ochrana národních parků
12. Reliktní a endemické druhy
13. Globální oteplování
14. Klimatická změna

2.2 Propojení tématu s EVVO

Na základě literární rešerše aktuálních zdrojů v oblasti globálního oteplování a klimatických změn, krátkého představení EVVO a analýzy RVP a dostupných učebnic biologie byly použity informace ke tvorbě metodických listů využitelných v hodinách biologie. Jednotlivé hry, činnosti a aktivity byly vymyšleny tak, aby naplňovaly cíle EVVO, podporovaly plnění průřezových témat a učení se klíčovými kompetencím pro RVP G + RVP GSP a motivačně působily na účastníka aktivit. Aktivit na téma globální oteplování a klimatické změny bylo využito minimum z důvodu dobré dostupnosti poutavých aktivit některých ekologických center (Lipka.cz, veronica.cz, SEVER), téma se však celým herníkem promítá ve většině následujících aktivit.

2.3 Tvorba materiálů do výuky biologie

Jednotlivé činnosti, aktivity nebo hry zahrnuté do výstupního materiálu jsou přímo navazující či inspirované tématem diplomové práce. Materiály se řídí základními didaktickými postupy a dotýkají se principů badatelsky orientované výuky, zážitkové pedagogiky, místně zakotveného učení a EVVO, které velmi usnadňují učení se environmentální odpovědnosti.

Pro tvorbu materiálu byla využita široká škála webových platforem a programů, které napomohly grafické i technické stránce herníku. QR kódy byly vygenerovány přes webovou platformu QR.io. Pro tvorbu kvízových otázek bylo využito prostředí Učebny Google, ve které byly sestaveny jednotlivé úkoly do Google Forms. Grafická stránka deskové hry Boj na Krkonošských vřesovištích a plakátku puklěrky islandské byla vytvořena pomocí Canvy, online platformy pro grafický design. Pro převod PDF souborů do formátu JPEG bylo využito webové prostředí PDF24.tools. Úniková hra byla umístěna do prostředí Google Prezentace. Z Google

prezentací byly pomocí vnitřně umístěných objektů využity odkazy na jiné webové stránky (herní prostředí learningapps.org a flippity.net), které mají žáka přeměřovat do prostředí vhodného k procvičování. Grafická úprava fotografie a její převod do abstrakce byla provedena v programu photopea.com. A pro textové, tabulkové a jiné jednoduché úpravy celého krkonošského herníku byl využit Microsoft Word.

2.3.1 Tvorba motivačního materiálu – malba

Součástí praktické části diplomové práce bylo zhotovení malovaného obrazu s názvem *Alpínské vřesoviště KRNAPu*, který je koncipován jako motivační prvek k podpoře výstupního materiálu, Krkonošského herníku. Obraz byl malován dle fotografické předlohy na bílé plátno o rozměrech 40x40 cm akrylovými barvami v průběhu července až září roku 2023. Použity byly štětce ploché, tenké kulaté a tzv. linery (velmi tenký štětec s dlouhým vlasem), kterými byly barvy nanášeny tahem a čárkovou technikou.

2.3.2 Tvorba ilustrovaných objektů – kresba a její digitalizace

Ilustrované objekty využitě ve výsledném materiálu byly nejprve nakresleny obyčejnou tužkou na čtvrtku a poté vybarveny akrylovými pastelkami. Kresby byly posléze nafotografovány, nahrány do programu Microsoft Word a dále upravovány v tomto prostředí. Některé z použitých kreseb autorka využila již při tvorbě bakalářské práce, objevují se proto také v ní, případně ve výstupním materiálu bakalářské práce – Atlasu sladkovodních lišejníků krkonošských Kotelních jam, na který je odkazováno také v aktuálním výstupním materiálu.

2.3.3 Použité didaktické formy a metody

Ke tvorbě materiálů byly zvoleny organizační formy výuky následujících typů: individualizovaná, hromadná a frontální, projektová (skupinová, třídní i školní), diferencovaná, skupinová a kooperativní i týmová.

Z metod výuky dle Maňáka (1990) byly využity metody následující:

- a) Z hlediska pramene poznání a typu poznatků, didaktického aspektu: metody slovní (monologické, dialogické, metody práce s knihou), názorně demonstrativní (pozorování předmětů a jevů, předvádění modelů, předmětů a činností, demonstrace obrazů statických), praktické (nácvik pohybových dovedností, pracovní činnosti a grafické a výtvarné činnosti).
- b) Z hlediska aktivity a samostatnosti žáků, psychologického aspektu: metody sdělovací, samostatné práce žáků, badatelské a výzkumné.
- c) Z hlediska myšlenkových operací, logického aspektu: postup srovnávací a analyticko-syntetický.

3 Výsledky

3.1 Analýza učebnic biologie pro střední školy

Z analýzy běžně dostupných učebnic bylo zjištěno, že hledané pojmy se pohromadě vyskytovaly pouze ve dvou učebnicích (Příloha 1), nikoli však v doslovném znění.

Nejkomplexnější učebnicí je z pohledu analyzovaných pojmů **Ekologie pro gymnázia** (Šlégl, Kislínger & Laníková 2002) vysvětlující či zmiňující všechny hledané pojmy. Učebnice **Biologie pro gymnázia** (Zicháček & Jelínek 2013) neobsahovala pojem „pásma bezlesí“ a **Biologie rostlin** (Kincl, Kincl & Jarklová 2008) neobsahovala pojem „globální oteplování“. Zmíněné tři učebnice jsou strukturovány do odstavců s chronologicky uspořádaným textem dostačujícím pro účely samostudia či doplňujícího čtení pro žáky středních škol a gymnázií.

V učebnici **Biologie v souvislostech 1** (Šíma 2023) nebyly nalezeny kapitoly o ochraně národních parků a pojmy „endemický druh“ a „reliktní druh“ – zbylé pojmy vysvětluje ve vhodných spojitostech s netypickými tématy na dvoustránkových kapitolách plných zajímavostí a obrázků.

Ekologie a životní prostředí (Červinka 2020) je strukturována do chronologicky uspořádaných kapitol se snadno pochopitelným textem. Z hledaných pojmů neobsahuje pojmy: „endemický druh“, „reliktní druh“ a „globální oteplování“. Pojem „pásma bezlesí“ je zmíněno v textu nepřímo.

Učebnice **Biologie v kostce** (Hančová & Vlková 2008) je strukturována do bodových a heslovitých zápisků uzpůsobených pro potřeby žáků maturujících z biologie. Z hledaného výčtu pojmů obsahuje pouze kapitolu o ochraně přírody a krajiny, ve které je také zahrnut pojem globálních změn klimatu.

Všechny učebnice obsahovaly hledané pojmy v kapitolách vzdáleně příbuzných, které tak neumožní žákům propojení tématu do souvislostí. Pojmy jako „*globální oteplování*“ a „*klimatická změna*“ nebyly obsaženy ve všech učebnicích, ač se jedná o aktuální a naléhavé téma, které svou aktuálností přesahuje rok vydání všech učebnic. Pojem „*pásma bezlesí*“ byl zjištěn ve většině učebnic, neobsahoval však podrobnější vysvětlení toho, co se v pásmu bezlesí nachází. Pojmy „*glaciální reliktní*“ a „*endemický druh*“ byly zjištěny v polovině zkoumaných materiálů.

S přihlédnutím k naléhavosti tématu globálního oteplování a klimatických změn působících na nejcennější chráněné oblasti byl vytvořen doplňující materiál v podobě Krkonošského herníku. Ten by měl účastníkům aktivit připomenout důležitost ochrany nejcennějších chráněných oblastí Vysokých Sudet ohrožených kromě globálního oteplování také neukázněným chováním turistů. Do herníku byly proto zařazeny aktivity různých typů včetně tématu klimatické osvěty, které jsou stavěny vyjma běžných hodin biologie také pro terénní exkurze. Využití najde především v regionálních školách Krkonoš a Podkrkonoší, ale také v hostujících školách navštěvujících Krkonošský národní park. Některé aktivity se kromě

školských ústavů dají využít v rámci osvětových a vzdělávacích akcí pro širokou veřejnost turisticky navštěvující Krkonošský národní park, ale také v neziskových organizacích specializovaných na environmentální a ekologickou výchovu, jakým je například Středisko ekologické výchovy SEVER s pobočkami v Horním Maršově.

3.2 Arkto-alpínské lišejníky ohrožené klimatickou změnou

Jak již bylo popsáno výše v rešerši (1.3.6 Druhy potenciálně ohrožené globálním oteplováním), arkto-alpínské lišejníky jsou vystaveny mnoha faktorům negativně ovlivňující jejich výskyt v lokalitě. Posun vegetační stupňovitosti (Kovář 2006) a zvýšený výskyt cévnatých rostlin může vést k úbytku lišejníků, především terikolních a saxikolních (Odland, Sundstøl & Bjerketvedt 2018; Hauck 2009). Saxikolní lišejníky mají dle Rodrigueze et al. (2017) možnost migrovat do vyšších nadmořských poloh, ve kterých mohou najít své ekologické optimum (Rodriguez et al. 2017; Mallen-Cooper et al. 2023). V Krkonošském národním parku však tuto možnost nemají z důvodu relativně nízkých nadmořských výšek. Tyto druhy jsou proto v Krkonoších změnami druhové diverzity o mnoho ohroženější než na jiných lokalitách. Označit druh za reliktní či arkto-alpínský lišejník, aby podléhal přísnější ochraně, není jednoduchá cesta z důvodu nedostatku přímých důkazů nebo jejich nejasnosti směrem k výskytu druhu v historii (Dítě et al. 2018). Výzkumy jsou v tomto oboru založené na dlouhodobém pozorování, v současnosti je proto k problematice dostupné pouze omezené množství zdrojů a informací a nelze se dopátrat konkrétních druhů, které jsou klimatickou změnou skutečně ohroženy.

3.3 Metodický materiál k exkurzím či do hodin biologie



Hlavním hmotným výsledkem diplomové práce je 60ti stránková didaktická knížka Krkonošský herník, který obsahuje 15 her, činností či aktivit využitelných kromě hodin biologie a terénních exkurzí také v hodinách výtvarné výchovy, informatiky, zeměpisu, tělesné výchovy či výchově ke zdraví. Herník je stavěn na cílech RVP G (RVP GSP) a v celkovém pohledu rozvíjí všechny klíčové kompetence formulované RVP pro gymnázia. Dotýká se všech vzdělávacích oblastí a působí na všechna průřezová témata. Uplatnění najde přednostně u učitelů čtyřletých a víceletých gymnázií, lektorů ekologické výchovy, instruktorů přírodovědných kroužků, vhodný je ale také pro učitele druhého stupně či pedagogy vysokých škol.

Z důvodu obsáhlosti tématu bylo nutné materiál zpracovat pouze z povrchových informací diplomové práce, které budou pro účely výuky na gymnáziu i tak nadstavbou. Téma globální oteplování a klimatická změna je proto zastoupeno v herníku pouze dvěma aktivitami – promyšlené a poutavé aktivity na tato témata totiž vydávají neziskové organizace zabývající se ekologickou výchovou, vzděláváním a osvětou (např. Lipka, SEVER a Veronica.cz).

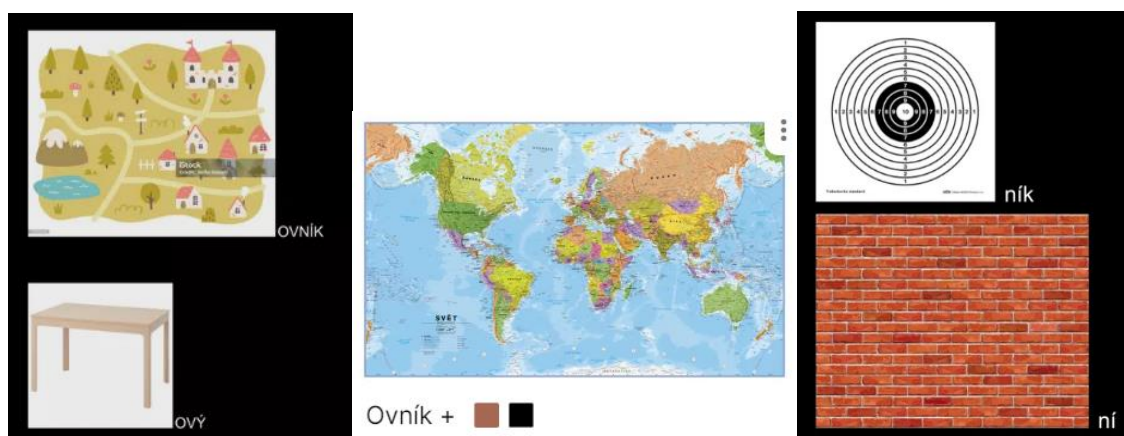
Použitím inovativních metod vycházejících ze zážitkové pedagogiky, badatelsky orientované výuky a EVVO však herník maximálně zefektivňuje proces učení a podporuje budování pozitivního vztahu k tématu.

Svémi nároky na množství pomůcek a jejich cenovou dostupnost patří mezi méně náročné. Časovou náročností se většina aktivit dá zařadit do běžné 45minutové vyučovací hodiny, některé jsou však náročnější na průběžnou práci (aktivita: „Licheno-Bylinkárium“, „Sochaři, sochařky, sochařčata“, „Týdny tundry kolem nás“, „Biotopy v květináči“, Krkonošské hřbety na dotek“ a terénní podoba aktivity „Mizející lesy a plavení dříví“).

Příkladem krátké aktivity využití v Krkonošském herníku je např. Šifro(lišejníko)vačka (Obrázek 17) podporující kreativitu a zapamatování pojmu, se kterým žák po dobu dané aktivity pracuje. Aktivita není časově náročná, limitující však může být zajištění dobrého internetového připojení žákům, pakliže jej škola žákům neposkytuje. K odevzdání výsledků bylo zvoleno prostředí Padlet, které umožňuje snadné nahrávání výsledků bez nutnosti předchozí registrace se vstupem pouze přes webovou stránku nebo QR kód. Žáci tak rozvíjí klíčové kompetence na úrovni schopností a dovedností, ale i charakterových vlastností.

Kapitola: LICHENIZOVANÉ HOUBY (LIŠEJNÍKY)			
Čas ⌚ 15 min	Obtížnost 1 2 3 4 5	Určeno pro ZŠ SŠ VŠ	Pomůcky 📱 🖥️ 📺 📡
10. Šifro(lišejníko)vačka			
Šifrování názvů lišejníků, práce s Padletem			
Cíle:	Motivace k výuce tématu lichenologie zábavnou a hravou formou s názvy lišejníků. Podpora digitálních a jazykových kompetencí, spolupráce a kreativity.		
Průřezová témata:	Osobnostní a sociální výchova, Environmentální výchova, Mediální výchova		
Kapitoly dle RVP:	Biologie: biologie hub; Český jazyk a literatura: jazyk a jazyková komunikace; Informatika a informační a komunikační technologie: zpracování a prezentace informací		
Klíčové kompetence:	K učení, řešení problémů, komunikativní, sociální a personální, k podnikavosti		
Pomůcky:	Atlas Krkonošských lišejníků, mechorostů a hub (Halda, Kučera, Koval 2016) nebo Atlas sladkovodních lichenizovaných hub Krkonošských kotelních jam (Koudelková 2022)		
Vhodnost zařazení:	Před probráním teoretické části lichenologie		
Popis aktivity:	V učebně: Žák pracuje na telefonu, tabletu nebo počítači. V atlasech najde jeden rod či druh lichenizované houby, který libovolným způsobem zašifruje (přesmyčky písmen, graficko-písmenná podoba – viz Řešení). Svou šifru poté sdílí ostatním spolužákům na Padlet, kteří v komentářích hádají, o jaký druh se jedná.		
Návodné otázky:			
Příklad řešení:	Duto  ovka 		
Poznámky, dodatky:	Zdroje obrázků: https://purepng.com/public/uploads/large/purepng.com-cabbagecabbagevegetablesgreenfoodcalenonesense-481521740200e5vca.png https://pngfre.com/wp-content/uploads/Rope-14-1024x903.png		

Obrázek 17: Ukázka metodického listu k aktivitě Šifro(lišejníko)vačka, která podporuje kreativitu žáků a usnadňuje zapamatování vybraného lišejníkového druhu [Zdroj obrázku: Bc. Bára Koudelková].



Obrázek 18: Vybraná řešení aktivity z pohledu žáků tercie Gymnázia a Střední odborné školy pedagogické z Nová Paky odevzdaných 12.4.2024 do prostředí Padlet [Zdroj obrázků: vlastní archiv].

3.4 Motivační objekt – malba

Dalším hmotným výsledkem práce je malba Alpínské vřesoviště KRNAPu (Obrázek 19). Obraz byl využit jako motivační prvek pro aktivitu „Umění z Krkonoš“, která soustředí pozornost na přítomný okamžik a přírodu kolem nás skrze umělecké aktivity. Dále byl použit jako pozadí pro tvorbu deskové hry a jejích pravidel u aktivity „Vřesoviště jako škodlivá krása“, jejíž hlavním cílem je seznámit žáky s mezidruhovou konkurencí v nejvyšších polohách Krkonoš a faktory, které vstupují do mezidruhových vztahů pukléřky islandské (*Cetraria islandica*) a vřesu obecného (*Calluna vulgaris*). Obě aktivity zprostředkovávají účastníkům prožitek, a díky tomu také maximální efektivitu při budování vztahu k přírodě a učení.



Obrázek 19: Fotografie obrazu *Alpínské vřesoviště KRNAPu* z roku 2023. [Autor obrázku i malby: Bc. Bára Koudelková].

Diskuse

Z dostupných zdrojů byly zjištěny hrozby blízké budoucnosti, které svým původem nemají v historii obdoby. Atmosférický CO₂ je v současnosti na úrovních, které byly pozorovány asi před čtyřmi miliony let, v epoše pliocénu (Crowley 1996; Lenton et al. 2019). Rychle směřuje k úrovním, které byly naposledy pozorovány před asi 50 miliony let – v eocénu – kdy teploty byly až o 14 °C vyšší než v předindustriálních dobách (Crowley 1996; Hernández et al. 2020). Zjištěné údaje byly prokazovány nepřímými metodami pomocí proxy dat, jejichž spolehlivost závisí na velkém množství dalších faktorů, avšak dají se považovat za vysoce přesné (Moberg et al. 2005; Paul & Schäfer-Neth 2005; Wilson et al. 2010). Porozumění vědeckému jazyku však může veřejnosti stěžovat schopnost pochopit kontext problému (Boudinot & Wilson 2020), který pak může vést ke tvorbě falešných představ o globálním oteplování ze strany běžné veřejnosti (Marlon et al. 2019). Z téhož pohledu může být také obtížné přijmout nezbytné adaptace na globální oteplování, jež u mnohých lidí vyvolávají úzkost, nevoli až agresi (Doherty & Clayton 2011; Niceforo 2022). Adaptace na měnící se klima by měla přinášet dlouhodobě udržitelné strategie pro budoucnost, na které reaguje i evropský soubor politických iniciativ Zelená dohoda (*Green Deal*) (Rada Evropské unie 2024). Tato strategie však vyvolává kontroverze, v současnosti nejen v řadách zemědělců, kteří se obávají dopadů Green Dealu na jejich fungování (Wrzaszcz & Prandecki 2020; Fayet et al. 2022; Boix-Fayos & de Vente 2023; Zemědělský svaz České republiky 2024). Tyto obavy vyústily 22.2.2024 v protestní akci poukazující na vážnost problematiky a nutnost hledání kompromisů mezi ochranou životního prostředí a zájmy zemědělského sektoru (Zemědělský svaz České republiky 2024). I proto je také velmi důležitá efektivní edukace široké veřejnosti, která dopomůže hladšímu průběhu adaptaci na klimatickou změnu (Monroe et al. 2019).

Na globální oteplování a klimatickou změnu ovšem může být zajímavé pohlédnout také z úhlu potenciálních benefitů globálního oteplování. Kupříkladu u ještěrky živorodé (*Lacerta vivipara*) byl v horách jižní Francie zjištěn dramatický vzrůst velikosti těla, a tím i snůšky, za posledních 18 let přičítaný právě globálnímu oteplování (Chamaillé-Jammes et al. 2006). Dalším zajímavým poznatkem může být pozitivní vliv klimatické změny na růst rýže na Madagaskaru, která dle autorů může dopomáhat sytit celosvětově vzrůstající lidskou populaci. Autoři však v závěru uvádí také dodatek, že tento způsob hospodaření je dlouhodobě neudržitelný (Gerardeaux et al. 2012). Je tedy vysoce pravděpodobné, že pozitiva klimatických změn a globálního oteplování budou zastíněny četnými a dostatečně závažnými negativy, kterým má člověk, respektive celá planeta, v blízké budoucnosti čelit (Kirschbaum 2000; Gerardeaux et al. 2012; Rodrigues do Nascimento 2023).

Další rešeršní část práce byla věnována arкто-alpínským lišejníkům v krkonošské tundře a biotopům s výskytem těchto organismů. Z dostupných zdrojů bylo zjištěno, že nejčastěji vyskytujícími se druhy arкто-alpínských lišejníků v průřezu všech

biotopů byly vousatec žlutozelený (*Alectoria ochroleuca*), puklěřka alpinská (*Cetraria muricata*), puklěřka rourkatá (*Flavocetraria cucullata*), puklěřka sněžná (*Flavocetraria nivalis*) a dutohlávka chudobkovečtá (*Cladonia bellidiflora*) (Chytrý et al. 2012). Další druhy arкто-alpínských lišejníků nebyly pro malé množství publikovaných zdrojů zjištěny. Pozornost byla věnována také lišejníkům nejvyšších poloh z pohledu jejich ohroženosti globálním oteplováním a klimatickou změnou. Dostupné zdroje potvrdily, že jsou lišejníky na změny klimatu a teplot vysoce citlivé a reagují na nastalou situaci svým ústupem z lokality (Hauck 2009; Liška 2012; Sancho, Pintado & Green 2019; Aptroot et al. 2021). Tyto změny již intenzivně zaznamenávají vědci v severské tundře (Nash & Olafsen 1995; Lang et al. 2012; Odland, Sundstøl & Bjerketvedt 2018). Faktory, které ovlivňují úbytek lišejníků v dané lokalitě však nemusí mít pouze charakter globálního oteplování a klimatických změn. Před začátkem éry globálního oteplování ubývaly z lokalit také v důsledku změn hospodaření na vřesovištích, kyselých dešťů, zvýšenému rekreačnímu využití prostoru (Hauck 2009) nebo vlivem biotických faktorů, jakým je druhové složení cévnatých rostlin na lokalitě (Cornelissen et al. 2001; Mod et al. 2016). Získané poznatky diplomové práce reflektují potřebu dalších výzkumů pro pochopení komplexních mechanismů úbytku arкто-alpínských lišejníků v Krkonoších i mimo ně. Diplomová práce tak otevírá prostor pro hlubší studium vlivu globálního oteplování a klimatické změny na tuto úzce specifickou lichenofloru.

Poslední část teoretické oblasti práce se zaměřila na vyhledávání alpínského bezlesí v souvislosti s globálním oteplováním v Rámcovém vzdělávacím programu pro gymnázia (RVP G) a v Rámcovém vzdělávacím programu pro gymnázia se sportovní přípravou (RVP GSP). V krátkosti byl také představen přístup EVVO.

Cíle dané diplomovou prací byly naplněny **tvorbou metodického materiálu** určeného širokému spektru edukátorů. Zohledněny byly především cíle RVP G (RVP GSP), na jehož žáky je tato diplomová práce cílena. Cíle Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání (RVP ZV) jsou ve výsledném materiálu zahrnuty pouze okrajově, dostatečně zevrubně je shrnuje práce Ranoše (2021). Rámcový vzdělávací program pro střední odborné vzdělávání (RVP SOV) do práce nebyl zahrnut, jelikož je rozčleněn na velmi různorodé podobory s nestejnou časovou a obsahovou dotací environmentálně orientovaných hodin. Všechny obory RVP SOV se shodují v průřezovém tématu Člověk a životní prostředí. Hodiny biologie však obsahují v širším pojetí pouze některé obory – vodař, rybář, včelař, zahradník (Národní ústav pro vzdělávání s.a. B), které však nemusí být na daných školách vyučovány přímo v předmětech biologie. Výsledný materiál může ale najít využití i v hodinách ekologického (environmentálního) vzdělávání na negymnaziálních středních školách, ač v tomto směru poskytuje práce Ivičičové (2021) znepokojující výsledky o různorodých environmentálních znalostech gymnaziálních žáků. Ti mají nejvyšší počet hodin biologie ze všech nabízených středoškolských oborů, materiál byl proto orientován převážně na žáky těchto typů

škol, ne jiných kvůli různorodým hodinovým kapacitám a potenciálně i znalostem žáků středních odborných škol.

Krkonošský herník je svou šíří obsažených aktivit a svými zaměřením jedinečným uceleným materiálem, některé aktivity však nachází podobnosti s aktivitami jiných prací. Globální oteplování je zahrnuto v kapitole „KLIMATICKÉ VZDĚLÁVÁNÍ“, jemuž se věnuje také práce Hamplové (2022), která pomocí deskové hry *Nakup to!* představuje žákům druhého stupně základního vzdělávání udržitelnější způsob nakupování. Tématu bezlesí byla věnována kapitola „BIOTOPY KRKONOŠSKÉ TUNDRY“, jemuž se věnuje také diplomová práce Markové (2010) využitím her, soutěží a pracovních listů pro první stupeň. Lišejníky, a to nejen arкто-alpínské, jsou do herníku zapracovány do kapitoly „LICHENIZOVANÉ HOUBY (LIŠEJNÍKY)“. Materiálů s lichenologickými náměty vzniká v posledních letech větší množství. Výstup práce Gajdošové (2022) zpracovává v celé didaktické šíři téma lišejníků a hub pro střední školy, a to včetně vlastních námětů praktických a laboratorních aktivit. Práce Těthalové (2023) propojuje lišejníky krkonošské tundry a Faerských ostrovů s didaktickým materiálem určeným žákům středních škol. Aktivita č. 12. (*Licheno-Bylinkárium*) je využitím materiálu a motivační metody podobná aktivitě „Příprava čaje z puklěřky islandské (*Cetraria islandica*)“ navržené Rýznarovou (2023) pro žáky středních škol. Využití deskové či únikové hry pro výuku lichenologie na středních školách je zatím zcela unikátní, stejně tak využití reklamy či modelování reliéfu a lišejníků.

Některé aktivity využití v Krkonošském herníku byly také odzkoušeny na Gymnáziu a Střední odborné škole pedagogické v Nové Pace. Aktivity byly vyzkoušeny na žácích tercie (8. třída) a primy (6. třída). Žáci tercie si vyzkoušeli aktivity č. 10. *Šifro(lišejníko)vačka* a 13. *Utečeš před Krakonošovými vousy?*. Na obě aktivity reagovali velmi pozitivně, aktivně spolupracovali a při zpětné vazbě k aktivitě udávali podnětné komentáře k případnému vylepšení aktivity. Z pozice pedagoga bych však tuto aktivitu v běžné hodině na základní škole či nižším víceletém gymnáziu již nezařadila, protože měli někteří žáci problém s identifikací specifických názvů lišejníků, se kterými neměli zatím možnost se setkat. Plnění aktivity jim také zabralo poměrně dlouhou dobu, což by pro běžné potřeby hodin biologie bylo z dlouhodobějšího kontextu limitující. Aktivitu tedy v budoucí praxi plánuji využívat spíše po probrání kapitoly o lišejnících až na vyšším gymnáziu. Aktivita č. 10 však byla pro žáky velmi snadná a někteří z nich vytvořili do prostředí Padletu velmi hodnotné a dobře promyšlené šifry lišejníků (Obrázek 18). Tuto činnost naopak budu se žáky velmi ráda využívat, protože nestaví na předchozích hlubších znalostech žáků v oblasti lichenologie. Žáci primy měli možnost vyzkoušet si upravené podoby aktivit č. 1. *Příběh Hanče a Vrbaty* a č. 14. *Lišejníky Krkonošských (alpínských) skal a drolin*. Aktivita č. 1 byla pro některé žáky velmi jednoduchá, pro jiné spíše humornou vsuvkou. Některé žáci velmi dobře porozuměli kontextu a dokázali přijít na vhodné řešení situace, jiní řešili problém spíše vymyšlením řešení podle jejich fantazie a humoru. Aktivitu je proto vhodné zařadit až ve vyšších

třídách, případně na střední škole. Aktivita č. 14 byla upravena do prostředí Jírových sadů v Nové Pace, které se nachází nedaleko budovy školy. Zadání pro žáky znělo: „Nalezněte lišejník na hornině či minerálu nebo na stromě a pokuste se mi jej jakýmkoli způsobem prodat.“ S tímto zadáním byli žáci natolik spokojeni, že ve velkém fotografovali, natáčeli videa a vymýšleli reklamní bannery, kterými by upoutali pozornost na jejich lišejníkovou stélku. V závěru aktivity si vzájemně veškeré své výsledky předvedli a velmi se pobavili.

Vzhledem ke specifičnosti tématu a velmi úzkému zaměření (alpínské bezlesí, arktóalpínské lišejníky) byl do Krkonošského herníku vybrán obsah učiva, který staví na propojování informací a mezipředmětových vztazích. Časová kapacita na externí či rozšiřující aktivity v hodinách biologie bývá velmi omezená, v praxi se často nestíhají probrat všechna témata daná tematickými plány, a ta se pak přenáší do dalšího školního roku. Autorka proto Krkonošský herník plánuje využít především jako motivační prvek v běžných hodinách a v budoucích přírodovědných kroužcích. Také by jej nabídla Středisku ekologické výchovy SEVER s pobočkami v Horním Maršově a Hradci Králové, se kterými by tím ráda navázala spolupráci. Směrem ke svým budoucím (i aktuálním) žákům si prostřednictvím práce klade ambiciózní cíl. A to v dlouhodobém horizontu motivovat žáky k věnování času málo prozkoumaným skupinám organismů, lásce k české horské přírodě a k nalézání naděje v udržitelnou budoucnost.

Závěr

Největší podíl diplomové práce tvoří kapitola o globálním oteplování a klimatické změně, kterou autorka považuje za aktuálně ohrožující jev přírody i člověka. Z tohoto důvodu bylo formou rešerše vytvořeno shrnutí nejnovějších poznatků v oblasti globálního oteplování a klimatických změn, které má upozornit na aktuální i budoucí problémy, ale nabídnout také potenciální udržitelné a ekologické cesty pro společnost či jedince. Problematika dopadů globálního oteplování a klimatické změny byla zmapována také z pohledu vlivu těchto jevů na ohroženou lichenofloru Krkonošského národního parku. Bylo zjištěno, že literatura zkoumající vlivy globálních změn přímo na arкто-alpínskou lichenofloru Krkonoš není k dispozici, pravděpodobně z důvodu nutnosti dlouhodobých pozorování a nedostatku lichenologů v minulosti. Zdroje však potvrzují ubývání i jiných ohrožených lišejníků v důsledku stoupající globální teploty a změn klimatu v alpínském bezlesí Krkonoš. Biotopy pásma bezlesí jsou ve Vysokých Sudetech také málo probádané. Práce by měla proto posloužit také k reflektování nedostatku zdrojů ke vztahu globálního oteplování na arкто-alpínskou tundru a její lišejníky a potřebě dalších výzkumů.

Tato diplomová práce se však globálnímu oteplování a klimatické změně věnuje z celkového pohledu vědění o problematice spíše povrchově, rozsah diplomové práce by na rešerši všech dostupných zdrojů nestačil. Nabízí ale pohled na problematiku z jiné perspektivy než dále zmíněné zdroje, pro které by mohla sloužit jako rozšiřující pramen. Doplnuje kupříkladu bakalářskou práci Pekárkové (2009) obecně se věnující globálnímu oteplování nebo diplomovou práci Faltusové (2022) zkoumající téma dospívajících dětí ve skautu a klimatické změně. Přehledně a velmi zeširoka zmíněné téma rozvíjí Ranoš (2021) ve své rigorózní práci na téma Problematika globální klimatické změny ve výuce na ZŠ: znalosti, postoje a pro-environmentální chování žáků.

Hlavním cílem práce bylo obeznámení žáků a veřejnosti s problematikou ohrožení nejvzácnější klidové oblasti Krkonošského národního parku globálním oteplováním a klimatickou změnou s přihlédnutím na nenápadné lišejníky sdílející lokalitu s dalšími, dobře známými druhy. K naplnění tohoto cíle byla nejprve provedena analýza učebnic biologie pro střední školy a RVP G (RVP GSP), která mapovala výskyt pojmů příbuzných s tématem diplomové práce. Bylo zjištěno, že pro účely diplomové práce jsou vhodné pouze dvě ze šesti zkoumaných učebnic, které však pojmy obsahovaly v kapitolách s tématy od sebe vzdálenými. Překvapivé bylo také zjištění, že pojmy jako „globální oteplování“ a „změny klimatu“ neobsahují všechny učebnice, ač se jedná o témata zcela aktuální a jejich aktuálnost přesahuje i dobu vydání všech zkoumaných učebnic. RVP G hledané pojmy v učebnicích také neobsahoval, až na pojmy „*globální oteplování*“ a „*klimatická změna*“. Ty považuje za velmi aktuální a za nezbytnou součást vzdělávání jedince, řadí je proto do samostatného průřezového tématu „*Environmentální výchova*“, jíž mají všechny

státní školy povinnost zahrnout do vzdělávacího procesu v základním i středním stupni vzdělávání.

Tato zjištění vedla ke tvorbě cílených aktivit pro chybějící problematiku, které mohou napomoci k pochopení naléhavosti ochrany národních parků a jejich nejcennějších lokalit. Pro tvorbu aktivit byly zvoleny metody zážitkové pedagogiky, EVVO a interaktivní metody, které jsou aktuálně dle mnohých zkušených pedagogů pro žáky velmi poutavé. Následně byly činnosti uzpůsobeny potřebám rozvíjení klíčových kompetencí a obsahům průřezových témat z RVP G (RVP GSP). Tyto aktivity byly seskupeny do Krkonošského herníku, publikaci využitelnou pedagogy základních, středních i vysokých škol, instruktory a koordinátory ekologického vzdělávání a lektory přírodovědných kroužků. Využít jej ale mohou také kantoři jiných než biologických předmětů (výtvarná výchova, zeměpis, tělesná výchova, výchova ke zdraví, informatika). V herníku je pásmo bezlesí, témata lichenologie, ale i globální oteplování a klimatická změna popularizovány prostřednictvím 15 různě časově náročných aktivit využitelných ve školách i volnočasových institucích. Zmíněné aktivity mají různorodý charakter a jsou využitelné v rámci jednodenních i vícedenních exkurzí v učebnách biologie i ve venkovním prostředí.

Problémem aplikace materiálu do praxe běžných hodin biologie na středních či základních školách může být velmi úzké zaměření tématu (biotopy pásma bezlesí, lišejníky), které může na některé pedagogy působit jako zbytečně podrobné. Krkonošský herník je také stavěn na základech badatelsky orientované výuky, kterou nemusí každý pedagog preferovat. Svou práci bych proto ráda nabídla Středisku ekologické výchovy SEVER a podpořila tak tématem jejich působení na území Krkonošského národního parku.

Literatura

AGUIAR J. B., MARTINS A. M., ALMEIDA C., RIBEIRO H. M. & MARTO J., 2022. *Water sustainability: A waterless life cycle for cosmetic products*. Sustainable Production and Consumption [online]. 32, 35–51. ISSN 23525509. Dostupné z: doi:10.1016/j.spc.2022.04.008

ALLEN J. L. & LENDEMER J. C., 2016. *Climate change impacts on endemic, high-elevation lichens in a biodiversity hotspot*. Biodiversity and Conservation [online]. 25(3), 555–568. ISSN 0960-3115. Available at: doi:10.1007/s10531-016-1071-4

AGENTURA PRO OCHRANU PŘÍRODY A KRAJINY ČESKÉ REPUBLIKY. Mapování biotopů [online]. [cit. 2024-04-08]. Dostupné z: <https://aopkcr.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=c38db59779714a78aec4c731152b0290>

APTROOT A, STAPPER N. J., KOŠUTHOVÁ A. & VAN HERK K., 2021. *Lichens as an indicator of climate and global change*. In: Climate Change [online]. B.m.: Elsevier, s. 483–497. Available at: doi:10.1016/B978-0-12-821575-3.00023-2

ARMSTRONG MCKAY D. I., STAAL A., ABRAMS J. F., WINKELMANN R., SAKSCHEWSKI B., LORIANI S., FETZER I., CORNELL S. E., ROCKSTRÖM J. & LENTON T. M. 2022. *Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points*. Science [online]. 377(6611). ISSN 0036-8075. Available at: doi:10.1126/science.abn7950

ARRHENIUS S., 1896. *On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground*. Philosophical Magazine and Journal of Science. 41(5), 237–276.

BAIN P. G., HORNSEY M. J., BONGIORNO R. a JEFFRIES C., 2012. *Promoting pro-environmental action in climate change deniers*. Nature Climate Change [online]. 2(8), 600–603. ISSN 1758-678X. Available at: doi:10.1038/nclimate1532

BALADA J., BALADOVÁ G., BONĚK J., BRANT J., BRYCHNÁČOVÁ E., DOLEŽALOVÁ O., FALTÝN J., HERINK J., HOLASOVÁ T., HORSKÁ V., HOUSKA J., HOVORKOVÁ M., HUČÍNOVÁ L., HUDECOVÁ D., CHARALAMBIDIS A., JANOUŠKOVÁ S., JEŘÁBEK J., JONÁK Z., KODET S., KRČKOVÁ S., KŮLOVÁ A., LISNEROVÁ R., MARŠÁK J., MASAŘÍKOVÁ J., NOVÁK J., PASTOROVÁ M., PERNICOVÁ H., ROKOSOVÁ M., SMEJKALOVÁ A., TŮMOVÁ J., TUPÝ J., ZAHRADNÍKOVÁ J. a ZELENDOVÁ E. *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia: RVP G*. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze [online], 2007, 103 s. [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: https://www.edu.cz/wp-content/uploads/2021/09/001_RVP_GYM_-vyznacene_zmeny.pdf

BALDI D. S., HUMPHREY C. E., KYNDT J. A. & MOORE T. C., 2023. *Native plant gardens support more microbial diversity and higher relative abundance of potentially beneficial taxa compared to adjacent turf grass lawns*. Urban Ecosystems [online]. 26(3), 807–820. ISSN 1083-8155. Available at: doi:10.1007/s11252-022-01325-5

BANAŠ M., ZIEDLER M. a ZAHRADNÍK D. *Ovlivňují globální změny prostředí alpskou tundru Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku?*. Ochrana přírody. Praha: Agentura pro ochranu přírody a krajiny ČR, 2012, 4, 20-23. ISBN 978-80-87457-23-8

BANDILLA K. W., 2020. *Carbon Capture and Storage*. In: Future Energy [online]. B.m.: Elsevier, s. 669–692. Available at: doi:10.1016/B978-0-08-102886-5.00031-1

BISHOP J. 2020. *Burn Assets: The 2019-2020 Australian Bushfires*. WWF-Australia: Sydney. Available at: https://assets.wwf.org.au/image/upload/f_pdf/v1/website-media/resources/WWF-Burnt_Assets_report?_a=ATO2Ba20

BOIX-FAYOS C. & DE VENTE J., 2023. *Challenges and potential pathways towards sustainable agriculture within the European Green Deal*. Agricultural Systems [online]. 207, 103634. ISSN 0308521X. Available at: doi:10.1016/j.agsy.2023.103634

BOTANICKÝ ÚSTAV AV ČR. *Základní informace o české lichenoflóře* [online]. [cit. 2024-03-15]. Dostupné z: <https://dalib.cz/data/info>

BOTANICKÝ ÚSTAV AV ČR. *Usnea barbata (L.) F.H. Wigg. – provazovka vousatá* [online]. In: Atlas Českých lišejníků. 2024. [cit. 2024-02-22]. Dostupné z: <https://dalib.cz/taxon/info/Usnea%20barbata>

BOTKIN D. B., SAXE H., ARAÚJO M. B., BETTS R., BRADSHAW R. H. W., CEDHAGEN T., CHESSON P., DAWSON T. P., ETTERSON J. P., FAITH D. P., FERRIER S., GUIBAN A., HANSEN A. S., HILBERT D. W., LOEHLE C., MARGULES C., NEW M., SOBEL M. J. & D. R. B. STOCKWELL, 2007. *Forecasting the Effects of Global Warming on Biodiversity*. BioScience [online]. 57(3), 227–236. ISSN 1525-3244. Available at: doi:10.1641/B570306

BOUDINOT F. G. & WILSON J., 2020. *Does a proxy measure up? A framework to assess and convey proxy reliability*. Climate of the Past [online]. 16(5), 1807–1820. ISSN 1814-9332. Available at: doi:10.5194/cp-16-1807-2020

BOWMAN D. M. J. S., BALCH J. K., ARTAXO P., BOND W. J., CARLSON J. M., COCHRANE M. A., D'ANTONIO C. M., DEFRIES R. S., DOYLE J. C., HARRISON S. P., JOHNSTON F. H., KEELEY J. E., KRAWCHUK M. A., KULL C. A., MARSTON J. B., MORITZ M. A., PRENTICE I. C., ROOS C. I., SCOTT A. C., SWETNAM T. W., VAN DER WERF G. I. & PYNE S. J. *Fire in the Earth system*. Science, 2009, 324.5926: 481-484. DOI: 10.1126/science.1163886

BREZOVSKÁ K. *Do Česka dál směřuje nerecyklovatelný odpad, hlavně z Německa, Rakouska a Itálie* [online]. In: Český rozhlas. Radio Prague International. 2021a. [cit. 2024-02-22]. Dostupné z: <https://cesky.radio.cz/do-ceska-dal-smeruje-nerecyklovatelný-odpad-hlavne-z-nemecka-rakouska-a-italie-8706582>

BREZOVSKÁ K. *Pandemie navýšila počet černých skládek v Česku* [online]. In: Český rozhlas. Radio Prague International. 2021b. [cit. 2024-02-22]. Dostupné z:

<https://cesky.radio.cz/pandemie-navysila-pocet-cernych-skladek-v-cesku-8727783>

BROUKALOVÁ L., BROUKAL V., ČINČERA J., DANIŠ P., KAŽMIERSKI T., KULICH J., LUPAČ M., MEDEK M. & NOVÁK M. *Cíle a identifikátory pro environmentální vzdělávání, výchovu a osvětu v České republice*. Prosinec 2011. 17 s. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/environmentalni_vzdelavani_porad_enstvi/\\$FILE/OEDN-Cile_a_indikatory_EVVO-20200717.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/environmentalni_vzdelavani_porad_enstvi/$FILE/OEDN-Cile_a_indikatory_EVVO-20200717.pdf)

BUFKA A. a VEVERKOVÁ L. *Obnovitelné zdroje energie – Podíl obnovitelných zdrojů energie na hrubé konečné spotřebě energie 2010-2021: metodika Eurostat-SHARES*. Ministerstvo průmyslu a obchodu. Oddělení analýz a datové podpory koncepcí. Praha. 2022. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2023/1/Podil-OZE-na-hrube-konecne-spotrebe-energie-2010-2021.pdf>

BUHADAS A., BAUMANN M., MEYFROIDT P. & KUEMMERLE T., 2022. *Uncovering major types of deforestation frontiers across the world's tropical dry woodlands*. *Nature Sustainability* [online]. 5(7), 619–627. ISSN 2398-9629. Available at: doi:10.1038/s41893-022-00886-9

CALVIN K., DASGUPTA D., KRINNER G., MUKHERJI A., THORNE P. W., TRISOS C., ROMERO J., ALDUNCE P., BARRETT K., BLANCO G., CHEUNG W. W. L., CONNORS S., DENTON F., DIONGUE-NIANG A., DODMAN D., GARSCHAGEN M., GEDEN O., HAYWARD B., JONES C., JOTZO F., KRUG T., LASCO R., LEE Y.-Y., MASSON-DELMOTTE V., MEINSHAUSEN M., MINTENBECK K., MOKSSIT A., OTTO F. E. L., PATHAK M., PIRANI A., POLOCZANSKA E., PÖRTNER H.-O., REVI A., ROBERTS D. C., ROY J., RUANE A. C., SKEA J., SHUKLA P. R., SLADE R., SLANGEN A., SOKONA Y., SÖRENSON A. A., TIGNOR M., VAN VUUREN D., WEI Y.-M., WINKLER H., ZHAI P., ZOMMERS Z., HOURCADE J.-C., JOHNSON F. X., PACHAURI S., SIMPSON N. P., SINGH C., THOMAS A., TOTIN E., ALEGRÍA A., ARMOUR K., BEDNAR-FRIEDL B., BLOK K., CISSÉ G., DENTENER F., ERIKSEN S., FISCHER E., GARNER G., GUIVARCH C., HAASNOOT M., HANSEN G., HAUSER M., HAWKINS E., HERMANS T., KOPP R., LEPRINCE-RINGUET N., LEWIS J., LEY D., LUDDEN C., NIAMIR L., NICHOLLS Z., SOME S., SZOPA S., TREWIN B., VAN DER WIJST K.-I., WINTER G., WITTING M., BIRT A., & HA M. (2023). *IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]*. IPCC, Geneva, Switzerland. [online]. Available at: doi:10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

CAZENAVE A. & COZANNET G. L., 2014. *Sea level rise and its coastal impacts*. *Earth's Future* [online]. 2(2), 15–34. ISSN 2328-4277. Available at: doi:10.1002/2013EF000188

CERALOVÁ E. *Antropogenní vlivy obohacující druhovou diverzitu saxikolních lichenizovaných hub v hřebenových částech Krkonoš*. Hradec Králové, 2022.

Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě. Vedoucí bakalářské práce Josef Halda. 48 s.

CHOWDHURY D. P., SOLHAUG K. A. & GAUSLAA Y. *Ultraviolet radiation reduces lichen growth rates*. *Symbiosis* 73, 27–34 (2017). <https://doi.org/10.1007/s13199-016-0468-x>

CONFORTOLA G., SONCINI A. & BOCCHIOLA D., 2013. *Climate change will affect hydrological regimes in the Alps*. *Revue de géographie alpine* [online]. (101–3). ISSN 0035-1121. Available at: [doi:10.4000/rga.2176](https://doi.org/10.4000/rga.2176)

CORDIS. *Agroekologie: přechod na udržitelné zemědělství a potravinové systémy šetrné ke klimatu a ekosystémům*. European Commission. 2021. [cit. 2024-02-22]. Dostupné z: <https://cordis.europa.eu/article/id/430692-agroecology-transitioning-toward-sustainable-climate-and-ecosystem-friendly-farming-and-food/cs>

CORNELISSEN J. H. C., CALLAGHAN T. V., ALATALO J. M., MICHELSEN A., GRAGLIA E., HARTLEY A. E., HIK D. S., HOBBIE S. E., PRESS M. C., ROBINSON C. H., HENRY G. H. R., SHAVER G. R., PHOENIX G. K., GWYNN JONES D., JONASSON S., CHAPIN F. S., MOLAU U., NEILL C., LEE J. AMELILLO., J. M., SVEINBJÖRNSSON B. & AERTS R., 2001. *Global change and arctic ecosystems: is lichen decline a function of increases in vascular plant biomass?* *Journal of Ecology* [online]. 89(6), 984–994. ISSN 0022-0477. Available at: [doi:10.1111/j.1365-2745.2001.00625.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2001.00625.x)

CORPUZ J. C. G., 2023. *Heatwaves, wildfires and global warming: a call to public health action*. *Journal of Public Health* [online]. ISSN 1741-3842. Available at: [doi:10.1093/pubmed/fdad242](https://doi.org/10.1093/pubmed/fdad242)

CROWLEY T. J., 1996. *Pliocene climates: the nature of the problem*. *Marine Micropaleontology* [online]. 27(1–4), 3–12. ISSN 03778398. Available at: [doi:10.1016/0377-8398\(95\)00049-6](https://doi.org/10.1016/0377-8398(95)00049-6)

D'ADAMO I., GASTALDI M. & OZTURK I., 2023. *The sustainable development of mobility in the green transition: Renewable energy, local industrial chain, and battery recycling*. *Sustainable Development* [online]. 31(2), 840–852. ISSN 0968-0802. Available at: [doi:10.1002/sd.2424](https://doi.org/10.1002/sd.2424)

DANIŠ P. *Děti venku v přírodě: ohrožený druh?* Ministerstvo životního prostředí. 1. tištěné vydání. 39 s. ISBN 978-80-7212-610-1.

DEROUIN S. *Deforestation: Facts, causes & effects*. In: *LiveScience.com* [online]. 2023 [cit. 2024-02-15]. Available from: <https://www.livescience.com/27692-deforestation.html>

DÍTĚ D., HÁJEK M., SVITKOVÁ I., KOŠUTHOVÁ A., ŠOLTÉS R. a KLIMENT J., 2018. *Glacial-relict symptoms in the Western Carpathian flora*. *Folia Geobotanica* [online]. 53(3), 277–300. ISSN 1211-9520. Available at: [doi:10.1007/s12224-018-9321-8](https://doi.org/10.1007/s12224-018-9321-8)

DOHERTY T. J., & CLAYTON S. (2011). *The psychological impacts of global climate change*. American Psychologist, 66(4), 265–276. <https://doi.org/10.1037/a0023141>

DOLEŽALOVÁ Š. *Environmentální žal – strach dětí z budoucnosti planety. Šance dětem: Výchova a vývoj dítěte. Výchova dítěte k psychické odolnosti* [online]. 2023. [cit. 2024-02-26]. Dostupné z: <https://sancedetem.cz/environmentalni-zal-strach-deti-z-budoucnosti-planety>

DOLPHIN & XIAOHU. *Emissions-weighted carbon price, 2021*. In: OurWorldInData.org. Available at: <https://ourworldindata.org/carbon-pricing#article-citation>

DOUGLAS M., KIERAN M., DUNNE B. J. & LAMB M. P., 2023. *Sediment Entrainment and Slump Blocks Limit Permafrost Riverbank Erosion*. Geophysical Research Letters [online]. 50(11). ISSN 0094-8276. Available at: doi:10.1029/2023GL102974

DRAHNÝ R. T. *Začínají prázdniny – připomeňme si základní pravidla Krkonošského národního parku* [online]. KRNPAP: Resort životního prostředí. 2022. [cit. 2024-02-20]. Dostupné z: <https://www.krnap.cz/aktuality/tz-zacinaji-prazdniny-pripomenme-si-zakladni-pravidla-krkonosskeho-narodniho-parku/>

DUNLAP R. E. & BRULLE R. J., 2020. *Sources and amplifiers of climate change denial*. In: *Research Handbook on Communicating Climate Change* [online]. B.m.: Edward Elgar Publishing. Available at: doi:10.4337/9781789900408.00013

VERONICA, Ekologický institut Veronika [online]. [cit. 2024-04-08]. Dostupné z: <https://www.veronica.cz/>

ENDRŠTOVÁ M. *Se „zeleným policistou“ v Krkonoších. Selfičkáři často lezou, kam nesmí, zlobí se* [online]. Aktuálně.cz, 2021, 8. [cit. 2024-02-20]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/domaci/se-zelenym-policistou-v-krkonosich-selfickari-casto-vlezou-k/r~db5d64ccfa7111eba7d3ac1f6b220ee8/>

EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY. 2023. *Greenhouse gas emissions from transport in Europe* [online]. Available at: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emissions-from-transport>

EUROSTAT STATISTICS EXPLAINED. 2023. *Waste statistics – Waste generation, 2020* [online]. [cit. 2024-02-22]. In: EUROSTAT Statistics Explained. 2023. Available at: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics#Total_waste_generation

EVANS L. S., 1984. *Botanical aspects of Acidic precipitation*. The Botanical Review [online]. 50(4), 449–490. ISSN 0006-8101. Available at: doi:10.1007/BF02862631

EVROPSKÁ AGENTURA PRO ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ. 2023. *Problematika snižování průmyslového znečištění* [online]. [cit. 2024-02-14]. Dostupné z:

<https://www.eea.europa.eu/cs/signaly/signaly-2020/articles/problematika-snizovani-prumysloveho-znecistení>

Evropská komise – skleníkové plyny [online]. Bez data. [cit. 2024-02-20]. Dostupné z: https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change_cs

EVROPSKÁ KOMISE – TISKOVÁ ZPRÁVA. 2024. *Komise stanoví, jak udržitelným způsobem zachycovat, ukládat a využívat uhlík, aby do roku 2050 bylo dosaženo klimatické neutrality*. Štrasburg. [cit. 2024-02-21]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/cs/ip_24_585

EVROPSKÁ KOMISE. Bez data. *Energetika, změna klimatu, životní prostředí: Climate Action*. Změna klimatu: Příčiny změny klimatu [online]. [cit. 2024-02-07]. Dostupné z: https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change_cs

EVROPSKÁ KOMISE. 2019. *Sdělení komise: Zelená dohoda pro Evropu* [online]. Brusel [cit. 2024-02-13]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>

EVROPSKÁ KOMISE. 2020. *Strategie v oblasti biologické rozmanitosti do roku 2030 – Navrácení přírody do našeho života. Sdělení Komise Evropskému parlamentu, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a Výboru regionů*. Brusel. 25 s. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/biologicka_rozmanitost_2030/\\$FILE/ODOIMZ-Strategie_EU_biodiverzita-20210518.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/biologicka_rozmanitost_2030/$FILE/ODOIMZ-Strategie_EU_biodiverzita-20210518.pdf)

EVROPSKÁ AGENTURA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. 2023. *Počet předčasných úmrtí v důsledku znečištěného ovzduší v EU nadále klesá, je však zapotřebí vyvinout větší úsilí, abychom dosáhli životního prostředí bez toxických látek* [online]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/cs/highlights/pocet-predcasnych-umrti-v-dusledku>

EVROPSKÁ RADA. 2023. *Průmyslové emise. Rada Evropské Unie* [online]. [cit. 2024-02-14]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/industrial-emissions/#what>

EVROPSKÝ PARLAMENT. 2018. *Oběhové hospodářství: více recyklace a méně skládkování* [online]. Tisková zpráva. [cit. 2024-02-22]. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/press-room/20180411IPR01518/obehove-hospodarstvi-vice-recyklace-a-mene-skladkovani>

EVROPSKÝ PARLAMENT. 2020. *Rychlá móda a textilní výroba – jaký mají dopad na životní prostředí (infografika)*. Evropský parlament: Oběhové hospodářství [online]. [cit. 2024-02-14]. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/topics/cs/article/20201208STO93327/jak-dopada-vyroba-textilu-na-zivotni-prostredi-infografika>

FAKTA O KLIMATU. *Co je Fit for 55* [online]. 2024c. In: *Fakta o klimatu*. [cit. 2024-02-21]. 2024c Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/fit-for->

55?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA29auBhBxEiwAnKcSqprTiwiPQuyE5eHAGahjh
UA3IsD29cNjLyDVqD_FueTWkjBC2S94OxoCq38QAvD_BwE

FAKTA O KLIMATU. *Proč je oteplování o více než 1,5 °C problém? [3/3]* [online]. 2024a [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/body-zlomu-3>.

FAKTA O KLIMATU: *Fakta o změně klimatu, veřejně dostupné infografiky, data a články* [online]. Fakta o klimatu, 2024b. [cit. 2024-02-01]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/>.

FALTUSOVÁ K. *Dospívající děti ve skautu a klimatická změna*. Brno, 2022. Diplomová práce na Masarykově univerzitě v Brně. Vedoucí práce Jan Činčera. 138 s.

FARRAR A. *Global Warming*. Minnesota: ABDO Publishing Company, 2008. ISBN 978-1-59928-859-8

FAYET C. REILLY M. J. K, VAN HAM C. & VERBURG P. H., 2022. *The potential of European abandoned agricultural lands to contribute to the Green Deal objectives: Policy perspectives*. Environmental Science & Policy [online]. 133, 44–53. ISSN 14629011. Available at: doi:10.1016/j.envsci.2022.03.007

FERGUSON R. S. & LOVELL S. T., 2014. *Permaculture for agroecology: design, movement, practice, and worldview*. A review. Agronomy for Sustainable Development [online]. 34(2), 251–274. ISSN 1774-0746. Available at: doi:10.1007/s13593-013-0181-6

FINNEY K. N., AKRAM M., DIEGO M. E., YANG X. & POURKASHANIAN M., 2019. *Carbon capture technologies*. In: Bioenergy with Carbon Capture and Storage [online]. B.m.: Elsevier, s. 15–45. Available at: doi:10.1016/B978-0-12-816229-3.00002-8

FLANNIGAN M., STOCKS B., TURETSKY M. & WOTTON M., 2009. *Impacts of climate change on fire activity and fire management in the circumboreal forest*. Global Change Biology [online]. 15(3), 549–560. ISSN 1354-1013. Available at: doi:10.1111/j.1365-2486.2008.01660.x

FLOUSEK J. 2019. *Krkonoše a klimatická změna*. Fórum ochrany přírody: Analýzy a komentáře [online]. [cit. 2024-02-20]. Dostupné z: <https://www.casopis.forumochranyprirody.cz/uploaded/magazine/pdf/21-krkonose-a-klimaticka-zmena.pdf>

FRANCIS C. A. & PORTER P., 2011. *Ecology in Sustainable Agriculture Practices and Systems*. Critical Reviews in Plant Sciences [online]. 30(1–2), 64–73. ISSN 0735-2689. Available at: doi:10.1080/07352689.2011.554353

FREIDINGER J. 2023. *Oceánům vděčíme za mnohé. Je čas jim to vrátit!* [online]. In: Greenpeace. Příroda. Dostupné z: <https://www.greenpeace.org/czech/clanek/19731/oceanum-vdecime-za-mnohe-je-cas-jim-to-vratit/>

- GAJDOŠOVÁ K. (2022): *Houby a lišejníky ve výuce biologie na středních školách*. Hradec Králové. Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí bakalářské práce Ivo Králíček. 85 s
- GERARDEAUX E., GINER M., RAMANANTSOANIRINA A. & DUSSERRE J., 2012. *Positive effects of climate change on rice in Madagascar*. *Agronomy for Sustainable Development* [online]. 32(3), 619–627. ISSN 1774-0746. Available at: doi:10.1007/s13593-011-0049-6
- GILICHINSKY D., VISHNIVETSKAYA T., PETROVA M., SPIRINA E., MAMYKIN V. & RIVKINA E., 2008. *Bacteria in Permafrost*. In: *Psychrophiles: from Biodiversity to Biotechnology* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, s. 83–102. Available at: doi:10.1007/978-3-540-74335-4_6
- GREENPEACE ČESKÁ REPUBLIKA. *OSN schválila historickou dohodu o ochraně oceánů. Na 30 % jejich rozlohy vzniknou rezervace* [online]. In: Greenpeace. 2023. [cit. 2024-02-22]. Dostupné z: <https://www.greenpeace.org/czech/tiskova-zprava/18495/osn-schvalila-historickou-dohodu-o-ochrane-oceanu-na-30-jejich-rozlohy-vzniknou-rezervace/>
- HADAČ E. a ŠTURSA J. (1983): *Syntaxonomický přehled rostlinných společenstev Krkonoš (I. Přirozená nelesní společenstva)* [online]. *Opera Corcontica*, 20: 79–98. [cit. 17.03.2020]. Dostupné z: http://opera.krnep.cz/apex/f?p=103:12:::NO::P12_ROCNIK_ID:20
- HALDA, J. P., přední český lichenolog a vysokoškolský pedagog na Univerzitě Hradec Králové [ústní sdělení]. Hradec Králové, 19.3.2024b.
- HALDA, J. P., přední český lichenolog a vysokoškolský pedagog na Univerzitě Hradec Králové [ústní sdělení]. Hradec Králové, 25.3.2024a.
- HALDA J., KUČERA J. a KOVAL Š., 2016. *Atlas krkonošských mechorostů, lišejníků a hub*. ISBN 9788075350275.
- HAMPLOVÁ T. (2022): *Využití autorské deskové hry Nakup to! ve výuce*. Diplomová práce na Pedagogické fakultě Masarykovy univerzity v Brně. Vedoucí práce Jiří Němec. 108 s.
- HÄRTEL H., LONČÁKOVÁ J. a HOŠEK M. *Mapování biotopů v České republice*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 2009. ISBN 978-80-87051-36-8.
- HATHAWAY M. D., 2016. *Agroecology and permaculture: addressing key ecological problems by rethinking and redesigning agricultural systems*. *Journal of Environmental Studies and Sciences* [online]. 6(2), 239–250. ISSN 2190-6483. Available at: doi:10.1007/s13412-015-0254-8
- HAUCK M., 2009. *Global warming and alternative causes of decline in arctic-alpine and boreal-montane lichens in North-Western Central Europe*. *Global Change Biology* [online]. 15(11), 2653–2661. ISSN 1354-1013. Available at: doi:10.1111/j.1365-2486.2009.01968.x

HERNÁNDEZ A., MARTIN-PUERTAS C., MOFFA-SÁNCHEZ P., MORENO-CHAMARRO E., ORTEGA P., BLOCKLEY S., COBB K. M., COMAS-BRU L., GIRALT S., GOOSSE H., LUTERBACHER J., MARTRAT B., MUSCHELER R., PARNELL A., PLA-RABES S., SJOLTE J., SCAIFE A. A., SWINGEDOUW D., WISE E. & XU G., 2020. *Modes of climate variability: Synthesis and review of proxy-based reconstructions through the Holocene*. *Earth-Science Reviews* [online]. 209, 103286. ISSN 00128252. Available at: doi:10.1016/j.earscirev.2020.103286

HOARAU Q. & LORANG E., 2022. *An assessment of the European regulation on battery recycling for electric vehicles*. *Energy Policy* [online]. 162, 112770. ISSN 03014215. Available at: doi:10.1016/j.enpol.2021.112770

HOEGH-GULDBERG O., JACOB D., TAYLOR M. et al. *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*. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 175-311.

HORÁKOVÁ V., FLOUSEK J. a HARČARIK J. *Natura 2000 v Krkonoších. „Příroda lidem, lidé přírodě“*. Správa Krkonošského národního parku. ISBN 80-86418-55-3

HOSKOVEC, J. (2007): *HUPERZIA SELAGO (L.) C. F. P. Mart. – vranec jedlový / chvostník jedlový* [online]. In: Botany.cz. [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/huperzia-selago/>

CHAMAILLÉ-JAMMES S., MASSOT M., ARAGÓN P. & CLOBERT J., 2006. *Global warming and positive fitness response in mountain populations of common lizards *Lacerta vivipara**. *Global Change Biology* [online]. 12(2), 392–402. ISSN 1354-1013. Available at: doi:10.1111/j.1365-2486.2005.01088.x

CHEN S., WEI P., WU T., WU Q. & LUO F., 2023. *Effect of permafrost degradation on carbon sequestration of alpine ecosystems*. *Science of The Total Environment* [online]. 899, 165642. ISSN 00489697. Available at: doi:10.1016/j.scitotenv.2023.165642

CHERSIC, S., REJŠEK K., VRANOVÁ V., BORDONI M. & MEISINA C., 2015. *Climate change impacts on the Alpine ecosystem: an overview with focus on the soil*. *Journal of Forest Science* [online]. 61(11), 496–514. ISSN 12124834. Available at: doi:10.17221/47/2015-JFS

CHYTRÝ M., KUČERA T., KOČÍ M., GRULICH V. a LUSTYK P. (eds) (2010): *Katalog biotopů České republiky*. Ed. 2. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. ISBN 978-80-87457-02-3.

CHYTRÝ M. *Vegetace České republiky: diverzita, ekologie, historie a dynamika*. *Preslia* 84: 427-504. 2012. 439 p. [cit. 2024-03-16]. Dostupné z: <https://www.preslia.cz/P123Chytry.pdf>

IVIČIČOVÁ I. *Současný stav a možné změny výuky environmentální výchovy na gymnáziích* (2021). Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity v Brně. Vedoucí práce Jarmila Burianová. 114 s.

JANDT R., JOLY K., MEYERS R. C. & RACINE C. (2008) *Slow Recovery of Lichen on Burned Caribou Winter Range in Alaska Tundra: Potential Influences of Climate Warming and Other Disturbance Factors*, *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 40:1, 89-95, DOI: 10.1657/1523-0430(06-122)[JANDT]2.0.CO;2

JANOUC M., HARČARIK J., SIEGER L., KHOLOVÁ I. a ŽÁK D. (2018) 'Monitoring slunečního ultrafialového záření v Krkonoších', *Opera Corcontica*, 55, pp. 87–93. [cit. 2024-03-16]. Dostupné z: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=13f19277-b838-36cc-8cb6-b3f5dd111419>

JENSEN L. 2021. *Pokrok EU v klimatických opatřeních – Jak si vedou členské státy? Výzkumná služba pro poslance: odbor pro výzkum a sledování klimatických opatření PE 689.329* [online]. Dostupné z: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689329/EPRS_BRI\(2021\)689329_CS.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689329/EPRS_BRI(2021)689329_CS.pdf)

JOLY K., JANDT R. R. & KLEIN D. R., 2009. *Decrease of lichens in Arctic ecosystems: the role of wildfire, caribou, reindeer, competition and climate in north-western Alaska*. *Polar Research* [online]. 28(3), 433–442. ISSN 1751-8369. Available at: doi:10.1111/j.1751-8369.2009.00113.x

JONES F. et al. (2023). *Population based on various sources (2023) – with major processing by Our World in Data* [online]. [cit. 2024-02-08]. Available at: <https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions>.

KAPLAN Z., DANIHELKA J., CHRTEK J., KIRSCHNER J., KUBÁT K., ŠTECH M. a ŠTĚPÁNEK J. (eds.) (2019). *Klíč ke květeně České republiky*. Vydání 2. Praha: Academia. 1168 s. ISBN 978-80-200-2660-6.

KEELING C. D., 1958. *The concentration and isotopic abundances of atmospheric carbon dioxide in rural areas*. *Geochimica et Cosmochimica Acta* [online]. 13(4), 322–334. ISSN 00167037. Available at: doi:10.1016/0016-7037(58)90033-4

KING A. D. & KAROLY J. D., 2017. *Climate extremes in Europe at 1,5 and 2 degrees of global warming*. *Environ. Res. Lett.* 12, 114031. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa8e2c>

KIRSCHBAUM M. U. F., 2000. *Will changes in soil organic carbon act as a positive or negative feedback on global warming?* *Biogeochemistry* [online]. 48(1), 21–51. ISSN 01682563. Available at: doi:10.1023/A:1006238902976

KLOTZ M., OBERSCHELP C., SALAH C., SUBAL L. & HELLWEG S., 2024. *The role of chemical and solvent-based recycling within a sustainable circular economy for*

plastics. Science of The Total Environment [online]. 906, 167586. ISSN 00489697. Available at: doi:10.1016/j.scitotenv.2023.167586

KOBER T., SCHIFFER H.-W., DENSING M. & PANOS E., 2020. *Global energy perspectives to 2060 – WEC's World Energy Scenarios 2019*. Energy Strategy Reviews [online]. 31, 100523. ISSN 2211467X. Available at: doi:10.1016/j.esr.2020.100523

KOCIÁNOVÁ M., ŠTURSA J. a VANĚK J. *Krkonošská tundra*. Vrchlabí: Správa Krkonošského národního parku, 2015. ISBN isbn978-80-87706-95-4.

KOČÍ M. a KOCOURKOVÁ, J. (eds.) *A1.1 – Vyfoukávané alpínské trávníky (2024b)* in: LUSTYK, P., FILIPPOV, P., GRULICH, V. et al. (2024). *Příručka hodnocení biotopů*. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. 497 s.

KOČÍ M. a KOCOURKOVÁ, J. (eds.) *A7 – Kosodřevina (2024)* in: LUSTYK, P., FILIPPOV, P., GRULICH, V. et al. (2024). *Příručka hodnocení biotopů*. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. 497 s.

KOČÍ M. a SÁDLO J. (eds) *A6 – Acidofilní vegetace skal a drolin (2010)* in: CHYTRÝ M., KUČERA T., KOČÍ M., GRULICH V. a LUSTYK P. (eds) (2010): *Katalog biotopů České republiky*. Ed. 2. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. ISBN 978-80-87457-02-3.

KOČÍ M. (eds) *A7 Kosodřevina (2010a)* in: CHYTRÝ M., KUČERA T., KOČÍ M., GRULICH V. a LUSTYK P. (eds) (2010): *Katalog biotopů České republiky*. Ed. 2. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. ISBN 978-80-87457-02-3.

KOČÍ, M. (eds) *A1 Alpínské trávníky (2010b)* in: CHYTRÝ M., KUČERA T., KOČÍ M., GRULICH V. a LUSTYK P. (eds) (2010): *Katalog biotopů České republiky*. Ed. 2. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. ISBN 978-80-87457-02-3.

KOČÍ M. (eds) *A5 – Skalní vegetace sudetských karů (2024)* in: LUSTYK P., FILIPPOV P., GRULICH V. et al. (2024). *Příručka hodnocení biotopů*. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. 497 s.

KOUDELKOVÁ, B. *Popularizace výzkumu druhové diverzity sladkovodních lichenizovaných hub ve výuce biologie středních škol*. Hradec Králové, 2022. Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí bakalářské práce Josef Halda. 74 s.

KOVÁŘ P. *Aljaška v pohybu. Posun severského zonálního ekotonu*. Živa. 6. 262-264 pp. 2006. ISSN: 0044-4812. Dostupné také z: <https://ziva.avcr.cz/2006-6/aljaska-v-pohybu-posun-severskeho-zonalniho-ekotonu.html>

KRAHULEC F. a KOČÍ M. (eds) *A2.1 Alpínská vřesoviště (2010)* in: CHYTRÝ M., KUČERA T., KOČÍ M., GRULICH V. a LUSTYK P. (eds) (2010): *Katalog biotopů České republiky*. Ed. 2. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. ISBN 978-80-87457-02-3.

- KRČÁL J., OTÝPKOVÁ L. a KOLOUCHOVÁ K. *Rozvoj obnovitelné energie v Česku do roku 2030: pro posílení bezpečnosti a plnění klimatických cílů EU* [online]. Fakta o klimatu. TOPAZ, z.s. březen 2023. 42 s. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/assets-local/publications/2023-rozvoj-obnovitelne-energie-v-cesku-do-2030.pdf>
- KRNAP. *Pokladem krkonošské přírody v tomto týdnu je...puklérka sněžná!!!*. In: Facebook [online]. 2021 [cit. 2024-04-08]. Dostupné z: <https://www.facebook.com/watch/?v=563847891507097>
- KUMAR R., LAMBA K. & RAMAN A., 2021. *Role of zero emission vehicles in sustainable transformation of the Indian automobile industry*. Research in Transportation Economics [online]. 90, 101064. ISSN 07398859. Available at: doi:10.1016/j.retrec.2021.101064
- KWEKU D., BISMARCK O, MAXWELL A., DESMOND K., DANSO K., OTI-MENSAH E., QUACHIE A. & ADORMAA B., 2018. *Greenhouse Effect: Greenhouse Gases and Their Impact on Global Warming*. Journal of Scientific Research and Reports [online]. 17(6), 1–9. ISSN 23200227. Available at: doi:10.9734/JSRR/2017/39630
- LANG S. I., CORNELISSEN J. H. C., SHAVER G. R., AHRENS M., CALLAGHAN T. V., MOLAU U., TER BRAAK C. J. F., HÖLZER A. & AERTS R., 2012. *Arctic warming on two continents has consistent negative effects on lichen diversity and mixed effects on bryophyte diversity*. Global Change Biology [online]. 18(3), 1096–1107. ISSN 1354-1013. Available at: doi:10.1111/j.1365-2486.2011.02570.x
- LENTON T. M., ROCKSTRÖM J., GAFFNEY O., RAHMSTORF S., RICHARDSON K., STEFFEN W. & SCHELLNHUBER H. J., 2019. *Climate tipping points — too risky to bet against*. Nature [online]. 575(7784), 592–595. ISSN 0028-0836. Available at: doi:10.1038/d41586-019-03595-0
- LEVÄNEN J., UUSITALO V., HÄRRI A., KAREINEN E. & LINNANEN L. 2021. *Innovative recycling or extended use? Comparing the global warming potential of different ownership and end-of-life scenarios for textiles*. Environmental Research Letters [online]. 16(5), 054069. ISSN 1748-9326. Available at: doi:10.1088/1748-9326/abfac3
- LIN B. & MOUBARAK M. 2013. *Decomposition analysis: Change of carbon dioxide emissions in the Chinese textile industry*. Renewable and Sustainable Energy Reviews [online]. 26, 389–396. ISSN 13640321. Available at: doi:10.1016/j.rser.2013.05.054
- LIPKA [online]. [cit. 2024-04-08]. Dostupné z: <https://www.lipka.cz/>
- Liška J. (2012) *Flóra lišejníků České republiky*. – Preslia 84: 851 – 862.
- LORENZ C., DE OLIVEIRA LAGE M. & CHIARAVALLOTI-NETO F., 2021. *Deforestation hotspots, climate crisis, and the perfect scenario for the next epidemic: The Amazon time bomb*. Science of The Total Environment [online]. 783, 147090. ISSN 00489697. Available at: doi:10.1016/j.scitotenv.2021.147090

LOUBEK B. *Vliv dopravy na životní prostředí*. Brno, 2017. Bakalářská práce na Institutu celoživotního vzdělávání Mendelovy univerzity v Brně. Vedoucí bakalářské práce Jiří Pospíšil. 39 s.

LUO W., TANG P., JIANG L. & SU M. M., 2020. *Influencing mechanism of tourist social responsibility awareness on environmentally responsible behavior*. Journal of Cleaner Production [online]. 271, 122565. ISSN 09596526. Available at: doi:10.1016/j.jclepro.2020.122565

LUSTYK P. *Habitat 4060 – Alpínská a boreální vřesoviště*. (2009b) in HÄRTEL H., LONČÁKOVÁ J., HOŠEK M. *Mapování biotopů v České republice*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 2009. ISBN: 978-80-87051-36-8

LUSTYK P. *Habitat 8220 – Chasmofytická vegetace silikátových skalnatých svahů* (2009a)) in HÄRTEL H., LONČÁKOVÁ J., HOŠEK M. *Mapování biotopů v České republice*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 2009. ISBN: 978-80-87051-36-8

LUSTYK P., FILIPPOV P., GRULICH V., HÁJEK M., KOCOURKOVÁ J., KOČÍ M., MELICHAR V., NAVRÁTIL J., NAVRÁTILOVÁ J., ROLEČEK J., RYDLO J., SÁDLO J., VIŠŇÁK R. a VYDROVÁ A. (2024). *Příručka hodnocení biotopů*. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. 497 s.

MALLEN-COOPER M, RODRÍGUEZ-CABALLERO E., ELDRIDGE D. J., WEBER B., BÜDEL B., HÖHNE H. & CORNWELL W. K., 2023. *Towards an understanding of future range shifts in lichens and mosses under climate change*. Journal of Biogeography [online]. 50(2), 406–417. ISSN 0305-0270. Available at: doi:10.1111/jbi.14542

MAŇÁK J. *Nárys didaktiky*. 1. vyd. Brno: Masarykova Univerzita, 1990. ISBN 80-210-0210-7.

MANCIOCCO A., CALAMANDREI G. & ALLEVA E., 2014. *Global warming and environmental contaminants in aquatic organisms: The need of the etho-toxicology approach*. Chemosphere [online]. 100, 1–7. ISSN 00456535. Available at: doi:10.1016/j.chemosphere.2013.12.072

MARKOVÁ P. (2010): *Bezlesí a jeho význam ve střeoevropské krajině – učební materiál pro žáky 1. stupně ZŠ*. Diplomová práce na Pedagogické fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí práce Petr Bogusch.

MARLON J. R., VAN DER LINDEN S., HOWE P. D., LEISEROWITZ A., WOO S. H. L. & BROAD K., 2019. *Detecting local environmental change: the role of experience in shaping risk judgments about global warming*. Journal of Risk Research [online]. 22(7), 936–950. ISSN 1366-9877. Available at: doi:10.1080/13669877.2018.1430051

MENTZEL S., NATHAN R., NOYES P., BRIX K. V., MOE S. J., ROHR J. R., VERHEYEN J., VAN DEN BRINK P. J. & STAUBER J., 2024. *Evaluating the effects of climate change and chemical, physical, and biological stressors on nearshore coral reefs: A case study*

in the Great Barrier Reef, Australia. Integrated Environmental Assessment and Management [online]. 20(2), 401–418. ISSN 1551-3777. Available at: doi:10.1002/ieam.4871

MILLY P. C. D., WETHERALD R. TDUNNE K. A. & DELWORTH T. L, 2002. *Increasing risk of great floods in a changing climate*. Nature [online]. 415(6871), 514–517. ISSN 0028-0836. Available at: doi:10.1038/415514a

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Environmentální vzdělávání a poradenství* [online]. s. a. A [cit. 2024-03-23]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/environmentalni_vzdelavani_poradenstvi

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Strategie EU v oblasti biologické rozmanitosti do roku 2030* [online]. s. a. B [cit. 2024-03-15]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/biologicka_rozmanitost_2030

MOBERG A., SONECHKIN D. M., HOLMGREN K., DATSENKO N. M. & KARLÉN W., 2005. *Highly variable Northern Hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data*. Nature [online]. 433(7026), 613–617. ISSN 0028-0836. Available at: doi:10.1038/nature03265

MOD H., HEIKKINEN K. R. K., LE ROUX P. C., VÅRE H. & LUOTO M., 2016. *Contrasting effects of biotic interactions on richness and distribution of vascular plants, bryophytes and lichens in an arctic–alpine landscape*. Polar Biology [online]. 39(4), 649–657. ISSN 0722-4060. Available at: doi:10.1007/s00300-015-1820-y

MONROE M. C., PLATE R. R., OXARART A., BOWERS A. & CHAVES W. A., 2019. *Identifying effective climate change education strategies: a systematic review of the research*. Environmental Education Research [online]. 25(6), 791–812. ISSN 1350-4622. Available at: doi:10.1080/13504622.2017.1360842

MÜLLER L. T. *The future of winter sports tourism in the Alpine region of Austria, Lisbon, 2020*. Master Dissertation on Universidade Católica Portuguesa. Supervisor André de Albeida Prinho. 93 pp. Available at: https://repositorio.ucp.pt/bitstream/10400.14/29719/1/152118216_Lea%20Muller_DPDA.pdf

NÁRODNÍ ÚSTAV PRO VZDĚLÁVÁNÍ. *Rámcové vzdělávací programy* [online]. s. a. A [cit. 2024-04-06]. Dostupné z: <https://archiv-nuv.npi.cz/t/rvp.html>

NÁRODNÍ ÚSTAV PRO VZDĚLÁVÁNÍ. *Rámcové vzdělávací programy pro střední odborné vzdělávání* [online]. s. a. B [cit. 2024-04-10]. Dostupné z: <https://archiv-nuv.npi.cz/t/ramcove-vzdelavaci-programy-podle-kategorii-oboru-vzdelani.html>

NASH T. H. & OLAFSEN A. G., 1995. *Climate Change and the Ecophysiological Response of Arctic Lichens*. The Lichenologist [online]. 27(6), 559–565. ISSN 0024-2829. Available at: doi:10.1016/S0024-2829(95)80014-X

NICEFORO M. *Soothing the Green Anxiety. A Critical Analysis of Negative Feelings in Social Media Discourse about the Environment*. *Anglistica Aion an Interdisciplinary Journal*, 2022, 25.2: 23-36.

NIINIMÄKI K., PETERS G., DAHLBO H., PERRY P., RISSANEN T. & GWILT A. 2020. *The environmental price of fast fashion*. *Nature Reviews Earth & Environment* [online]. 1(4), 189–200. ISSN 2662-138X. Available at: doi:10.1038/s43017-020-0039-9

ODLAND, A., SUNDSTØL, S., & BJERKETVEDT, D. (2018). *Alpine lichen-dominated heaths: ecology, effects of reindeer grazing, and climate change*. A review. *Oecologia Montana*, 27(2), 30-50. Retrieved from <https://om.vuvb.uniza.sk/index.php/OM/article/view/318>

OJALA M., CUNSOLO A., OGUNBODE C. A. & MIDDLETON J., 2021. *Anxiety, Worry, and Grief in a Time of Environmental and Climate Crisis: A Narrative Review*. *Annual Review of Environment and Resources* [online]. 46(1), 35–58. ISSN 1543-5938. Available at: doi:10.1146/annurev-environ-012220-022716

PAUL A. & SCHÄFER-NETH C., 2005. *How to combine sparse proxy data and coupled climate models*. *Quaternary Science Reviews* [online]. 24(7–9), 1095–1107. ISSN 02773791. Available at: doi:10.1016/j.quascirev.2004.05.010

PAULIK R., WILD A., STEPHENS S., WELSH R. & WADHWA S., 2023. *National assessment of extreme sea-level driven inundation under rising sea levels*. *Frontiers in Environmental Science* [online]. 10. ISSN 2296-665X. Available at: doi:10.3389/fenvs.2022.1045743

PEKÁRKOVÁ R. *Globální oteplování*. Brno, 2009. Bakalářská práce na Pedagogické fakultě Masarykovy Univerzity v Brně. Vedoucí práce Vladislav Navrátil. 40 s.

PISKAČOVÁ B., 2023 *Analýza mikroplastových částic z vybraných druhů odpadních vod, čistírenského kalu a půdy*. Hradec Králové, 2023. Přírodovědecká fakulta Univerzity Hradec Králové, Vedoucí diplomové práce RNDr. Alena Myslivcová Fučíková, Ph.D. 156 s.

PLECHÁČ T. *Změna klimatu přivádí do Krkonoš kosa či kobylku, mizí naopak modráček* [online]. *Idnes.cz: zpravodajství*. 2019. [cit. 2024-02-20]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/hradec-kralove/zpravy/krkonose-zvirata-ptactvo-hmyz-druhy-klima-globalni-oteplotvani-krnap.A191004_505816_hradec-zpravy_pos

POORE J. & NEMECEK T., 2018. *Reducing food's environmental impacts through producers and consumers*. *Science* [online]. 360(6392), 987–992. ISSN 0036-8075. Available at: doi:10.1126/science.aag0216

PŘIBYLA O. *Jaká je průměrná teplota planety Země?* In: FAKTA O KLIMATU [online]. 2023 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/explainery/teplota-zeme>.

PŮLPÁNOVÁ M. *Biomonitoring, antropogenní vlivy a lišejníkové bioindikátory v lesních ekosystémech Krkonošského národního parku*. Hradec Králové, 2022.

Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí diplomové práce Josef Halda. 42 s.

RADA EVROPSKÉ UNIE. *Zelená dohoda pro Evropu* [online]. Evropská rada, 2024. [cit. 2024-04-10]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/green-deal/#what>

RANOŠ D. *Problematika globální klimatické změny ve výuce na ZŠ: znalosti, postoje a pro-environmentální chování žáků*. Olomouc, 2021. Rigorózní práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci. Vedoucí práce Michal Lenhart. 264 s.

RESEARCH CENTER FOR ALPINE ECOSYSTEMS. *Climate change and its impacts in the Alps* [online]. 2024 [cit. 2024-02-20]. Available at: <https://creamontblanc.org/en/climate-change-and-its-impacts-alps/>

RITCHIE H. & ROSADO P. *Which countries have put a price on carbon?* In: OurWorldInData.org. Available at: <https://ourworldindata.org/carbon-pricing#article-citation>

RITCHIE H. (2020) *You want to reduce the carbon footprint of your food? Focus on what you eat, not whether your food is local* [online]. In: OurWorldInData.org. Available at: <https://ourworldindata.org/food-choice-vs-eating-local>

RITCHIE H. (2023). *Global inequalities in CO₂ emissions*. Published online at OurWorldInData.org. Available at: '<https://ourworldindata.org/inequality-co2>' [Online Resource]

RODRIGUES DO NASCIMENTO F., 2023. *Global Environmental Change, Climate Crisis and Desertification*. In: [online]. s. 9–16. Available at: doi:10.1007/978-3-031-32947-0_2

RODRIGUEZ J. M., RENISON D., FILIPPINI E. & ESTRABOU C., 2017. *Small shifts in microsite occupation could mitigate climate change consequences for mountain top endemics: a test analyzing saxicolous lichen distribution patterns*. Biodiversity and Conservation [online]. 26(5), 1199–1215. ISSN 0960-3115. Available at: doi:10.1007/s10531-017-1293-0

RÝZNAROVÁ K. (2023): *Lišejníky – míra začlenění ve výuce na SŠ a návrh motivačních aktivit*. Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí práce Lenka Šejnohová. 74s.

SÁDLO J. (eds) *A5 Skalní vegetace sudetských karů (2010)* in: CHYTRÝ M., KUČERA T., KOČÍ M., GRULICH V. & LUSTYK P. (eds) (2010): *Katalog biotopů České republiky*. Ed. 2. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. ISBN 978-80-87457-02-3.

SAFRIEL U., 2009. *Deserts and desertification: Challenges but also opportunities*. *Land Degradation & Development* [online]. 20(4), 353–366. ISSN 1085-3278. Available at: doi:10.1002/ldr.935

- SAJJAD W., RAFIQ M., DIN G., HASAN F., IQBAL A., ZADA S., ALI B., HAYAT B., IRFAN M. & KANG S., 2020. *Resurrection of inactive microbes and resistome present in the natural frozen world: Reality or myth?* Science of The Total Environment [online]. 735, 139275. ISSN 00489697. Available at: doi:10.1016/j.scitotenv.2020.139275
- SANCHEZ D., TURNER P. A., BAIK E., FIELD C. B., BENSON S. M. & MACH K. J., 2019. *Rightsizing expectations for bioenergy with carbon capture and storage toward ambitious climate goals*. In: *Bioenergy with Carbon Capture and Storage* [online]. B.m.: Elsevier, s. 63–84. Available at: doi:10.1016/B978-0-12-816229-3.00004-1
- SANCHO L., PINTADO A. & GREEN T., 2019. *Antarctic Studies Show Lichens to be Excellent Biomonitors of Climate Change*. Diversity [online]. 11(3), 42. ISSN 1424-2818. Available at: doi:10.3390/d11030042
- SEAWARD M. D. (ed.) in NASH T. H. (2008): *Lichen biology*. 2. Department of Botany, Arisona State University: Cambridge University Press. Pp 295-296. ISBN: 0-521-45974-5.
- SEVER: středisko ekologické výchovy [online]. [cit. 2024-04-08]. Dostupné z: <https://sever.ekologickavychova.cz/>
- SEYFANG G., 2005. *Shopping for Sustainability: Can Sustainable Consumption Promote Ecological Citizenship?* Environmental Politics [online]. 14(2), 290–306. ISSN 0964-4016. Available at: doi:10.1080/09644010500055209
- SHIGETA N. & HOSSEINI S.E. 2020. *Sustainable development of the automobile industry in the united states, europe, and japan with special focus on the vehicles' power sources*. Energies, 14.1: 78.
- SIGAL L. L. & JOHNSTON J. W., 1986. *Effects of acidic rain and ozone on nitrogen fixation and photosynthesis in the lichen Lobaria pulmonaria (L.) Hoffm.* Environmental and Experimental Botany [online]. 26(1), 59–64. ISSN 00988472. Available at: doi:10.1016/0098-8472(86)90053-5
- SINGH A. & AGRAWAL M. *Acid rain and its ecological consequences*. Journal of Environmental Biology, 2008. 29(1) 15-24. Available at: https://www.jeb.co.in/journal_issues/200801_jan08/paper_02.pdf
- SOUKUPOVÁ L., KOCIÁNOVÁ M., JENÍK J. a SEKÝRA J. (eds) (1995): *Arctic-alpine tundra in the Krkonoše, the Sudetes*. – Opera Corcont. 32: 5–88.
- STRELETSKIY D., ANISIMOV O. & VASILIEV A., 2015. *Permafrost Degradation*. In: *Snow and Ice-Related Hazards, Risks, and Disasters* [online]. B.m.: Elsevier, s. 303–344. Available at: doi:10.1016/B978-0-12-394849-6.00010-X
- SUCHÝ A. a SVĚTLÁK M. *Environmentální žal*. Psychologie.cz: věda a společnost [online]. 2023. [cit. 2024-02-26]. Dostupné z: <https://psychologie.cz/environmentalni-zal/>

ŠTURSA J. a VANĚK J. *Klenoty krkonošské tundry*. Vrchlabí: Správa Krkonošského národního parku, 2016. ISBN: 978-80-7535-038-1. Dostupné z: https://www.krnep.cz/media/50parrqb/krnap_klenoty_krkonoske_tundry_web.pdf

ŠTURSA J. (2013): *Arktalpínská tundra Krkonoš*. Živa. Praha: Nakladatelství Academia. 2013, 4, 171–174.

ŠTURSA J. *Krkonoše: časopis Správy Krkonošského národního parku*. Vrchlabí: Správa Krkonošského národního parku, 1997, 30(3), s. 22. ISSN 0323-0694.

TESAŘOVÁ J. *Krkonošské biotopy*. Vrchlabí: Správa KRNAP, 2022. ISBN 978-80-7535-145-6.

TESLA. [online]. [cit. 2024-03-15]. Dostupné z: https://www.tesla.com/cs_cz

TĚTHALOVÁ K. *Popularizace významných zástupců druhové diverzity lichenizovaných hub Faerských ostrovů a krkonošské tundry ve výukovém programu SŠ s důrazem na význam odlišností klimatu a geologické stavby*. Hradec Králové, 2023. Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí bakalářské práce Josef Halda. 69 s.

TRENBERTH K. E., DAI A., RASMUSSEN R. M. & PARSONS D. B., 2003. *The Changing Character of Precipitation*. Bulletin of the American Meteorological Society [online]. 84(9), 1205–1218. ISSN 0003-0007. Available at: doi:10.1175/BAMS-84-9-1205

TYNDALL J, 1861. XXIII. *On the absorption and radiation of heat by gases and vapours, and on the physical connexion of radiation, absorption, and conduction.—The bakerian lecture*. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science [online]. 22(146), 169–194. ISSN 1941-5982. Available at: doi:10.1080/14786446108643138

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Greenhouse Gas Emissions: Sources of Greenhouse Gas Emissions, Overview* [online]. 2024 [cit. 2024-10-02]. Available at: <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions>

VODOHOSPORÁDŘSKÝ ROZVOJ A VÝSTAVBA A. S., SWECO HYDROPROJEKT A.S., VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T. G. MASARYKA, V.V.I., POVODÍ LABE, STÁTNÍ PODNIK. 2023. *Analýza stavu a návrhy opatření pro zajištění příznivého stavu vodních toků na území KRNAP a jeho ochranného pásma – Stručný souhrn*. Správa KRNAP. Vrchlabí. ISBN: 978-80-7535-167-8. Dostupné z: https://www.krnep.cz/media/54lpy3g4/analyza_vodnich_toku_w.pdf

VONK J. E., SÁNCHEZ-GARCÍA L., VAN DONGEN B. E., ALLING V., KOSMACH D., CHARKIN A., SEMILETOV I. P., DUDAREV O. V., SHAKHOVA N., ROOS P., EGLINTON T. I., ANDERSSON A. & GUSTAFSSON Ö., 2012. *Activation of old carbon by erosion of coastal and subsea permafrost in Arctic Siberia*. Nature [online]. 489(7414), 137–140. ISSN 0028-0836. Available at: doi:10.1038/nature11392

- WATERS Y., WILSON L. K. A. & DEAN A. J., 2024. *The role of iconic places, collective efficacy, and negative emotions in climate change communication*. Environmental Science & Policy [online]. 151, 103635. ISSN 14629011. Available at: doi:10.1016/j.envsci.2023.103635
- WHITMARSH L., POORTINGA W. & CAPSTICK S., 2021. *Behaviour change to address climate change*. Current Opinion in Psychology [online]. 42, 76–81. ISSN 2352250X. Available at: doi:10.1016/j.copsyc.2021.04.002
- WILSON R., COOK E., D'ARRIGO R., RIEDWYL N., EVANS M. N., TUDHOPE A. & ALLAN R., 2010. *Reconstructing ENSO: the influence of method, proxy data, climate forcing and teleconnections*. Journal of Quaternary Science [online]. 25(1), 62–78. ISSN 0267-8179. Available at: doi:10.1002/jqs.1297
- WIRTH V., HAUCK M. & SCHULTZ M. *Die Flechten Deutschlands*. Stuttgart: Eugen Ulmer KG. 2013. ISBN 978-3-8001-5803-1.
- WMO (*World Meteorological Organization*) [online]. [cit. 2024-02-23]. Available at: <https://wmo.int/resources/documents>
- WORLD HEALTH ORGANISATION. *Climate change: Climate change impacts on health* [online]. 2023 [cit. 2024-02-19]. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>
- WORLD HEALTH ORGANISATION. *Drought: Overview* [online]. 2024. [cit. 2024-02-19]. Available at: https://www.who.int/health-topics/drought#tab=tab_1
- WRZASZCZ W. & PRANDECKI K. *Agriculture and the european green deal*. Zagadnienia Ekonomiki Rolnej/Problems of Agricultural Economics, 2020, 4. DOI: 10.30858/zer/131841
- WWF. *Deforestation and Forest degradation: Causes*. In: World Wildlife [online]. 2024. [cit. 2024-15-02]. Available at: <https://www.worldwildlife.org/threats/deforestation-and-forest-degradation#causes>
- XI-LIU Y. U. E. & QING-XIAN G. A. O. *Contributions of natural systems and human activity to greenhouse gas emissions*. Advances in Climate Change Research, 2018, 9.4: 243-252.
- YANG Z., OU Y. H., XU X. L., ZHAO L., SONG M. & ZHOU C., 2010. *Effects of permafrost degradation on ecosystems*. Acta Ecologica Sinica [online]. 30(1), 33–39. ISSN 18722032. Available at: doi:10.1016/j.chnaes.2009.12.006
- YU J. & YANG R., 2023. *FPGA-Based Hierarchical Configuration Method for Conservation-Oriented Ecological Garden Landscape for a Smart City Development*. Journal of Testing and Evaluation [online]. 51(3), 1555–1570. ISSN 0090-3973. Available at: doi:10.1520/JTE20220067

ZANCHETTIN D., BRUNI S., RAICICH F., LIONELLO P., ADLOFF F., ANDROSOV A., ANTONIOLI F., ARTALE V., CARMINATI E., FERRARIN C., FOFONOVA V., NICHOLLS R. J., RUBINETTI S., RUBINO A., SANNINO G., SPADA G., THIÉBLEMONT R., TSIMPLIS M., UMGIESSER G., VIGNUDELLI S., WÖPPELMANN G. & ZERBINI S, 2021. *Sea-level rise in Venice: historic and future trends (review article)*. *Natural Hazards and Earth System Sciences* [online]. 21(8), 2643–2678. ISSN 1684-9981. Available at: doi:10.5194/nhess-21-2643-2021

ZEMĚDĚLSKÝ SVAZ ČESKÉ REPUBLIKY. *UŽ TOHO MÁME DOST – evropská protestní akce dne 22.2.2024* [online]. [cit. 2024-04-10]. Dostupné z: <https://www.zscr.cz/clanek/uz-toho-mame-dost-evropska-protestni-akce-dne-22-2-2024-7711>

ZHAO L., LV Y., WANG C., XUE J., YANG Y. & LI D., 2023. *Embodied greenhouse gas emissions in the international agricultural trade*. *Sustainable Production and Consumption* [online]. 35, 250–259. ISSN 23525509. Available at: doi:10.1016/j.spc.2022.11.001

ZOLOTKRYLIN A. N., 2019. *Global warming, desertification/degradation, and droughts in arid regions*. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya* [online]. (1), 3–13. ISSN 2587-5566. Available at: doi:10.31857/S2587-5566201913-13

Zdroje použité k analýze učebnic:

Pro účely analýzy byly vybrány následující středoškolské a gymnaziální učebnice:

1. Jelínek J. & Zicháček, V. **Biologie pro gymnázia**: teoretická a praktická část. 10. vydání. Olomouc: Nakladatelství Olomouc s. r. o., 2013. 579 s. ISBN 978-80-7182-333-9.
2. Kincl L., Kincl M. & Jarklová J. **Biologie rostlin**: Pro 1. ročník gymnázií. 4. přepracované vydání. Praha: Fortuna, 2008. 302 s. ISBN:80-7168-947-5.
3. Šíma P. **Biologie v souvislostech pro gymnázia 1**. První vydání. Praha: Eduko, 2023. 247 s. ISBN: 978-80-88473-13-8.
4. Šlégl J., Kislínger F. & Laníková J. **Ekologie pro gymnázia**. 1. vydání. Praha: Fortuna, 2002. 157 s. ISBN: 80-7168-828-2.
5. Hančová H. & Vlková M. **Biologie v kostce**. 1. vydání. Praha: Fragment, 2008. 176 s. ISBN: 978-80-253-0606-2.
6. Červinka P. et al. 2020. **Ekologie a životní prostředí**: Nakladatelství České geografické společnosti, s. r. o. 3. vydání. Praha: ČGS, 120 stran. ISBN: 978-80-87476-05-5.

Zdroje obrázků, grafů a infografik:

Grafy:

Graf 1: CLIMATE CHANGE INSTITUTE, UNIVERSITY OF MAINE. Daily Surface Air Temperature, World (90°S-90°N, 0-360°E) [online]. CLIMATEANALYZER.ORG. [generated 2024-02-01]. Available at: https://climatereanalyzer.org/clim/t2_daily/?dm_id=world

Graf 2: EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY. 2023. *Greenhouse gas emissions from transport in Europe* [online]. Available at: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emissions-from-transport>

Infografiky:

Infografika 1: FAKTA O KLIMATU. Infografika Emise skleníkových plynů v ČR podle sektorů, licencováno pod CC BY 4.0 [online]. Fakta o klimatu [cit. 2024-31-01]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/emise-svet>.

Infografika 2: FAKTA O KLIMATU. Infografika průměrné roční teploty v ČR sledované v letech 1961-2023, licencováno pod CC BY 4.0 [online]. Fakta o klimatu [cit. 2024-31-01]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/teplota-cr>.

Infografika 3: FAKTA O KLIMATU. Infografika Emise skleníkových plynů v ČR podle sektorů, licencováno pod CC BY 4.0 [online]. Fakta o klimatu [cit. 2024-03-01]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/emise-cr>.

Infografika 4: “Data Page: Per-capita greenhouse gas emissions”, part of the following publication: RITCHIE H., ROSADO P. & ROSER M. (2023) - “CO₂ and Greenhouse Gas Emissions”. Data adapted from JONES et al., Various sources. Available at: <https://ourworldindata.org/grapher/per-capita-ghg-emissions> [online resource]

Infografika 5: CÍLE UDRŽITELNÉHO ROZVOJE (SDGs). In: UNITED NATIONS. *Informační centrum OSN v Praze* [online]. [cit. 2024-31-01]. Dostupné z: <https://osn.cz/osn/hlavni-temata/cile-udrzitelneho-rozvoje-sdgs/>

Obrázky:

Obrázek 1: OENIS. *Atmospheric CO₂ concentrations measured at Mauna Loa Observatory: The Keeling Curve*. In: Wikipedia. *Wikipedia: Charles David Keeling* [online]. 6.1.2019 [cit. 2024-31-01]. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Charles_David_Keeling#/media/File:Mauna_Loa_CO2_monthly_mean_concentration.svg.

Obrázek 2: ZHAO et al. *Evolution and driving factors for greenhouse gas emissions embodied as international agricultural trade*. In: SCIENCE DIRECT: *Sustainable*

Production and Consumption: Embodied greenhouse gas emissions in the international agricultural trade [online]. China, 2022 [cit. 2024-31-01]. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352550922002974?via%3Dihub>

Obrázek 3: Mapový portál AOPK ČR: ARCGIS [online]. [cit. 2024-04-08]. Dostupné z: <https://arcg.is/jLTz11>

Obrázek 4, 5, 7, 9, 10, 12, 14, 16, 17, 18, 19: Soukromý archiv autorky práce.

Obrázek 6, 8, 11, 13, 15: CHYTRÝ M., KUČERA T., KOČÍ M., GRULICH V. & LUSTYK P. (eds) (2010): Katalog biotopů České republiky. Ed. 2. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.

Přílohy

Tabulka analýzy učebnic biologie						
Výskyt pojmu: Učebnice:	Ochrana národních parků	Reliktní druh	Endemický druh	Klimatická změna	Globální oteplování	Pásmo bezlesí
Biologie pro gymnázia (Jelínek & Zicháček 2013)	Kapitola Člověk a prostředí, Ochrana přírody (s 364) – podrobné, dostačující, včetně přehledu o českých CHKO a NP	Kapitola Ekologie rostlin a hub – Rozšíření rostlin na Zemi (s 69) – vysvětlení pojmu, dále je s tímto pojmem pracováno v celé učebnici	Kapitola Ekologie rostlin a hub – Rozšíření rostlin na Zemi (s 69) – vysvětlení pojmu, dále je s tímto pojmem pracováno v celé učebnici	Kapitola Člověk a prostředí, Problémy ekologické (s 362) – stručné vysvětlení hlavní příčiny změny klimatu	Kapitola Člověk a prostředí, Problémy ekologické, (s 362) – vysvětlení skrze skleníkový efekt	-
Biologie rostlin (Kincl, Kincl & Jarklová 2008)	Kapitola Rostliny a prostředí, 11.6 Ochrana rostlin (s 273-279) – podrobná kapitola o ochraně rostlin, včetně přehledu o českých CHKO a NP	Kapitola Rostliny a prostředí, 11.5.2 Endemity, relikty (s 266) – vysvětlení pojmu, uvedení příkladu	Kapitola Rostliny a prostředí, 11.5.2 Endemity, relikty (s 266) – vysvětlení pojmu, uvedení příkladu	Kapitola Rostliny a prostředí, 11.5.3 Fytogeografické členění Zemského povrchu (s 270) – nepřímá zmínka – les utváří klima, lesy ubývají	-	Kapitola Rostliny a prostředí, 11.5.3 Fytogeografické členění Zemského povrchu, Vegetační stupňovitost v České republice (s 271) – zmíněna pouze horní hranice lesa
Biologie v souvislostech 1 (Šíma 2023)	-	-	-	Kapitola 26 Archaea, Methan a globální oteplování (s 56) – vysvětlení vztahu přežvýkavec a methan + Kapitola 27 Systém eukaryot (s 59) Haptisti – vysvětlení	Kapitola 26 Archaea, Methan a globální oteplování (s 56) – vysvětlení vztahu přežvýkavec a methan	Kapitola 61 Lišejníky, Keříčkovité lišejníky (s 127) – uvedeno výskyt puklélky islandské a dutohlávky sobí v horském bezlesí a tundře

				regulace množství CO ₂ pomocí Haptistů		
Ekologie pro gymnázia (Šlégel, Kislinger & Laníková 2002)	Kapitola Ochrana přírody, 4.2 Ochrana přírody v České republice (s 130-140) – velmi podrobně vypsání zákony ochrany přírody, chráněné oblasti	Kapitola Organismus a prostředí, 2.1.2 Působení prostředí na organismus (s 19) – vysvětlení pojmu, příklad	Kapitola Organismus a prostředí, 2.1.2 Působení prostředí na organismus (s 18) – vysvětlení pojmu, příklad	Kapitola Člověk a prostředí (antropoekologie), 3.3 Problémy životního prostředí a jejich řešení, 3.1.1 Ovězení, 3.1.1.1 Hlavní znečišťující látky (s 79) – vysvětlení důsledků zvyšování CO ₂ v atmosféře	Kapitola Současnost a budoucnost ochrany přírody, 5.2 Ekologie a politika, 5.2.1. Základní globální konflikty (v ekologické rovině) s 144 – podrobný text o problémech lidstva z ekologického a politického hlediska	Kapitola Organismus a prostředí, 2.3.5 Vegetační zóny (s 47) - zmínka o vegetačních stupních v našich podmínkách (Sněžka) + Kapitola Ochrana přírody, 4.2 Ochrana přírody, 4.2.7 Chráněná území v České republice (s 136) – zmínka o bezlesí v nejvyšších polohách s 1. stupněm ochrany
Biologie v kostce (Hančová & Vlková 2008)	Kapitola Ochrana a tvorba životního prostředí, Ochrana přírody (s 144) – heslovitě vypsání zákony, instituce ochrany přírody a chráněná území	-	-	-	Kapitola Ochrana a tvorba životního prostředí, Problematika znečištění životního prostředí (s 142-143) – ovzduší, půda, voda, dopady a hluk, skleníkový efekt	-
Ekologie a životní prostředí	Kapitola Péče o životní prostředí jako	-	-	Kapitola Životní prostředí	-	Kapitola Základy obecné

(Červinka et al. 2020)	základ udržitelného rozvoje, Kroky k udržitelnému rozvoji, Ochrana přírody (s 93-95) – velkoplošná a maloplošná chráněná území, mapa chráněných oblastí ČR			člověka, Ohrožování základních složek životního prostředí, Ověření (s 85) – klimatická změna jako globální problém		ekologie, Biosféra, Příroda naší republiky (s 66) – pojen nezmíněn, vysvětlen ale skrze horní hranici lesa, horskou tundru, vegetační stupňovitost
------------------------	--	--	--	--	--	--