



KRKONOŠSKÁ TUNDRA



www.krnapp.cz

Ministerstvo životního prostředí



STÁTNÍ FOND
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
ČESKÉ REPUBLIKY

Tento projekt je spolufinancován
Státním fondem životního prostředí ČR
na základě rozhodnutí ministra životního prostředí.
www.mzp.cz www.sfzp.cz

Země chladu a věčně zmrzlé půdy, země dlouhých zim a překotného léta, země holých a kamenitých hřbetů bičovaných větry, země skalnatých údolí a průhledných jezer vytvořených ledovci, země beze stromů a úrodných polí. Taková je severská krajina hrdiny Andersenovy pohádky – malého Káje, který musel opustit svůj domov plný hájů, sadů a růží. Stejnou změnu zažijeme i uprostřed Evropy, když vystoupíme z úrodné roviny a lesnatých pahorků na krkonošské hřebeny a ocitneme se v neobvyklém prostředí krajiny, odborně nazývané tundra. (Lenka Soukupová, 1997)

Věnováno památce našich přátel – Lence Soukupové a Josefu Sekyroví, kteří se svou vědeckou prací významně zasloužili o poznání fascinujícího světa krkonošské tundry.



Představení na úvod

Pro označení různých typů krajiny pokrývajících velké oblasti Země se – s ohledem na všudypřítomné živé organismy – používá termín **biom**. V prostorovém uspořádání povrchu naší domovské planety vědci rozlišují suchozemské, sladkovodní a mořské biomy.

Mezi suchozemské biomy patří i tundra, která pokrývá přibližně 2,3 % rozlohy souší. Přírodní podmínky v tundře – především chladné klima – jsou krajně nepříznivé pro růst stromovitých dřevin. Tundra je proto trvale bezlesou krajinou. Ostatně, název *tundra* má své kořeny v laponském slově *tunturi*, což znamená holý kopec.

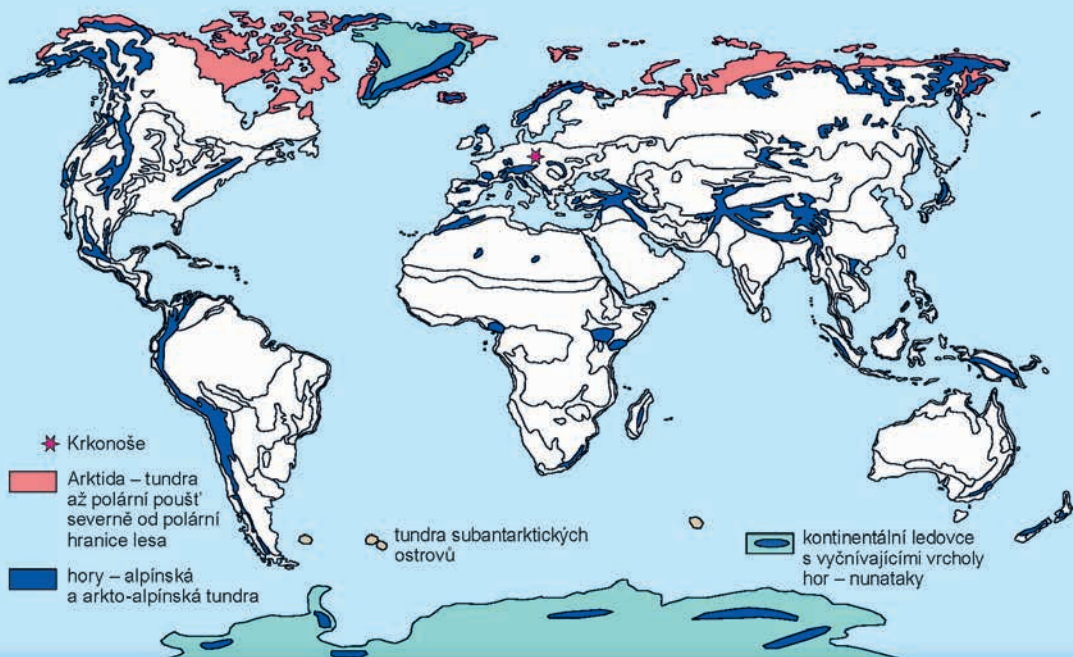
V zeměpisném měřítku je tundra rozšířena v polárních oblastech, kde je specifikována jako **polární tundra**. Na severní polokouli (**arktická tundra**) se rozprostírá převážně na území Severní Ameriky, severu Eurasie včetně Grónska, Islandu a dalších arktických ostrovů.

Na jižní polokouli polární **tundra** pokrývá malé nezaledněné plochy **ostrovů Sub-antarktidy** (např. Falklandy, Jižní Georgie, Jižní Sandwichovy ostrovy, Kerguelény). Nezaledněné okrajové části Antarktidy (tvoří pouhých 2 % jejího povrchu) jsou popisovány jako polární oázy.

Obdobou polární tundry je příroda na hřebenech vysokých pohoří obou polokoulí. Většinou je označována jako **alpínská tundra** (pokrývá alpínský až nivální vegetační výškový stupeň).

Tam, kde se oba typy tunder prolínají, hovoříme o **arkto-alpínském tundře**. K té patří i biom na nejvyšších hřebenech a vrcholech Krkonoš – „krkonošská tundra“.

Rozšíření biomu tundra na zeměkouli



Záludné názvosloví

Při celkové rozloze biomu tundry (na všech kontinentech dohromady téměř 10 milionů km²) a geopolitické rozmanitosti příslušného území se nelze divit, že při čtení odborných i populárně naučných publikací se setkáme s řadou hodně odlišných termínů, které však popisují stejné nebo obdobné typy tundrové krajiny.

Z hlediska arktické tundry se dá zjednodušeně hovořit o americkém klasifikačním přístupu, zabývajícím se členěním tundry na území Severní Ameriky a Grónska, o ruském pojetí, které řeší členění arktických ekosystémů v ruské části Eurasie, nebo o severském přístupu týkajícím se Skandinávie. V početné literatuře tak narazíme na různě nazvané zóny či oblasti, které zohledňují charakter tundry podle měnící se zeměpisné šířky (na gradientu sever-jih) a vzdálenosti od oceánů (na gradientu oceanita–kontinentalita).

Nově je Arktida až Subarktida členěna do 6 podoblastí (A až F) rozlišených podle

vztahu mezi klimatem, typem mrazem formovaných půd a tomu odpovídající vegetací. U alpské tundry se používá členění podle nadmořské výšky a vzhledu rostlinstva, ovlivněného stanovištními podmínkami (klima, sklon a orientace svahů). Tomu odpovídají různé výškové zóny neboli tzv. vegetační výškové stupně. Na jižní polokouli má rozložení tundrového biomu rovněž svá specifika. Ta se týkají například vysokohorských oblastí And a rovníkové Afriky s tzv. afroalpínskou tundrou. se žitými názvy pro tamní tundru Pestrost názvů tundrového biomu v různých (puna nebo páramos) či tropických velehor částech světa dokládá přiložená tabulka.

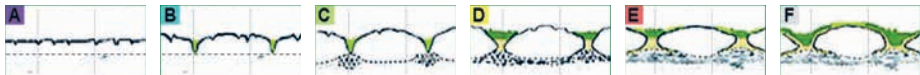


Krkonošská tundra je velmi podobná tundře ve Skandinávii. Utvářely a utvářejí je podobné přírodní podmínky

Srovnání názvů tundrového biomu

Alpínské oblasti	Arktida					Antarktida
		Amerika	Rusko		Skandinávie	
Nagy et Grabherr (2009)	Walker et al. (2003, 2005)	Bliss (1997)	Alexandrova (1980)	Matvejeva (1998)	Elvebakk et al. (1999)	Kanda, Komárková (1972)
nivální	A	polární poušť	polární poušť	polární poušť	polární poušť	jižní Antarktida (kontinent)
horní alpínský	B	vysoká Arktida	severní střední jižní	arktická tundra	severní střední jižní	severní maritimní podoblast
	C			typická tundra		
dolní alpínský	D	nízká Arktida	severní střední jižní	jižní tundra	keřovitá	
	E					
subalpínský	F	S u lesotundra	b a r lesotundra	k t i lesotundra	d a lesotundra	

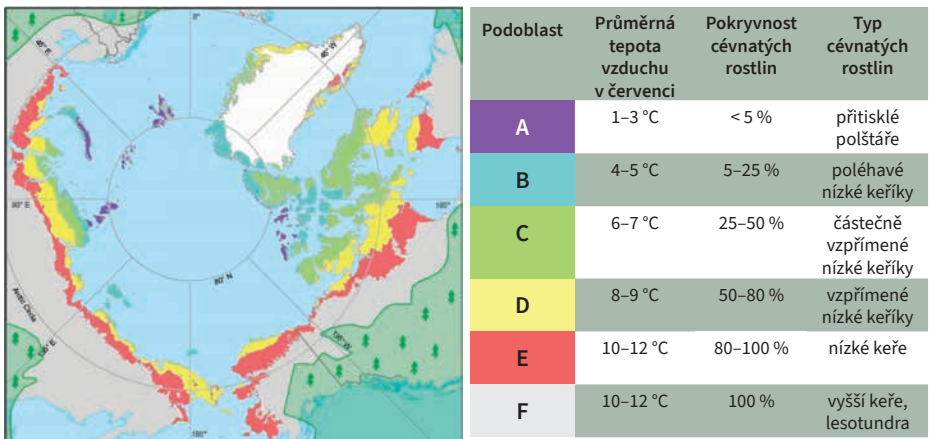
Charakter vegetace a mrazem formovaných půd



Cirkumpolární arktická vegetační mapa včetně Subarktidy

Upraveno dle Walkera et al. (2003, 2005), Pidwirny (2011)

Tundra Krkonoš má subarktické klima (Pidwirny 2011), charakter vegetace a reliéfových půdních forem odpovídá bioklimatickým podoblastem D/E až F.



Rozdílný svět polární a alpské tundry

V čem se tundrové oblasti vzdálené od sebe až tisíce kilometrů podobají a v čem se naopak liší? V podnebí, v květeně a zvířeně či v rytmu dne a noci? Život v tundře je po všech stránkách dokonalým svědectvím složitých adaptací k přežití v extrémních životních podmínkách.

Zatímco za polárními kruhy trvá zimní polární noc až několik měsíců a letní slunce několik měsíců vůbec nezapadá, v horách nižší zeměpisné šířky se tma a světlo v různé délce střídají každodenně. Roční versus denní rytmus života – to je zásadní rozdíl mezi polární a alpskou tundrou. Vegetační období je v tundře obecně krátké a limitu – je ho zejména rychlost odtávání sněhové pokrývky. V polárních oblastech na rozdíl od většiny alpských tunder však mohou rostliny po celé týdny téměř nepřetržitě asimilovat a růst, celodenní slunce navíc snižuje nebezpečí nočních mrazů. V polární tundře jsou mnohem častější podmačené a zrašelinělé půdy a tomu odpovídající společenstva rostlin a živočichů. Je to způsobeno

no přítomností permafrostu – dlouhodobě zmrzlé půdy, která během polárního léta roztává jen do hloubky několika decimetrů a znemožňuje hlubší vsakování vody z tajícího sněhu a ledu. V alpské tundře vysokých pohoří se naopak vyskytuje tzv. alpský permafrost – zmrzlé skalní podloží a zvětralinový plášť, jehož tání ovlivňuje různé druhy svahových sesuvů.

Z hlediska živých organismů oba typy tunder spojuje vikarizace – jev, kdy se příbuzní živočichové či rostliny v různých zeměpisných oblastech nahrazují. Například soba polárních krajů nahrazuje ve středoevropských horách jelen, bělokura tetřevka, břízu trpasličí borovice kleč.

Severské rašeliníště na hřebenech západních Krkonoš



NĚKTERÉ ROZDÍLY MEZI POLÁRNÍ A ALPÍNSKOU TUNDROU

Polární tundra

- vysoké zeměpisné šířky
- polární zima, polární léto
- permafrost
- palsy, pinga
- sob polární, bělokur horský, polární liška
- bříza Czerepanova, bříza trpasličí

Alpínská tundra

- převážně nižší zeměpisné šířky
- denní rytmus dne a noci
- alpínský permafrost
- svahové sesuvy, mury
- jelen lesní, tetřívek obecný, liška obecná
- bříza karpatská, borovice kleč



Tetřívky v Krkonoších a bělokur horský ve Skandinávii jsou příbuzní živočichové tundry obou oblastí ↑
Arktó-alpínská tundra v norském národním parku Rondane ↓



Tundrové prostředí různých míst severní
polokoule: Alpy, Špicberky, Národní park
Denali na Aljašce a Národní park
Jotunheimen v Norsku



Tundrové prostředí různých míst jižní
polokoule: NP Mt. Kenya v Africe,
Novozélandské Alpy, Ohňová země
v Jižní Americe, pohoří Huascarán
v Peruánských Andách



Geologická minulost tundry

Rozložení světových biotů nebylo vždy takové, jaké ho známe dnes. Ani Krkonoše se nerozkládaly stále na stejném místě Země. Jejich základ dokonce vznikl na jižní polokouli a červené půdy v podhůří Krkonoš dokládají přesun této části Českého masívu přes rovník a subtropy. Naše planeta prodělala během své téměř 5 miliard let trvající historie obrovské změny projevující se pohyby zemských desek, posuny kontinentů, horotvornou činností a změnami klimatu.

Z hlediska geologického času patří biot tundry k nejmladším.

Fosilie dřevin dokládají, že ještě na počátku mladších třetihor před ca 60–40 miliony let v celosvětově teplém klimatu neexistovaly klimaticky výrazně odlišné zeměpisné pásy a subtropická a tropická flóra se vyskytovala i vysoko na severu. Následné kolize zemských desek a horotvorné procesy vedly k vyvrásnění mnoha velehorských systémů – Himálaje, Alp, Kordillér, And. Jejich flóra a fauna se postupně přizpůsobovala tehdejší podmínkám a ve vrcholových polohách vznikl nový biot – alpská tundra.

Ochlazení na sklonku třetihor – před ca 2,6 miliony let – odstartovalo v geologické historii Země zatím poslední velkou éru dob ledových, označovanou jako pleistocén. Živá příroda se adaptovala na extrémní podmínky v podobě polární tundry. V průběhu pleistocénu se však střídala chladná období – **glaciály** s teplejšími meziledovými dobami – **interglaciály**. V poslední době meziledové (holocénu), která trvá již přibližně 10 tisíc let a v níž výkyvům klimatu čelí oba typy tundry – polární i alpské, dnes žijeme.



Setkání protikladů – těsné sousedství červených permských půd na úpatí Krkonoš vzniklých v horkém klimatu prvohor a podstatně mladší čtvrtohorní chladné tundrové krajiny původem z dob ledových na hřebenech

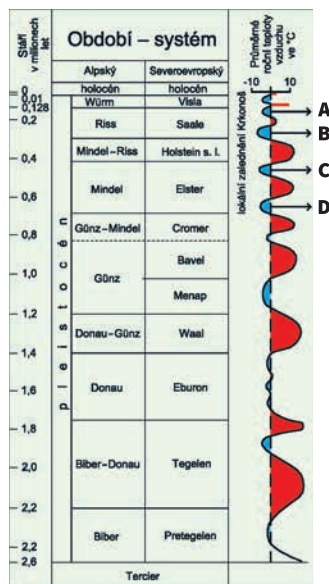
Orientační chronologická a stratigrafická tabulka holocénu (před 10 500 lety do současnosti) a pleistocénu (před 2,6 milionů až 10 500 lety)

Upraveno dle Czudka (1997, tab. 1, 2, 5), Sekyry et Sekyry (2002), Traczyka (2010), Nývlt (2007), Nývlt et al. (2011)

Odborníci dokládají v průběhu pleistocénu nejméně 18 dob ledových, jejichž časový rozsah a názvy se liší podle území, kterých se týkají – viz tabulka. Z hlediska vlivu na utváření české krajiny, květeny, zvířeny i osídlení jsou nejlépe doložena období pleistocénu, kdy skandinávský ledovec opakovaně pronikal daleko na jih (před ca 700 000 až 250 000 lety) a nejlépe je známa poslední fáze zaledňování, tzv. würm (před ca 115 000 až 10 500 lety, který však měl rovněž teplé interglaciály.

Zalednění skandinávským ledovcem:

- A** 60 000 BP, zalednění sev. Čech (Nývlt 2007)
- B** 367 000–347 000 BP, 297 000–251 000 BP, zalednění sev. Moravy (Macoun et Králík 1995)
- C** 430 000 BP, zalednění sev. Čech, (Nývlt et al. 2011)
 - 542 000–502 000 BP, 472 000–440 000 BP, zalednění sev. Moravy (Macoun et Králík 1995)
- D** 1620 000–635 000 BP, zalednění sev. Čech, (Nývlt et al. 2011) • 688 000–592 000 BP zalednění sev. Moravy (Macoun et Králík 1995) (BP = před současností)



Změny v průběhu holocénu (době poledové) v Krkonoších (dle Jankovské 2004)

Období, klima	Úpati	Hřebenová část	Horská údolí a střední polohy
Mladší subatlantikum před 800 lety až dodnes včetně Malé doby ledové	postupné osídlení člověkem: těžba hornin, dřeva - odlesnění, budní hospodářství, změna vegetace a fauny včetně změn v tundře		
Starší subatlantikum před 2800–800 lety vlhko, chladno i teplejší výkyvy	poslední období přirozených vegetačních stupňů před zásahem člověka		
Subboreál před 4500–2800 lety klimatický přechod k chladnějšímu klimatu	listnaté a smíšené lesy podhorské louky => submontánní stupeň	2x seskup tundry níže (před 2800–2237 lety)	tundra = střední alpský stupeň spodní alpský stupeň jehličnaté lesy a horské louky = montánní stupeň
Atlantikum před 7500–4500 lety tepleji o 2 až 3 °C, srážky o 60–70 % vyšší než dnes	kleč, tundra, max. rozsah rašeliníšť, horské louky - druhově bohatší než dnes	les jedlo-bukový => habr	les - smrk max. rozšíření, horní hranice lesa výše než dnes => jedle, smrk-buko-jedlový les, ústup borovice lesní
Boreál před 8500–7500 lety tepleji o 2 °C než dnes	rašeliníště, zmenšení rozsahu tundry, více kleče	les - smíšené doubravy max. rozšíření dub, jilm, javor, jasan, lipa	les - převaha smrku, na mokřadech ošíe, liska až na horní hranici lesa => buk
Preboreál před 10500–8500 lety chladnější o 5 °C než dnes	různé typy tundry, kleč	les - borovice lesní břiza pyřitá, liska => dub, javor, jasan, lipa	lesotundra až les břiza pyřitá, borovice lesní => liska, jilm
	polární tundra	permafrost zbytek ledovcové trvalé travné pole	keřová tundra až lesotundra břiza pyřitá, břiza trpasličí vrby, kleč

Severní a jižní polokoule během čtvrtohorního zalednění



Výrazné nunataky v okolí ledovce Monte Rosa v Alpách

Pleistocenní zalednění nepostihlo celou zeměkouli. Na severní polokouli se opakovaně vytvořily rozsáhlé pevninské ledovce, jejichž délka přesahovala 2 000 km a mocnost ledu až 3 km. V Severní Americe v době maxima ledovcové štíty dosáhly po dnešní New York, Chicago, Seattle, v Evropě zhruba mezi 700 000 až 160 000 lety pronikal skandinávský ledovec svým jižním okrajem až na území severní Moravy a Čech. Při posledním šíření pevninských ledovců před ca 115 000 až 10 500 lety se pod ledem opět ocitla severní Evropa, Britské ostrovy, směrem na východ Kyjev, Moskva. Ledovce Barentsova a Karského moře pokrývaly

i sever střední Sibiře. Rozsáhlé zalednění tehdy postihlo Alpy, Pyreneje, Karpaty. Z ledového příkrovu Alp vyčnívaly jako nunataky jen nejvyšší vrcholy, na sever se ledovec rozšířil až po dnešní Salzburg, Mnichov, Ženevu. Lokální zalednění postihlo i nižší evropské středohory: Krkonoše, méně Hrubý Jeseník, Šumavu, v JZ Evropě Vogézy, Schwarzwald a Centrální masiv.

Na jižní polokouli se zvětšil rozsah zamrzlých moří kolem Antarktidy (v té době byla již 14 milionů let pokryta kontinentálním ledovcem). Horské zalednění postihlo nejvyšší hory Afriky, Patagonii, Novozélandské

Alpy a subantarktické ostrovy. Hladina moří a oceánů poklesla až o 120 metrů, zvětšil se rozsah pouští a vzniklo několik „suchozemských mostů“, které umožnily migraci živočichů, rostlin a na konci pleistocénu i šíření lidské populace. Beringia spojovala Aljašku s Čukotkou, vznikl Sundský šelf v JV Asii a Sahulský šelf mezi Austrálií a Novou Guineou. V Evropě byla souší spojena jižní Skandinávie s Dánskem a Britskými ostrovy.

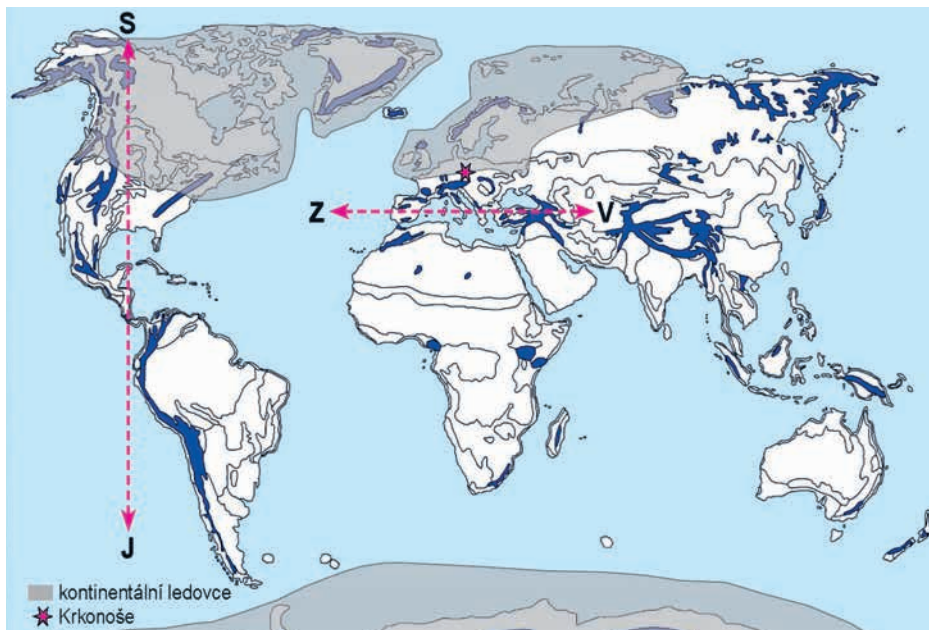
Hladina moří a oceánů poklesla až o 120 metrů, zvětšil se rozsah pouští a vzniklo několik „suchozemských mostů“, které umožnily migraci živočichů, rostlin a na konci pleistocénu i šíření lidské populace. Beringia spojovala Aljašku s Čukotkou, vznikl Sundský šelf v JV Asii a Sahulský šelf mezi Austrálií a Novou Guineou. V Evropě byla souší spojena jižní Skandinávie s Dánskem a Britskými ostrovy.

Zalednění Evropy



Rozložení světových hor

Polární pouště a tundra na severní polokouli ustupovaly opakovaně před čely kontinentálních ledovců na jih, což bylo pro pohyb organismů jednodušší v Severní Americe díky severojižní orientaci pohoří, na rozdíl od střední Evropy, kde významné hornatiny jsou protaženy spíše rovnoběžkově od západu k východu. Ze zaledněných horských oblastí sestoupila alpská tundra do nižších poloh.



Jak tehdy vypadala střední Evropa

Česká kotlina a okolní středohory představovaly ve střední Evropě úzké území mezi čelem skandinávského ledovce a zaledněnými Alpami. Proto se zde v chladných dobách postupně prolínal biot polární a alpské tundry. V horských oblastech a v blízkosti ledovců pravděpodobně existovala i polární poušť a nižší polohy pokrývala zvláštní mozaika tundry, chladné stepi, lesotundry a tajgy. Částečnou podobu takové krajiny lze dnes vidět v horách Skandinávie, v severní Kanadě, v severozápadní nebo jižní Sibiři – v oblasti Altaje. Vedle běžných zástupců fauny polárních krajín, jako jsou sob, polární liška, polární zajíc či lumíci, tady žila i megafauna – mamuti, srstnatí nosorožci, veledaňci, jeskynní medvědi, jeskynní lvi a jeskynní hyeny. V nejchladnějším období poslední doby

ledové, před přibližně 20 tisíci lety, se v českých krajinách předpokládá průměrná roční teplota cca o 15 °C nižší než dnes – na hřebenech Krkonoš konkrétně kolem -8 až -10 °C es je to kolem +1,6 °C).

Výrazné, leč kolísavé oteplení v následujícím holocénu způsobilo velké změny prostředí. Ledovce ustoupily severním směrem a do vysokých horských poloh, opět se zvedla hladina moří, změnilo se rostlinstvo, z velké části vymřela megafauna. Biot polární tundry ze střední Evropy zmizel, alpská tundra v nižších polohách (včetně hor typu Šumava či Krušné hory) zanikla vlivem šířícího se lesa, ve vysokých horách ustupovala do vyšších poloh, kam nedosáhl les – do alpského stupně. K tomu postupně došlo i v Krkonoších.

Medvědí jeskyně pod Kraví horou u Svobody nad Úpou, kde byl potvrzen výskyt medvěda jeskynního

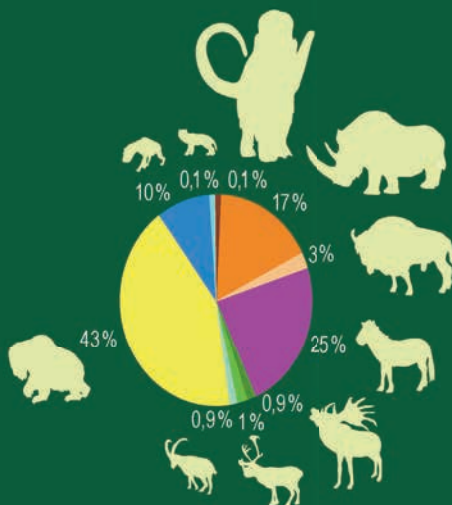


Složení megafauny

(dle Diedricha et Žáka, 2006)

Kruhový diagram se zastoupením pleistocenní fauny v potravě hyeny jeskynní ve Svatopropkové jeskyni ve středních Čechách.

43 %	medvěd jeskynní
25 %	kůň Převalského
17 %	nosorožec srstnatý
10 %	hyena skvrnitá jeskynní
3 %	bizon pravěký
1 %	jelen evropský
0,9 %	veledaněk
0,9 %	kozorožec horský
0,1 %	lev jeskynní
0,1 %	mamut srstnatý



Medvěd jeskynní

Několik kostí medvěda jeskynního bylo na území Krkonoš nalezeno v jeskyni u Svobody nad Úpou. Největším nalezištěm zbytků megafauny ve Vysokých Sudetách je však Medvědí jeskyně na polské straně Králického Sněžníku.



Model kostry medvěda jeskynního ze Sloupsko-šošůvských jeskyní

Krkonoše v předpolí ledovců

Krkonoše mají ve středoevropské krajině v blízkosti 50° severní šířky výjimečnou polohu. Jsou zde jediným pohořím, jehož hřebeny výrazně přesahují alpskou hranici lesa. Ční nad severoněmeckými a polskými nížinami jako výrazný horský val, který po tisíciletí stojí v cestě vlhkým JZ a studeným SZ větrům od Atlantiku.

Stulené a vlhké klima tak z těchto nízkých středohor vytváří významné území, které je dokladem velkých událostí ve vývoji středoevropské přírody.

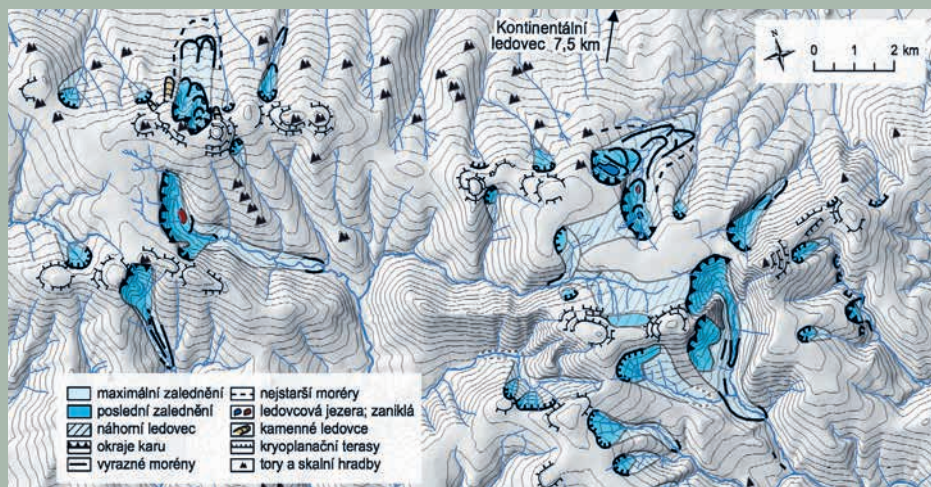
V průběhu pleistocenního zalednění až do blízkosti severního úpatí Krkonoše opakovaně zasahoval pevninský skandinávský ledovec. Jeho blízkost vedla v řadě krkonošských údolí ke vzniku lokálně omezených ledovců. Největší stékaly Obřím a Labským dolem. Na nezaledněné části Krkonoše se v tehdejší velmi chladném (periglaciálním) klimatu šířila polární tundra.

Také současně se zvětšující rozsah zalednění Alp měl za následek sestup alpské tundry z alpských svahů do nižších poloh a směrem na sever až do České kotliny, v níž docházelo

k opakovanému ústupu lesů a prolínání chladnomilných organismů polární a alpské tundry.

Tundrové bezlesí se v podobě reliktu arkticko-alpské tundry udrželo na hřebenech Krkonoše i během oteplení v holocénu – na rozdíl od nižších horských poloh a podhůří, kde postupně převládly zapojené lesní porosty. Biodiverzita současné krkonošské tundry je proto výsledkem křížování různých migračních proudů rostlin a živočichů a nemá v evropských středohorách obdobu.

Lokální zalednění Krkonoš v pleistocénu (dle Sekyra J. et Sekyra Z., 2002)





Rekonstrukce možné podoby ledovce v Obřím dole (dle návrhu V. Pilouse)

Na základě tvarů terénu a určení jejich stáří dokážou odborníci moderními vědeckými metodami rekonstruovat pravděpodobný vzhled a vývoj krajiny před tisíci až miliony let. Datování stáří rašelinišť, analýza pylových zrn konzervovaných v organických vrstvách a nálezy fosilních zbytků živočichů (např. hmyzu, schránek měkkýšů, kostí obratlovců) umožní popsat vývoj vegetace i složení tehdejší zvěřiny a jejich změny. Máme tak doloženo, že na počátku holocénu v Krkonoších rostly např. jirnice modrá, trávnička přímořská nebo bříza trpasličí – rostliny, které dnes v tomto pohorí již nerostou, ale jsou běžné na severu Evropy.

Trávnička přímořská (*Armeria maritima*)



Zrod představy krkonošské tundry

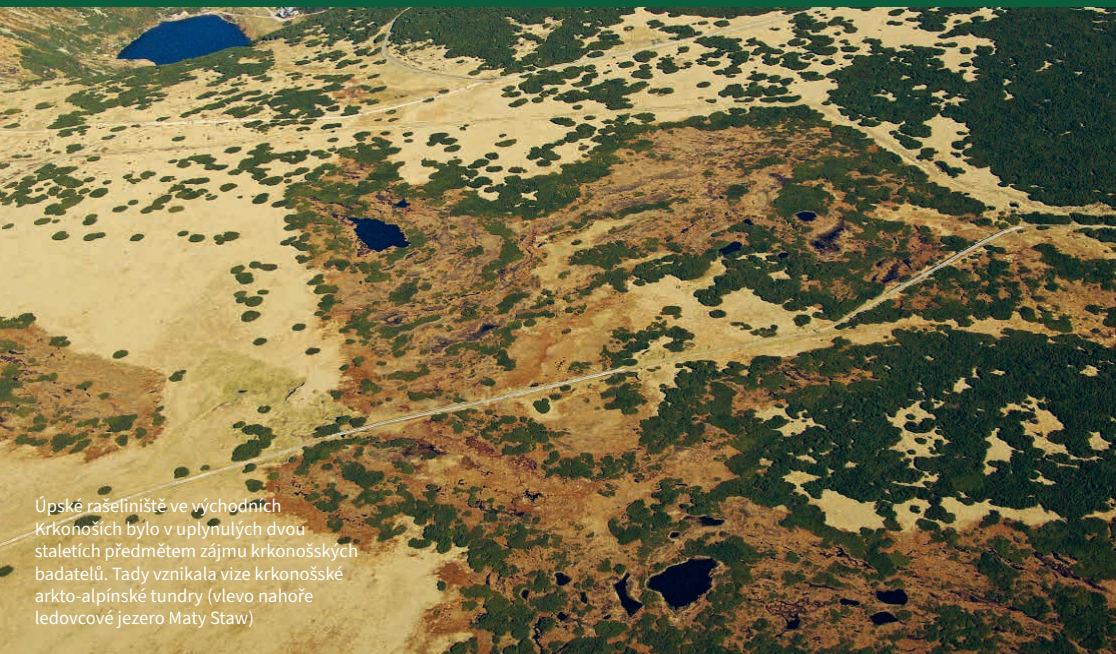
Krkonoše patří mezi nejprobádanější pohoří Evropy, ne-li světa. Od 16. století tady působily početné generace vědců z Čech i okolních evropských zemí.

Nacházely zde odpovědi na rozmanité problémy vývoje horské krajiny a přírody evropského kontinentu.

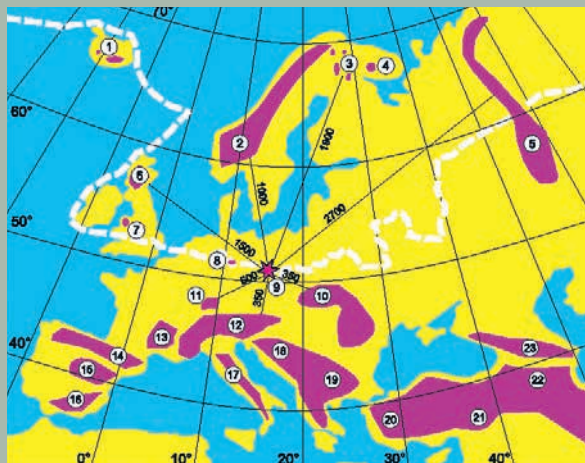
Tundrové prostředí a místní zalednění Krkonoš poprvé popsal již v roce 1894 německý geograf J. Partch, následně pak švédský geolog B. Högbom, čeští přírodovědci J. Podpěra nebo E. Hadač hledali vysvětlení podobnosti krajiny Krkonoš a severní Evropy. Palynologové K. Rudolph a F. Firbas použili ve svých pracích z Krkonoš termín „subarktická rašeliniště“, geolog J. Kunský psal o hřebenech Krkonoš jako o „zarůstající tundře zbylé tu z ledových dob“, geomorfologové J. Sekyra, M. Prosová, A. Jahn či geobotanik J. Jeník popisovali periglaciální jevy na hřebenech nejen Krkonoš, ale i Hrubého Jeseníku či Králického Sněžníku. Vědci si postupně uvědomovali, jak jsou Krkonoše a celé Vysoké Sudety unikátním

prostředím uprostřed Evropy. Jak se vývoj těchto geologicky starých pohoří mnohem více podobá vývoji krajiny na severu Evropy než vývoji „mladších“ Alp, Pyrenejí či Karpat.

Desetiletí výzkumu všech fenoménů krkonošské přírody a jejich porovnání s dalšími horstvy Evropy vedly koncem 20. století k popisu a definování arкто-alpínské tundry Krkonoš a její odlišnosti od tundrového prostředí Skandinávie a Alp. Termín **arkto-alpínská tundra** nejlépe vystihuje, co se v prostoru střední Evropy odehrávalo během chladných období pleistocénu a na začátku holocénu a co i nadále existuje jako živé muzeum těchto událostí.



Úpské rašeliniště ve východních Krkonoších bylo v uplynulých dvou staletích předmětem zájmu krkonošských badatelů. Tady vznikala vize krkonošské arкто-alpínské tundry (vlevo nahoře ledovcové jezero Maty Staw)



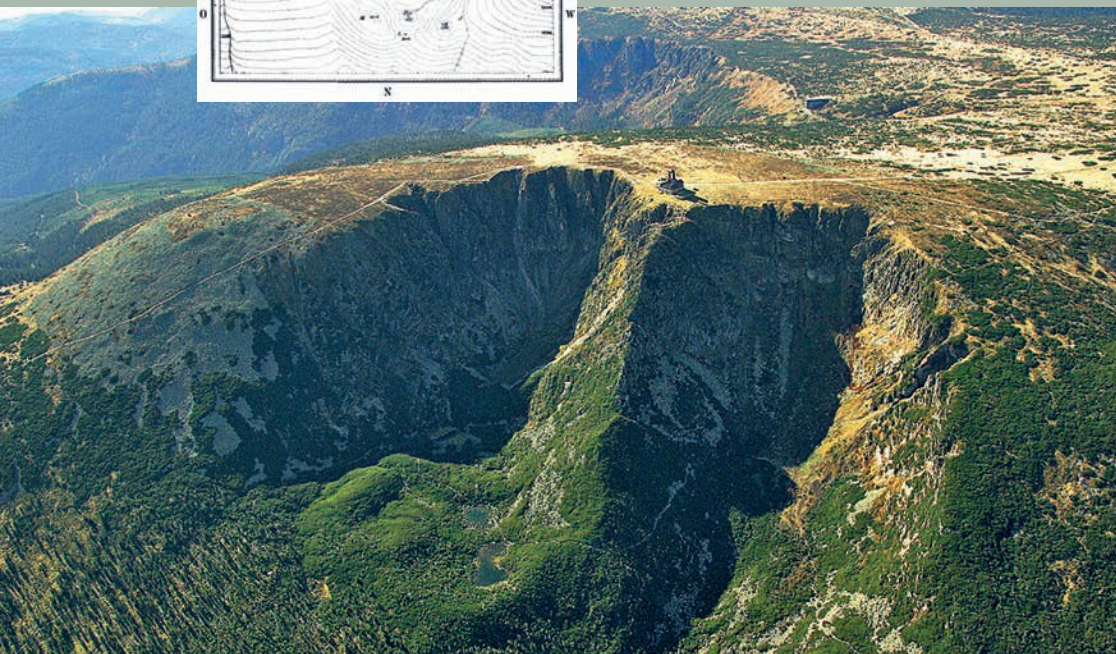
Vzdálenost Krkonoš (v km) od nejbližších horských systémů přesahujících svou výškou alpínskou hranici lesa (upraveno dle Jeníka 1994)

Arkto-alpínská tundra: (1) Island, (2) Skandý, (3) horské oblasti Finska, (4) Chibiny, (5) Ural, (6) Skotská vysočina, (7) Snowdonia, (8) Harz, (9) Krkonoše

Alpínská tundra: (10) Karpaty, (11) Vogézy, Schwarzwald, (12) Alpy, (13) Centrální masiv, (14) Kantaberská pohoří, (15) Iberský masiv, (16) Sierra Nevada, (17) Apeniny, (18) Dinaridy, (19) Balkanidy, (20) pohoří Anatolie, (21) Taurus, (22) Malý Kavkaz, (23) Kavkaz



- ← Původní zakres zalednění Sněžných jam od geografa Partsche a jejich reálná podoba
- ✓ Dvojice ledovcových karů Sněžných jam na severních svazích západních Krkonoš



Co víme o krkonošské arkto-alpínské tundře

V celé střední Evropě je to unikátní prostředí, které na české a polské straně pokrývá dohromady pouhých 47 km² nad alpínskou hranicí lesa (7,4 % z rozlohy Krkonoš). Zahrnuje ledovcové kary, alpínské trávníky a rašeliniště na náhorních plošinách (etchplénech) i mrazem a větrem formované nejvyšší vrcholy.

Krkonoše jsou velmi přehledné v uspořádání reliéfu, horninového podloží i klimatických podmínek. Tundrová oblast je vyvinuta odděleně v jejích západní a východní části. Obě mají shodný geologicko-geomorfologický základ: dva souběžné hřbety – Český a Pohraniční – protažené ve směru Z–V, oddělené říčním údolím

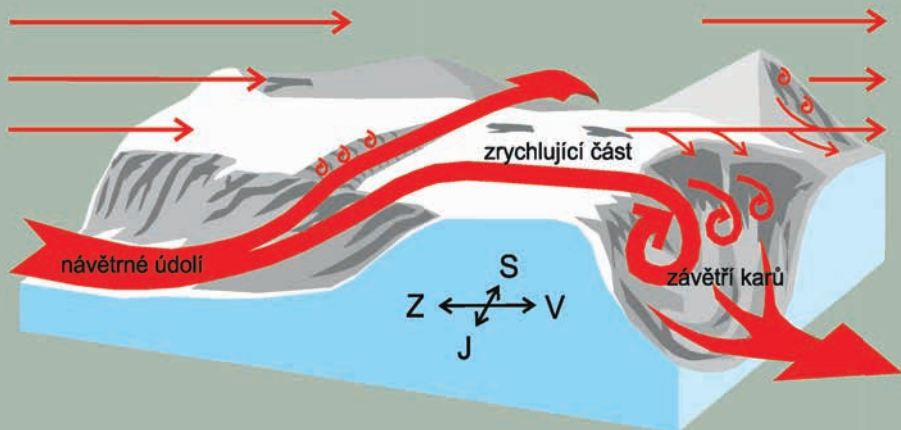
a propojené prastarým reliéfem náhorních plošin (v západních Krkonoších v okolí Labské boudy, ve východních v okolí Luční boudy). Na ně navazují uzávěry závětrných údolí v minulosti vyplněných ledovci. Toto uspořádání koresponduje s převládajícím JZ až Z větrným prouděním a srážkami a to v důsledku atmosférické cirkulace

Zbytky jarních sněhových polí na závětrných svazích Úpské jámy



mezi 30° a 60° severní šířky. Výsledkem je specifické rozložení sněhu, činnost sněhových lavin, drsné klima a tomu odpovídající rozmanitost společenstev rostlin a živočichů. Celý tento propojený komplex – reliéf, větrné proudění (návětrné

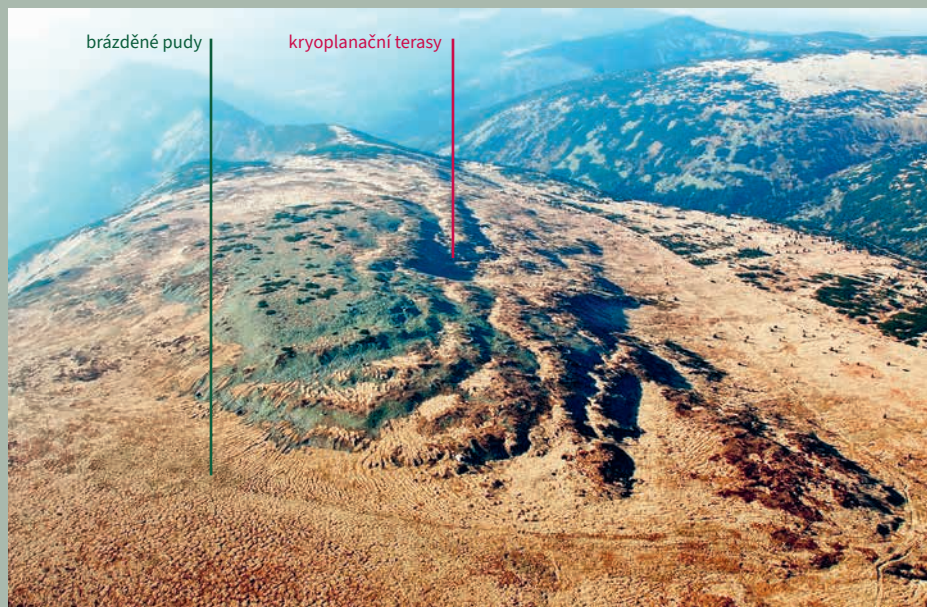
údolí, zrychlující hřebenová část, závětrří) a biodiverzita – se nazývá anemo-orografický systém a v Krkonoších je vyvinut snad nejvýrazněji z celé Evropy. Tundra je vázaná převážně na hřebeny a závětrří A-O systémů.



Modelový profil A-O systému Bílého Labe (J. Kalenská). Výrazná orografie návětrtných a závětrtných svahů východních Vysokých Krkonoš v prostoru mezi Kozími hřbety a Sněžkou ↑
Hlavní směry větrného proudění v Krkonoších po tisíciletí ovlivňují anemo-orografické poměry v údolích Mumlavy, Labe, Bílého Labe a Úpy ↓



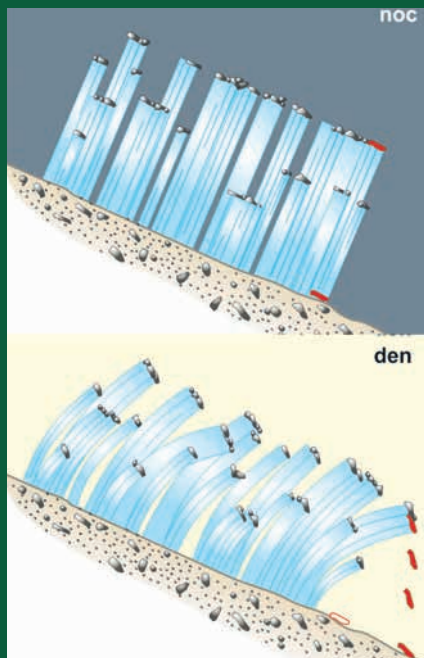
Zóna lišejníkové tundry – kryo-eolická



Kryoplanační terasy a mrazem tříděné půdy na svazích Luční hory

Nejvyšší vrcholy Krkonoš s mělkými kamennými půdami – Sněžku, Obří hřeben, Luční a Studniční horu, Malý Šišák, Smogorniu a Vysoké Kolo – pokrývá **kryo-eolická zóna**. Je vystavena dlouhodobému vlivu mrazu (**kryo-**) a větru (**eo-**). V dobách ledových při existenci permafrostu, intenzivním mrazovým zvětrávání, následném třídění zvětralin, střídání hlubokého zamrzání a rozmrzání půdy a půdotoku (geli- a soliflukce) tak byly vrcholy a jejich svahy stupňovitě přemodelovány do kryoplanačních teras, vznikla rozlehlá kamenná moře, různé typy mrazových (kryogenních) a soliflukčních půdních forem – polygonů, pruhů a brázd, soliflukčních valů. I v současnosti je to klimaticky nejdrsnější oblast Krkonoš (průměrná roční teplota se pohybuje jen kolem +1 °C).

Sněhová pokrývka je v důsledku silných větrů nízká a přetrvává pouze několik měsíců v roce. Paradoxem jsou sněhová pole podmíněná zavátím kryoplanačních teras. Mrazové procesy – i když s mnohem menší intenzitou – dodnes udržují kryoreliéf, který je ve středohorách střední Evropy výjimečný a jehož obdobu nalezneme pouze v polární tundře a studených velehorských pouštích světa. Mrazem a větrem narušovanou vegetaci tvoří společenstva rostlin nesnášejících vyšší a déletrvající sněhovou pokrývku. Patří mezi ně vzácné severské a alpské lišejníky a mechorosty. Z fauny tady našli domov členovci, obzvláště hmyz (motýli, dvoukřídlí, stěvlíci), z nichž mnohé druhy patří ke glaciálním reliktnům.



Jehlovitý půdní led

Příčný profil jehlovitým ledem znázorňující mechanismus posunu úlomků horniny při jeho vzniku a zániku v cyklu den–noc (dle J. Sekyry, 1960)



Mrazem tříděné sutě na Obřím hřebenu

CO ROSTE A ŽIJE V LIŠEJNÍKOVÉ TUNDŘE

- prvosenka nejmenší (*Primula minima*)
- jestřábník alpský (*Hieracium alpinum*)
- plavuník alpínský (*Diphasiastrum alpinum*)
- šídlovec kůstkovitý (*Thamnia vermicularis*)
- kulík hnědý (*Charadrius morinellus*)
- huňatec žlutopásný krkonošský (*Psodos quadrifarius*)
- střívkáč rezavý (*Nebria rufescens*)
- slídač ostnohý (*Acantholycosa norvegica*)

Zóna travnaté tundry – kryo-vegetační

Jen o necelých 200 metrů níže od vrcholů se v okolí Luční a Labské boudy rozkládají dvě rozlehlé pláně pokryté mozaikou alpínských trávníků s převahou smilky tuhé, kleče a severských strukturovaných rašelinišť. Jsou to místa méně větrná, mírně svažitá, s vysokým množstvím sněhových a dešťových srážek (ca 1200 mm/rok). Sněhová pokrývka dosahuje v průměru kolem 180 cm, vytrvává přes

půl roku, běžná jsou jarní a letní sněhová pole. Průměrná roční teplota se pohybuje kolem $+1,6^{\circ}\text{C}$. Zvětralinový plášť a podzolové půdy jsou tady hlubší. To vše v minulosti umožnilo bujný rozvoj travinné a rašeliništní vegetace, která překryla mrazem tvarovaný reliéf polygonálních a brázděných půd. Další tvary vznikly soliflukcí, pozoruhodné jsou horské růžencové toky, putující kamenné

Úpské rašeliniště ve východních Krkonoších je zařazeno na seznamu Ramsarské konvence o ochraně světově významných mokřadů





Rašeliník Lindbergův, ostružiník moruška a modráček tundrový (dole)
patří mezi elitní sestavu obyvatel krkonošských rašelinišť ↑
Řez zarostlými polygonálními půdami na Luční pláni (Sekyra 1960) ↓



Unikátní je endemické společenstvo borovice kleče a ostružiníku morušky, které nikde jinde na světě nenajdeme. Moruška má v Krkonoších své nejjižnější evropské útočiště, kleč naopak nejsevernější. Skvostem ptačí fauny je migrující severský slavík modráček.

bloky, rašelinné kopečky pounikos nebo rašelinné kupy, tvarem a odtrháváním celých bloků rašeliny připomínající severské palsy. Je to krajina podobná polárním a subpolárním oblastem severu Evropy, ale i Patagonie či Nového Zélandu. Její současný ráz však podstatně ovlivnilo budní hospodaření a posléze i výsadby nových porostů kleče. Rašeliniště začala ve vyšších polohách Krkonoších vznikat před asi 7 000 až 5 000 lety.

Mnohé zdejší rostliny jsou běžné na severu Evropy a do Krkonoš doputovaly kdysi dávno jako vyslanci polární tundry. Patří mezi ně ostružiník moruška, ostřice Bigelowova, všivec krkonošský nebo rašeliník Lindbergův. Krkonoše jsou nejjižnější výspou jejich rozšíření. Fauna hostí mnohé glaciální relikty, např. pavouky, vážky či hraboše mokřadního, jehož populace se cyklicky mění. Mimo zimní období sem vystupuje jelení zvěř.

Zóna květnaté tundry



Schustlerova zahrádka na svazích Pančavské jámy nese jméno významného krkonošského vědce Františka Schustlera, který zpracoval již v roce 1923 první návrh na zřízení Krkonošského národního parku

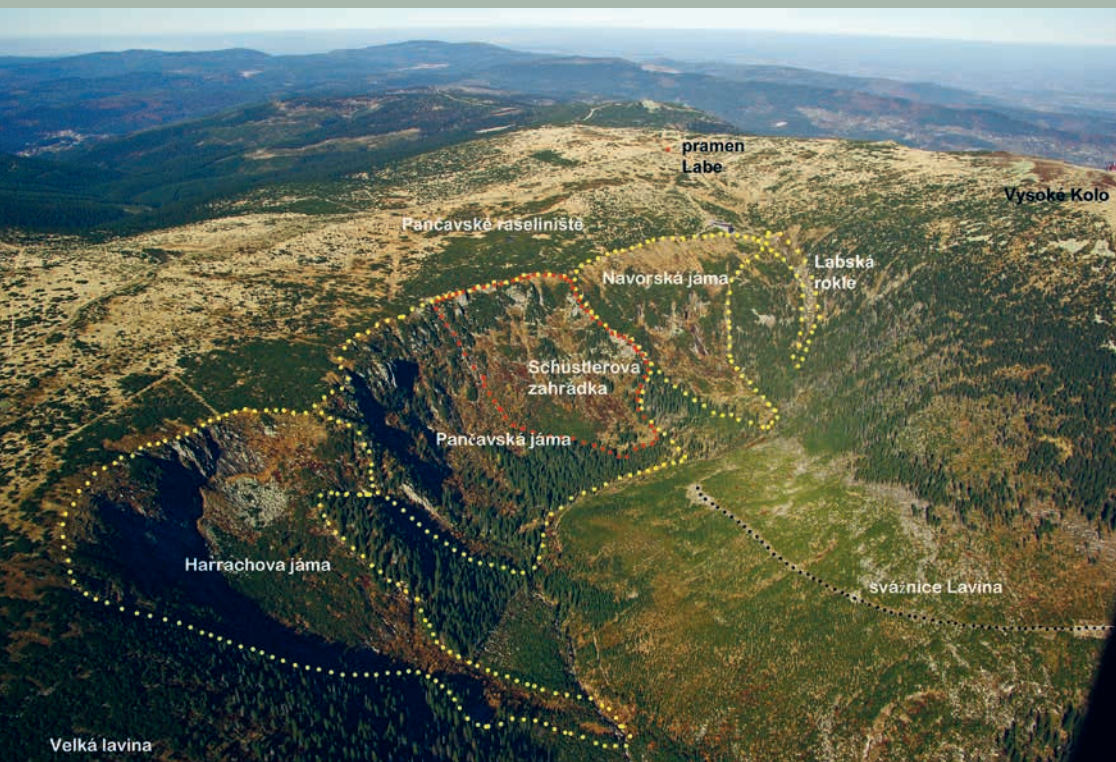
Rozkládá se v závětrné části A-O systémů. Hluboké amfiteátry ledovcových karů (v místním názvosloví „jámy“) jsou tou částí tundry, kterou v minulosti vyplňovaly ledovce a kde i po jejich odtátí po dlouhá tisíciletí nadále působí mrazové zvětrávání obnažených skalních stěn, na hranách se v zimě tvoří mohutné sněhové převěje a svahy obrušují laviny. Hlavními aktéry jsou sníh (**niveo-**) a led (**glaci-**), odtud název **niveo-glacigenní zóna**. Patří k ní i sněhové prohlubně, nivační deprese a svahy s letními sněhovými poli.

Především v karech se však propojují účinky pomístně příznivého mikroklimatu, dostatečné vlhkosti, ale i minerálního bohatství obnažených skalních stěn. Po celý holocén působící sněhové laviny zde

podpořily vznik neobyčejně pestré mozaiky ekosystémů (např. prameniště, alpské nivy, keřová společenstva křivolesů), kde v těsném sousedství horských a severských rostlin a živočichů žijí druhy podhůří a nížin, organismy chladnomilné vedle teplomilných, světlomilné vedle stínomilných. Je to prostředí krkonošských botanických zahrádek, které již dávno před příchodem badatelů dobře znali a pojmenovali naši předci (např. Krkonošova nebo Čertova zahrádka, později přibyla např. Schustlerova nebo Kotelská zahrádka). Druhově nejbohatší je Čedičová rokle v Malé Sněžné jámě na polské straně hor. Obdobou květnaté tundry krkonošských karů je jádro Velké a Malé kotliny v Hrubém Jeseníku. Jejich flóra a fauna patří mezi nejbohatší v evropských středohorách.



Na svazích krkonošských jam rostou lavinami bizarně tvarované
 křivolesy s břízou karpatskou a endemickým jeřábem sudetským ↑
 Labské jámy při pohledu z letadla ↓



Na hranici dvou světů

Nadmořská výška v kombinaci s mnoha klimatickými silami se v horské krajině zřetelně projevuje zastoupením různých životních forem rostlin, podle nichž se rozlišují tzv. vegetační výškové stupně. V Krkonoších existují čtyři – podhorský, horský, spodní alpský a svrchní alpský stupeň. Mezi druhým a třetím stupněm se klikatí alpská hranice lesa, dělící svět stromů od světa horských keřů, keříčků, bylin, travin, mechorostů a lišejníků.



Smrk a kleč – dvě hlavní dřeviny ekotonu alpské hranice lesa. Nad hranicí lesa postupně převládne keřovitá kleč a smrk přežívá v jednotlivých smrkových rodinách

Alpská hranice lesa (dále jen AHL) je různě široký pás zvaný ekoton, ve kterém se v závislosti na mnoha přírodních podmínkách mění životní strategie růstu dominantních rostlin. Stromy odtud mizí, protože k vývoji dřeva v kmenech a větvích je zde nedostatek tepla a příliš krátká vegetační

doba. Nízké keře a keříky jsou pro takové prostředí lépe přizpůsobeny a postupně stromy nahrazují. V Krkonoších se to týká smrku ztepilého, který je hlavní dřevinou horských lesů. V přechodném pásu – ekotonu AHL, je silně poškozován mrazem, větrem, sněhem a ledem a nahrazují ho

porosty borovice kleče, některých druhů
bříz, vrb a jeřábů.

Tvary dřevin na AHL dokonale odpovídají
tamním životním podmínkám. Drsnějšímu
klimatu se stromy snaží přizpůsobit klo-
nálním růstem – zakořeňováním větví vy-
tvářejí tzv. smrkové rodiny. Zakořeňování
poléhavých větví je zcela obvyklé u kleče,
která smrk na svazích postupně vystřídá.

Podle nápadně tvarovaných vlajkových
forem korun dřevin lze rozpoznat převlá-
dající směr větrného proudění. Také laviny
a plazivý sníh výrazně ovlivňují podobu
dřevin na AHL. Opakované zlomy kmenů
a větví vedou k vytváření bizarních lavino-
vých forem dřevin.

Vlajková forma smrku na alpské hranici lesa →
parková hranice lesa na JV svazích Sněžky ↓



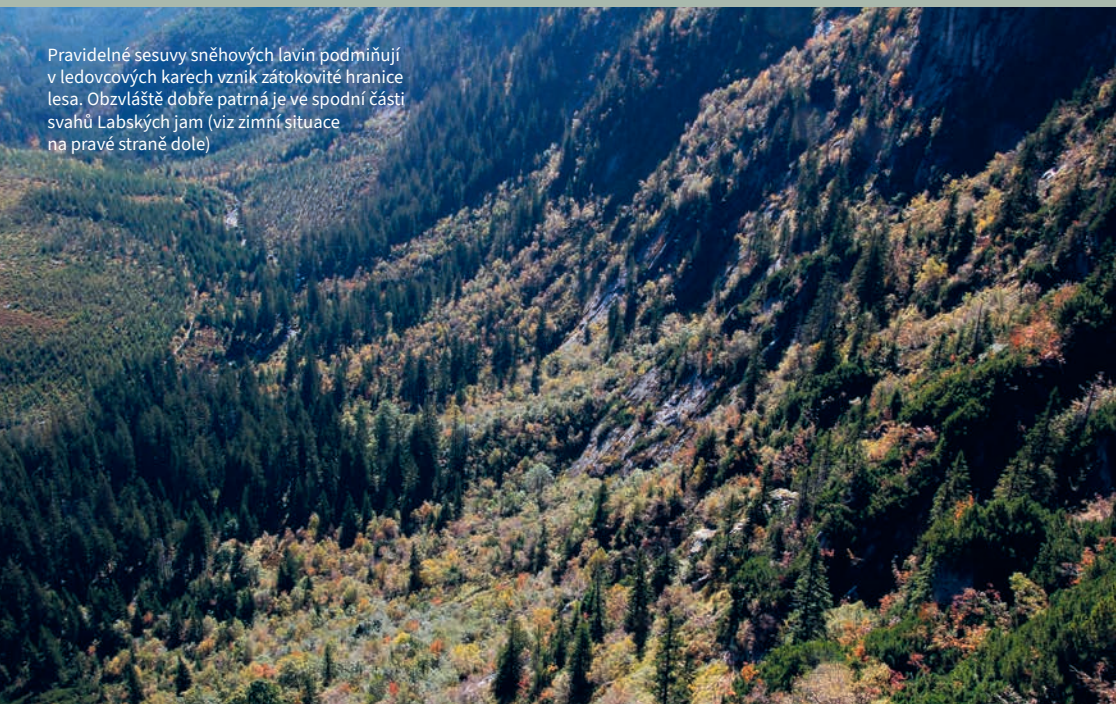
Proměny alpinské a polární hranice lesa

Přirozená alpinská hranice lesa má na zeměkouli velmi rozmanité podoby, probíhá v různých nadmořských výškách podle velikosti, výšky hor a klimatu a její vzhled tvoří nejrůznější dřeviny. Spolu s polární hranicí lesa představují citlivé a dynamické prostředí, které reaguje i na probíhající globální klimatické změny. Jsou citlivým indikátorem budoucího vývoje tundrového biomu v různých částech světa.

Průběh AHL kolísá v rozmezí mnoha desítek metrů v závislosti na reliéfu, orientaci svahů, větrném proudění, vlivu sněhových a zemních lavin a souvisí i s dřívějším hospodařením horalů. Zatímco v Krkonoších probíhá v rozmezí 1 200 až 1350 m n. m., v Tatrách kolem 1 600 m n. m., v Alpách je to již přes 2 000 m n. m., v afrických velehorách přes 3 000 m n. m. a v Himálaji dokonce přes 4 000 m n. m. V nejsevernějších oblastech Eurasie a Severní Ameriky její průběh naopak klesá až téměř k mořské hladině a tak plynule přechází v polární (arktickou) hranici lesa.

V Krkonoších je v ekotonu AHL smrk postupně vystřídán klečí, jeřábem a břízou karpatskou a rostou tu i mnohé teplotně náročnější dřeviny (líska, lípa), v Karpatech a Alpách se prolíná smrk a modřín s klečí, limbou, jalovci a v Alpách i s pěnišníky, ve skandinávských horách je to bříza Czerepanova a jalovce, na Sibiři břízy, modřiny a smrky, v Himálaji je to bříza himálajská a různé druhy jalovců či pěnišníků. V tropických velehorách tvoří hranici lesa některé druhy vřesovců, ale i starčky, lobélie či klejovky, na jižní polokouli v Patagonii nebo na Novém Zélandu např. pabuky.

Pravidelné sesuvy sněhových lavin podmiňují v ledovcových karech vznik zátokovité hranice lesa. Obzvláště dobře patrná je ve spodní části svahů Labských jam (viz zimní situace na pravé straně dole)





Alpínská hranice lesa s břizou Czerepanovou v pohoří Abisko v severním Švédsku plynule přechází v polární hranici lesa. Břizy jsou častými průvodci lavinových drah v různých pohořích světa



Vidět, poznat a pochopit

Hodnotu krkonošské arкто-alpínské tundry lze objektivně posoudit pouze na základě jejího srovnání s jinými krajinami, kde se tundrový biom rozkládá.

Klíčové je proto mít možnost na vlastní oči spatřit, zkoumat a srovnávat různé podoby tundrové krajiny a její přírody.

V roce 1939 využil český botanik Emil Hadač možnost pravidelné „výletní“ plavby s Hamburskou plavební společností po trase Faerské ostrovy, Island, Jan Mayen, Špicberky, Medvědí ostrov, Nordkap, pobřeží Norska. Tam se přesvědčil, jak je důležité pro pochopení květeny a vzhledu našich hor poznat sever Evropy, odkud se při ochlazení klimatu šířil skandinávský ledovec. Až v polovině 20. století geobotanikové z Univerzity Karlovy v Praze identifikovali klíčové vlastnosti Vysokých Sudet a v jejich rámci popsali mnohostranné přírodní spojitosti Krkonoš s alpskými a severskými krajinami. Jejich poznatky přispěly k pochopení unikátní hodnoty krkonošské tundry a podpořily proces zakládání prvních přírodních rezervací a v roce 1963 i KRMAP – prvního národního parku v českých zemích. V roce 1992 došlo k zařazení Krkonoš do světové sítě biosférických rezervací UNESCO a krátce poté vznikl spolu s polskou částí KPN jeden z prvních evropských přeshraničních národních parků. S podporou EUROPARC Federation, mci spolupráce české, švédské či ruské Akademie věd a pod hlavičkou mezinárodních projektů ITEX, ATANS odborníci Správy KRMAP a AV ČR realizovali srovnávací výzkumy ve Skotsku, Švédsku, Norsku, Belgii, Rakousku, Finsku, Francii, Německu, na Kolském poloostrově, v oblasti Polárního Uralu, Sibiře. Dvacetileté úsilí tak výrazně posunulo význam krkonošské tundry na mezinárodní úroveň. Od r. 2008 jsou její alpínské vrcholy součástí projektu GLORIA monitorujícího po celém světě vliv změn klimatu na alpínskou vegetaci a v roce 2011 byly Krkonoše zařazeny jako nejjižnější lokalita arкто-alpínské tundry v Evropě do sítě stanic INTERACT, komplexně sledujících změny arktických a alpínských ekosystémů.

Moderní monitoring přírodního prostředí krkonošské tundry v rámci celosvětového projektu ITEX (International Tundra Experiment). Výzkum pomocí „otevřených skleníků“ je zaměřený na simulaci vlivu oteplení na tundrové ekosystémy





KRNAP spolu s univerzitními a akademickými pracovníky provádějí/provádějí srovnávací studie krkonošské (●) severské (●) a alpské (●) tundry. Plavba E. Hadače (-). Aktivita dalších českých odborníků včetně současné české polární stanice na Špicberkách (●).

Botanici podrobně sledují rozšíření zvonku českého i chování této významné endemické rostliny Krkonoš

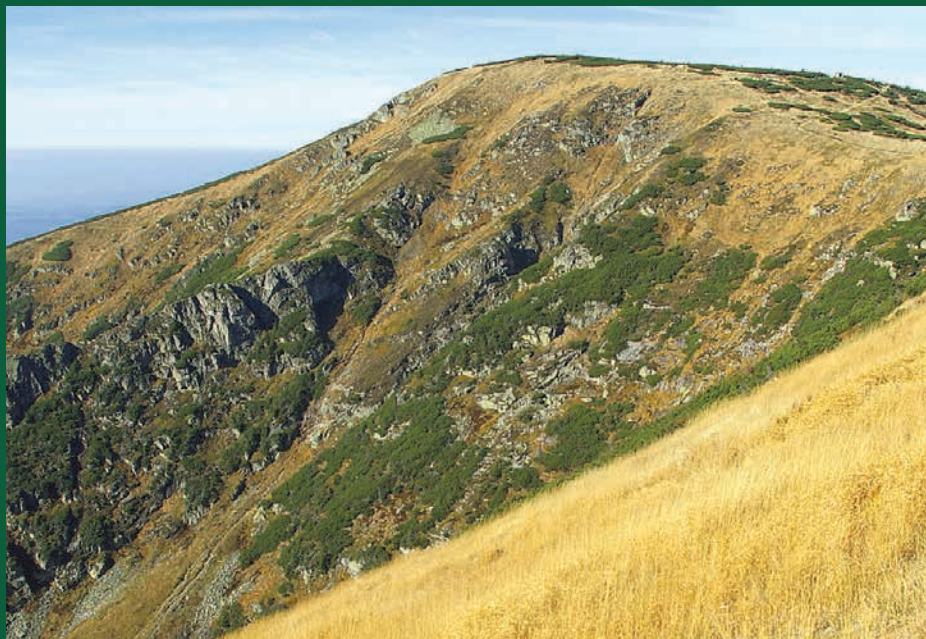


Výzkum sněhové pokrývky na lavinovém svahu Pančavské jámy



Tundra v Krkonoších a dalších hercynských pohořích

Krkonoše patří do systému starých pohoří střední Evropy vzniklých v prvohorách při hercynském vrásnění (Vogézy, Schwarzwald, Harz, Šumava, Krušné hory, Sudety). Zachovala se tundra v některých z nich?



Dvojice ledovcových karů Kotelních jam v západních Krkonoších. Ledovcový kar na svazích hory Hohnock ve Vogézách (na pravé straně)

Krkonoše tvoří spolu s Hrubým Jeseníkem a Králickým Sněžníkem Vysoké Sudety. Na Sněžníku existují tundrové trávníky, keříčková společenstva, periglaciální sutě, mrazem tříděné půdy a lavinami ovlivněná alpská hranice lesa, ale jedná se pouze o jediný izolovaný vrchol. Hřeben Hrubého Jeseníku již představuje rozsáhlejší území s dobře vytvořenou arкто-alpínskou tundrou včetně glaciálních relikтів. Proto mluvíme nejen o krkonošské, ale o arкто-alpínské tundře Vysokých Sudet. Šumava, Krušné a Jizerské

hory jsou nižší, chybí jim alpínský stupeň a tundrový ráz si zčásti zachovala pouze rašeliniště. Na Šumavě dokládají zalednění lesem zarostlé karové stěny a osm ledovcových jezer.

Schwarzwald a Vogézy byly během pleistocénu také místně zaledněny, je však zřejmé, že se ráz krajiny (kary, jezera, lavinové dráhy, alpínské trávníky v nejvyšších polohách), flóra i fauna více blíží alpínské než polární tundře. Patrně následkem oceánického

klimatu a větší vzdálenosti od skandinávského ledovce mají málo vyvinutý kryoreliéf a nedochovaly se ani glaciální relikt. Zato masív Brockenu (nejvyšší vrchol Harzu), v pleistocénu místně zaledněný

a v dosahu skandinávského ledovce, má již rysy arкто-alpínských tundry. Najdeme zde severské smilkové trávniky a rašeliniště s arкто-alpínskými organismy, ale i mrazové sruby a periglaciální sutě.



Jeřáb sudetský je endemitem Krkonoš ↓

Jeřáb Mougeotův ↓ je rodákem z pohoří Vogézy ve Francii ↑



Svět severně od Krkonoš

Vydáme-li se do oblasti severního Skotska, Skandinávie, Kolského poloostrova nebo Uralu, tam všude se rozkládá severská tundra a lesotundra, jejíž období známe z Krkonoš, neboť do nich kdysi dávno doputovala v předpolí narůstajících i ustupujících ledových mas.

Žulové pohoří Cairngorm se nachází uprostřed Skotské vysočiny, přibližně o 6 stupňů zeměpisné šířky severněji (ca 700 km) než Krkonoše. V mnoha směrech je jim podobné, tundra je arko-alpínská. V utváření terénu je však znát i vliv kontinentálního zalednění a vlhkého oceánického klimatu.

Skandinávské oblasti, v nichž pracovali čeští odborníci, zejména Dovrefjell, Jotunheimen či Hardangervidda v Norsku, Abisko

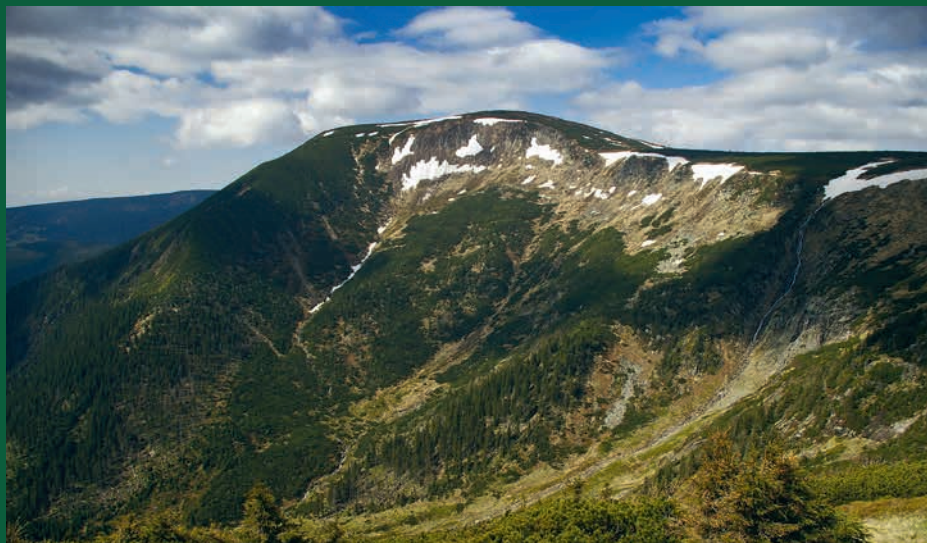
a Kevo na severu Švédska a Finska, Kola, Jamal a Polární Ural v Rusku, se ukázaly pro pochopení vývoje přírody středo-evropských Vysokých Sudet naprosto zásadní. Tamní chladnější klima včetně lokálních ledovců a projevů existujícího permafrostu umožňuje poznání procesů probíhajících v krkonošské tundře od konce zalednění před ca 10 000 lety (poslední ledovce u nás roztály před ca 7 000 lety, permafrost z Krkonoš

Některá místa v norském Národním parku Jotunheimen jsou vzhledově téměř identická s Krkonošemi (hora Besshö v NP Jotunheimen v Norsku a Studniční hora s Úpskou jámou v Krkonoších na pravé straně)



zmizel pravděpodobně teprve před
ca 5 000 lety). Současné poznatky umožňují
srovnávat svět krkonošské arko-alpínské
tundry i s hodně vzdáleným pohořím White

Mountains na východním pobřeží Sever-
ní Ameriky, kde během pleistocenního
zalednění a v holocénu probíhal obdobný
přírodní vývoj.



Svída švédská zpestřuje bylinné patro v křovinatých lesích skandinávských pohoří



Stíny minulosti

Krkonošská tundra se utvářela po tisíciletí v dobách ledových a poledových. Od 13. století však začala měnit svůj vzhled vlivem zásahů člověka. Hřebeny Krkonoš protnul první zemské stezky, objevily se první boudy, nerostné bohatství podmiňovalo rozvoj hornictví, což urychlilo kolonizaci hor.

Budní hospodaření, povodně, kleč

V 17. století v důsledku 30leté války postoupilo osídlování vysoko do hor. V 18. století je v Krkonoších nad 1100 m n. m. zmiňováno téměř 40 bud. V jejich okolí se páslo (kozy, krávy, koně), kosilo, hnojilo a odstraňovala kleč. Povodně a sesuvy půdy z konce 19. století byly spojovány i se zmenšením rozlohy porostů kleče. Problém jejích následných výsadeb v 19. a 20. století se řeší dodnes.

Cech laborantů, herbáře, sběr bylin

Od pol. 16. do počátku 19. století používal cech laborantů na slezské straně Krkonoš horské byliny k výrobě léků. Botanička Josefína Kablíková z Vrchlabí rozeslala na různé instituce tisíce herbářových položek krkonošských rostlin sbíraných v přírodě. Z mnoha rostlin se staly oblíbené turistické suvenýry. Řada vzácných druhů krkonošské tundry tak byla nadměrným sběrem ohrožena.

Během budního hospodaření horalé sklízeli seno i z alpských luk na hřebenech hor





Turismus, rekreace a zimní sporty

Změna orientace budního hospodářství na turistiku (intenzivně od poloviny 18. století) a zimní sporty (od konce 19. století) vedla k rozšíření cestní sítě, zvětšování bud, problémům s ukládáním odpadků a čištěním odpadních vod. Zvýšení počtu návštěvníků v druhé polovině 20. století se projevilo v nárůstu množství aut i emisí a nekontrolované stavební činnosti. Obdobná vlna probíhá i v současnosti.

Předválečná opevnění, hraniční pruh

Obranná linie z let 1936–1939 vedla v tundrové oblasti Krkonoš k vybudování desítek železobetonových řopíků, zákopů, střeleckých průseků. Se vznikem československo-polské státní hranice byl v 50. letech 20. století vykácen široký hraniční pruh.

To vše se dodnes projevuje v prostorovém a druhovém složení květeny a zvířeny krkonošské tundry.

Problémy současnosti

Představa bezproblémových osudů krkonošské tundry pod právní záštitou národních parků není na místě. Během padesátileté historie se nakupily otázky, jejichž řešení vyvolalo i různé střety ochranářů, lesníků, vědců, ale i veřejnosti.

Cesty

Vážným omylem, bohužel s dlouholetými dopady zejména na české straně Krkonoš, byly opravy cest nevhodným bazickým kamenivem (vápenec, melafyr), což změnilo chemismus okolních kyselých půd tak, že do tundry začaly pronikat nepůvodní a plevebné druhy rostlin. Jen pomalu se daří vzniklou situaci řešit postupnou náhradou nevhodného materiálu místním kamenivem.

Znečištěné ovzduší

Imise z elektráren spalujících uhlí způsobily v 2. polovině 20. století nejen dramatické odumírání horských smrčín, ale i poškození arko-alpínské tundry: došlo ke zhoršení zdravotního stavu kleče (houbové choroby, přemnožení fytofágního hmyzu, snížení klíčivosti semen, předčasná odumírání jehličí) i snížení druhové pestrosti mykorrhizních hub, na něž je vázána řada tundrových druhů rostlin. I když se čistota ovzduší zlepšila, obnova narušeného chemismu půd je dlouhodobý proces.

Péče o horské cesty v Krkonoších prošly různými proměnami, než jsme se vrátili k osvědčenému způsobu který používali naši předci – štětování



Výsadby kleče

Dlouhá léta probíhal spor o rozsah obnovy klečových porostů nad alpínskou hranicí lesa a vliv již vysázené kleče na tundrové ekosystémy.

Teprve mezioborové výzkumy poskytly podklady pro realizaci ekologicky šetrného prořezávání vysázených porostů kleče a lokální dosadby.



Prořezávání hustých výsadeb kleče sleduje záchranu unikátních mrazových forem reliéfu či vzácných druhů krkonošské flóry ↑

Kyhanka sivolistá ↓ patří mezi mykorhizní rostliny, kterým neprospělo imisní znečištění Krkonoš v závěru minulého století, kdy se naopak dařilo hřebenuli ryšavé ↓, jejíž housenice se živí jehličím kleče



Péče o krkonošskou tundru

Hřebenová oblast včetně ledovcových karů představuje nejatraktivnější část české i polské strany Krkonoš. Péči o ni zajišťují správy obou národních parků (KRNAP, KPN), ale její osud leží i v rukách všech, kteří jsou s přírodou a infrastrukturou Krkonoš spjati – majitelů a uživatelů bud, místních samospráv i podnikatelů.



Péče o unikátní arкто-alpínskou tundru Krkonoš využívá nejnovějších vědeckých poznatků (zleva: Nils Ake Andersson z Abiska, Christoffer Andrews z Cairngorm, Jan Štursa z Krkonoš a Donie Bret Harte z Toolik Research Station na Aljašce v diskusi nad růžencovými toky nedaleko Luční boudy)

Správcí obou Krkonošských národních parků věnují v posledních desetiletích kromě obnovy imisemi poškozených lesů patřičnou pozornost i ochraně krkonošské arкто-alpínské tundry před nežádoucími civilizačními tlaky.

Podrobné řešení předkládá Plán péče o Krkonošský národní park a jeho obdoba na polské straně. Pracovníci obou parků se snaží pečovat stejným způsobem o jižní a severní svahy Krkonoš a využívají společný moderní informační systém pro včasnou výměnu potřebných znalostí. Dlouhodobá tradice pořádání česko-polských vědec-

kých konferencí Geoekologické problémy Krkonoš poskytuje tu nejlepší možnost, jak soudobé vědecké poznatky bezprostředně uplatňovat v péči o Krkonoše.

Neméně důležitá je však i spolupráce obou správ národních parků a představitelů obcí a měst po obou stranách Krkonoš při řešení aktivit, které ovlivňují hřebenovou část hor. Výsledkem dlouholetých společných jednání českých a polských institucí je přijetí oficiálního dokumentu Vize Krkonoš, který představuje základní kodex pro soužití lidí a hor v celých Krkonoších.



INTERACT

- (+) V projektu INTERACT je k r. 2015 zařazeno 73 stanic v Arktidě, Subarktidě a alpských oblastech severní polokoule.
- (o) Krkonoše/Karkonosze – tundrová oblast české i polské části byly do projektu zařazeny již v prvním roce jeho činnosti v r. 2010

Součástí projektu je také „Česká arktická výzkumná stanice Josefa Svobody“ na Špicberkách, na níž Jihočeská Univerzita České Budějovice zajišťuje výzkum a vysokoškolskou výuku polární ekologie



Moderní technologie umožňuje hlubší poznání přírodních procesů, které probíhají v krkonošské tundře. Z měření průběhu odtávání sněhu na „mapě republiky“ v Modrém dole

Tundra a změny klimatu

Tundra patří mezi nejohroženější části přírody naší planety. Zaujímá velmi malou plochu a probíhající klimatické změny ovlivňují její rozsah a biodiverzitu.

Ústup arktické tundry na sever však končí na březích oceánu, ústup alpské tundry do vyšších nadmořských výšek je omezen výškou hor.

Změny se týkají i tundry Krkonoš.

Od konce 20. století jsou ve světě evidovány klimatické změny. Modely předpovídají v příštích desetiletích oteplení až o 4 °C. Především na severní polokouli se projevuje táním permafrostu a s ním spojené zvětšování vodních ploch v tundře, uvolňováním CO₂ a metanu působících v atmosféře jako skleníkové plyny, zmenšováním ledovců. V horách se zvětšuje podíl stromů a keřů na alpské hranici lesa, některé alpské druhy

ustupují do vyšších nadmořských výšek, druhy adaptované na arktické a alpské podmínky jsou zcela či zčásti vytlačovány konkurenčně silnějšími.

Krkonošská tundra, s ohledem na polohu ve střední Evropě, prodělala podobnou změnu

již v období klimatického optima holocénu. I proto v ní dnes převládají konkurenčně silné traviny nad bylinami a glaciální relikty přežívají jen na omezených stanovištích. Průměrná teplota vzduchu v Krkonoších stoupla za posledních 20 let o 0,6 °C, zvýšil se podíl semenáčků dřevin v karech, došlo k posunu výskytu klíštěte obecného z obvyklých 750 do 800–1 100 m n. m., jsou doloženy i změny v chování některých ptáčích druhů. To jsou hodně varovné signály.

Pro budoucnost krkonošské tundry je proto krajně důležité podrobné monitorování změn přírodních podmínek a chování zástupců flóry a fauny a následně včasné použití vhodných a reálných ochranných opatření.





Mezi druhy, kterých se změny prostředí týkají, patří někteří zástupci ptačí fauny Krkonoš, například kos horský ♂, z rostlin se to týká například kapradinky horské ♀ nebo glaciálního reliktu lomikamenu sněžného ♀. Oba rostou v omezeném počtu na jediném místě hor – v Malé Sněžné jámě



Unikátní, jedinečná a nenahraditelná

Krkonošská arktó-alpínská tundra je ostrovem severské a vysokohorské přírody uprostřed Evropy. Přestože zaujímá jen necelých 8 % z rozlohy celého pohoří, tvoří nejceněnější část Krkonoš. Dokládá to následující rekapitulace.

- **Krkonoše** mají geograficky a klimaticky výjimečně příznivou polohu v mozaice rozsáhlých rovin, lesnatých pohoří a vysokých hor Evropy.
- **Během** pleistocenního zalednění severní polokoule se v tomto pohoří opakovaně prolínal svět polární a alpínské tundry.
- **Při** rozšiřování i ústupech zalednění se Krkonoše staly křižovatkou migrací různých rostlin a živočichů.
- **Pozdější** izolace hřebenů Krkonoš od ostatního horského světa vedla ke vzniku endemických organismů.
- **Zevrubné** pochopení a popsání všech biogeografických souvislostí umožnilo v roce 1995 definovat tundru Krkonoš jako unikátní relikv arktó-alpínské tundry ve střední Evropě.
- **Jevy**, které jsou v Krkonoších seskupeny na malé ploše a v malém rozpětí nadmořské výšky (alpínské vrcholy, strukturovaná rašeliniště, severské trávníky, ledovcové kary), nalezneme až ve značně vzdálených místech Evropy.
- **Význam** krkonošské tundry jako jednoho z nejižnějších položených ostrůvků/relikvů severské přírody ve střední Evropě je pro pochopení budoucích osudů tundrového biomu neocenitelný.
- **Statut** obou Krkonošských národních parků a bilaterální Biosférické rezervace Krkonoše/Karkonosze v rámci programu UNESCO tvoří právní základ a důstojný mezinárodní rámec pro účinnou ochranu tak výjimečného území.
- **Plány** péče o oba Krkonošské národní parky a především důsledná realizace všech jejich cílů jsou jedním z předpokladů, že se unikátní ostrov krkonošské arktó-alpínské tundry podaří zachovat i přes rychlé změny okolního světa.



Výkladový slovníček odborných termínů

- **alpínský** – vztahující se k prostředí nad alpínskou hranicí lesa
- **antarktický** – vztahující se k Antarktidě, resp. oblasti jižně od styku chladných antarktických vod Jižního oceánu z tajícího ledu a teplejší slanější vody Tichého, Atlantského a Indického oceánu na cca 40° j. š.
- **arkto-alpínský** – druh nebo společenstvo vyskytující se na severní polokouli jako pozůstatek bývalé tundry dob ledových, a to jak v horách nad alpínskou hranicí lesa, tak v Arktidě
- **biom** – soubor společenstev rostlin a živočichů rozšířených na geograficky a klimaticky vyhraněné větší části zemského povrchu, s podobným charakterem rostlinného krytu i typickými živočichy (např. tropický les, savana, tundra)
- **ekosystém** – základní funkční jednotka přírody, v níž jsou ve vzájemných vztazích propojena společenstva rostlin, živočichů a neživého prostředí, v kterém žijí (např. ekosystém louky, lesa, rašeliniště, rybníku)
- **ekoton** – hraniční zóna, ve které se prolínají dva nebo více ekosystémů/biomů
- **endemit** – organismus, který vznikl a přirozeně se vyskytuje pouze v určitém, geograficky ohraničeném prostoru
- **eo...lický** – spojený s působením větru
- **glaci...genní** – spojený s působením ledovce/ledu
- **glaciální relik** – organismus přežívající z dob ledových
- **kryo...genní** – spojený s působením mrazu
- **ledovec pevninský (kontinentální)** – rozsáhlý až několik km mocný ledovec pokrývající jako štít velké území
- **lesotundra** – pás rozptýlených dřevin a tundrové vegetace mezi tajgou a polární tundrou
- **niveo...** – spojený s působením sněhu
- **palsa** – vyvýšená část rašeliniště nebo půdy podmíněná přítomností permafrostu v oblastech s jeho nesouvislým výskytem
- **periglaci...** – předpona pro jevy či tvary v předpolí kontinentálních nebo horských ledovců (např. klima, sutě, půdy)
- **permafrost** – půda, rašelina nebo skalní podloží, které má minimálně po 2 po sobě jdoucí roky teplotu 0 °C a nižší
- **pingo** – vyvýšený útvar podmíněný narůstáním ledového jádra pod povrchem terénu v místech souvislého permafrostu
- **půdní led** – vzniká zmrznutím vody v půdě, vyplňuje póry mezi částčkami půdy, někdy tvoří i tenké vrstvičky
- **soliflukce/půdotok** – proces, při němž rozmrzlá půda i na mírných svazích stéká po zamrzlém podloží
- **tajga** – severský les s převahou jehličnatých stromů (smrk, borovice, jedle, modřín); nejrozsáhlejší biom na Zemi (asi 12 mil. km²)
- **tor/skalní hradba** – izolovaný skalní útvar tvořený horninou odolnější ke zvětrávání



Doporučená literatura

- FLOUSEK J., HARTMANOVÁ O., ŠTURSA J. & POTOCKI J. (eds) 2007: Krkonoše. Příroda, historie, Nakl. Miloš Uhlíř – Baset, Praha: 864 str.
- JANKOVSKÁ V. 2004: Krkonoše v době poledové – vegetace a krajina. In: ŠTURSA J., MAZURSKI K. R., PALUCKI A. & POTOCKA J. (eds), Geoekologické problémy Krkonoš. Sborn. Mez. Věd. Konf., Listopad 2003, Szklarska Poręba, Opera Corcontica 41: 111–123.
- JENÍK J. 1961: Alpínská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku: teorie anemo-orografických systémů. Nakl. ČSAV Praha, 412 str.
- JENÍK J. & PAVLIŠ J. 2011: Terestrické biomy – Lesy a bezlesí Země. Mendelova Univerzita v Brně. 238 str.
- NAGY L., GRABHERR G., KÖRNER CH. & THOMPSON D. B. A. (eds) 2003: Alpine Biodiversity in Europe, Ecological Studies 167, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 480 str.
- SEKYRA J. 1960: Působení mrazu na půdu. Kryopedologie se zvláštním zřetelem k ČSR. Geotechnica 17: 1–164.
- SOUKUPOVÁ L., KOCIÁNOVÁ M., JENÍK J. & SEKYRA J. (eds) 1995: Arctic-alpine tundra in the Krkonoše, the Sudetes. Opera Corcontica 32: 5–88.
- WIELGOLASKI F. E. (ed.) 1997: Polar and alpine tundra. Ecosystems of the world 3., Elsevier Science B.V., 920 str.
- www.eu-interact.org, INTERACT_Catalogue2015_web.



Krkonošská tundra

Vydala Správa Krkonošského národního parku v roce 2025

Text: © Milena Kociánová, Jan Štursa, Jan Vaněk

Ilustrace: © Jana Kalenská, Renata Oppeltová

Fotografie: © Kamila Antošová, Balon Klub Chrudim, Radek Drahný, Jiří Havel, Jan Jeník, Jan Kavan, Tomáš Kobližek, Jana Kociánová, Milena Kociánová, Jitka Kopáčková, Pavel Musil, Zdeněk Patzelt, Richard Stehlík, Jan Štursa, Jan Vaněk, archiv Správy KRNAP, archiv Krkonošského muzea Správy KRNAP ve Vrchlabí

© 2025, Správa Krkonošského národního parku,
Dobrovského 3, 543 01 Vrchlabí

ISBN: 978-80-7535-182-1

ŠTURSA, Jan; KOCIÁNOVÁ, Milena a VANĚK, Jan. Krkonošská tundra. 2.
Vrchlabí: Správa KRNAP, 2025. ISBN 978-80-7535-182-1.

NEPRODEJNÉ.

112



SOS

150



HASIČI

155



LÉKAŘ

158



POLICIE



602 448 338 nebo **1210**



(+48) 985 nebo **601 100 300**

HORSKÁ SLUŽBA (CZ) / GOPR (PL)