



Česká zemědělská univerzita v Praze



Ústřední komise biologické olympiády

Biologická olympiáda

56. ročník

školní rok 2021–2022

Studijní text

k tématu: Jak přežít zimu

Romana Anděrová, Ivo Králíček, Eva Požárová

Praha 2021

Milí soutěžící,

v tomto ročníku Biologické olympiády si ukážeme, jak živé organismy přečkávají zimu. Soustředíme se především na „naši“ běžnou zimu, jak ji všichni znáte, ale zavítáme i do krajín o něco chladnějších, než jsou ty naše. Zabrousíme do dob ledových a prozradíme, které houby sbírat v zimě.

Řekneme si, proč a kdy vlastně u nás zima nastává, čím se vyznačuje a jaká úskalí pro živé organismy přináší. Zamyslíme se nad tím, jak se mohou buňky bránit zmrznutí a jak studené období roku přežívají rostliny, živočichové či houby.

S přípravou na soutěž vám pomůže tento text.

Kromě jeho základní části, určené pro přípravu na školní kola, v něm najdete i orámované „boxy“ s informacemi, které budou užitečné těm z vás, kteří postoupí do vyššího kola.

*Pro zvláště zvědavé jsme zařadili i „**Něco navíc**“ s odkazy na internet či literaturu, kde se lze k danému tématu dovědět mnoho doplňujících zajímavostí, které však **nebudou součástí soutěžních otázek**.*

ÚVOD

Živé organismy dokázaly na Zemi osídlit všechna myslitelná prostředí a přizpůsobit se životu v horkých pramenech i asfaltových jezírkách, v hlubokomořských příkopech i na nejvyšších horských vrcholcích. Čelí nejrůznějším výzvám a řeší je mnoha způsoby. K takovým velkým výzvám pro všechno živé nepochybně patří zima a s ní spojené jevy, jako je sníh a mráz.

Co všechno „cíhá“ na organismy, když se začne ochlazovat?

- ▶ V první řadě je to pokles teploty okolí, často velmi náhlý a výrazný.
- ▶ Mrazivý vítr, který nejen ještě víc ochlazuje a tím ubírá tělesné teplo, ale také vysušuje.
- ▶ Sněhová pokrývka, jež k rostlinám nepustí světlo nezbytné k fotosyntéze a živočichům ztěžuje pohyb a znepřístupňuje potravu.
- ▶ Zamrzlá půda a voda znamenají nedostatek volné vody, a tak rostliny často v zimě bez sněhu spíš uschnou, než že by zmrzly, a živočichové se nemají kde napít.
- ▶ Tou největší hrozbou pro všechno živé je zmrznutí vody obsažené v buňkách, tkáních či pletivech.

Organismy se brání zmrznutí různě:

- ▶ Mohou před chladem migrovat do příznivějšího podnebí.
- ▶ Mohou přečkat zimu v neaktivním stavu.
- ▶ Nebo mohou zůstat aktivní, ovšem s tím, že se u nich musela vyvinout různá přizpůsobení, jak zimě odolávat.

1. KDE VLÁDNE ZIMA?

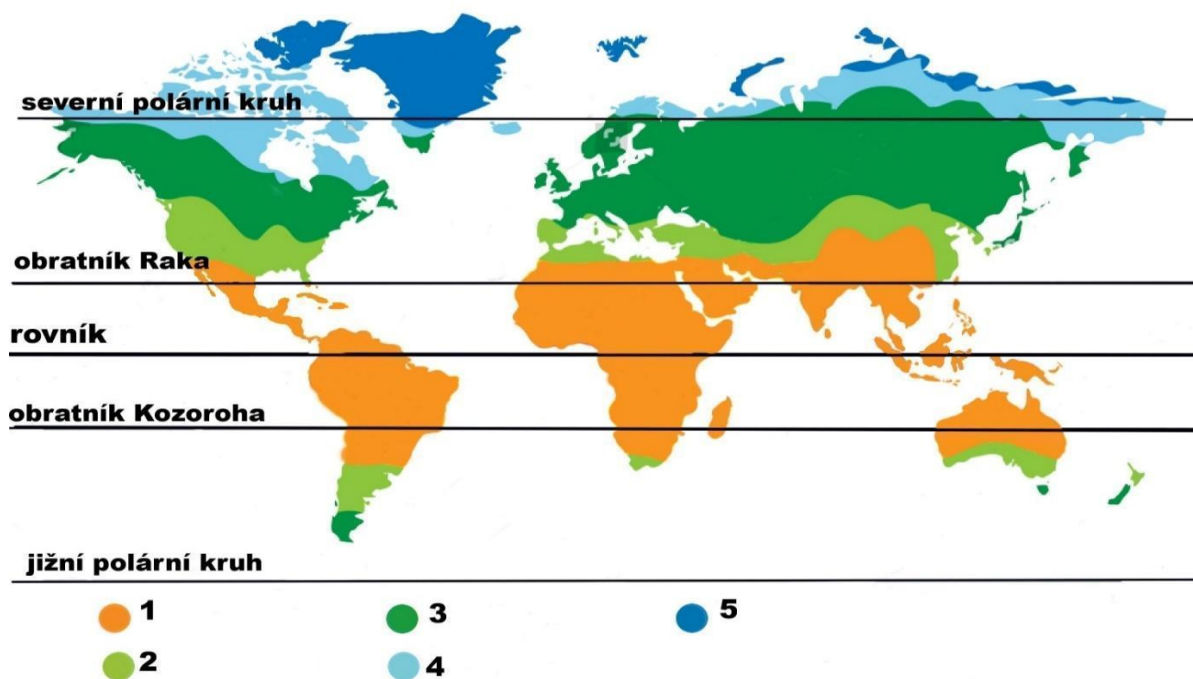
Zimě musí prakticky celý život čelit organismy žijící v polárním a subpolárním pásmu, ale nejen tam. Po část roku se s ní setkávají i v pevninském mírném pásmu nebo vysoko v horách, a to dokonce i v případě, že se hory nacházejí přímo na rovníku.

1.1. Podnebné pásy

Na Zemi rozlišujeme několik podnebných pásů – oblastí táhnoucích se kolem zeměkoule a charakterizovaných podobnými podnebnými (klimatickými) podmínkami a typem rostlinstva (vegetace), které je těmito podmínkami ovlivňováno.

Někdy jsou rozlišovány jen tři hlavní pásy (tropický, mírný a polární), častěji se ale setkáte s pěti pásy. Směrem od rovníku k pólům to jsou pásy:

- Tropický
- Subtropický
- Mírný
- Subpolární
- Polární



Obr. 1: Rozložení podnebných pásů

1 – tropický; 2 – subtropický; 3 – mírný; 4 – subpolární; 5 – polární

Tyto základní pásy se pak člení ještě podrobněji, ale my se budeme zabývat pásem, v němž jsme „doma“ – tedy severním mírným.

Severní mírný pás se nachází mezi subtropickým a subpolárním pásem, tedy zhruba mezi 40. a 60. stupněm severní šířky. Zhruba proto, že jeho hranice pochopitelně nejsou přímočaré (jak ostatně dobře vidíte na mapce) a od uvedených rovnoběžek se poněkud odchylují. V Evropě například sahá až k polárnímu kruhu. Paradoxně k svému názvu se mírný pás vyznačuje největšími rozdíly v podnebí, značným kolísáním teplot a výrazně proměnlivým počasím.

V mírném pásu rozlišujeme ještě dílčí podnebné oblasti:

► **Přímořská** (oceánská) oblast se vyznačuje menšími teplotními rozdíly mezi zimou a létem a vydatnějšími srážkami. Nachází se v západní a severní Evropě, které ovlivňuje teplý Golfský proud, jenž přivádí k pobřeží teplejší vodu a ohřívá západní větry.



Obr. 2: Golfský proud – na mapce je vyznačen červeně.

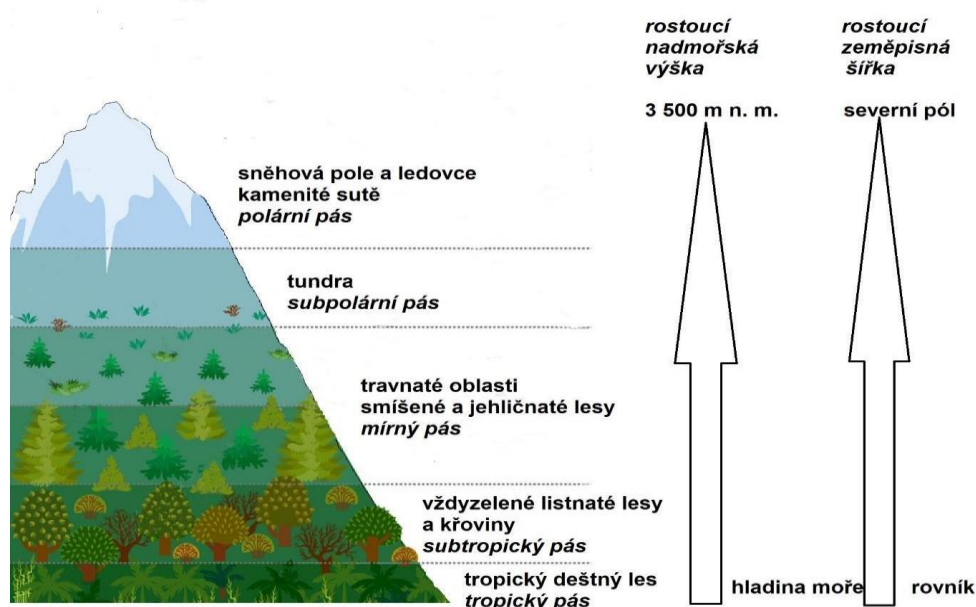
Golfský proud je teplé mořské proudění, které směřuje od Mexika až po severní Rusko. V Mexickém zálivu má podobu přímého jednolitého proudu, nad Azorskými ostrovy se dělí a jeho jižní větev míří k západní Africe, zatímco severní větev omývá břehy Evropy. Nejvyšší rychlost (asi 2,5 m/s) má u hladiny, kde proudí teplá voda od jihu na sever. Tam se ochladí, klesne a vrací se zpět na jih. Teplá voda předává teplo vzdušnému proudění a celkově přispívá k mírnému podnebí v Evropě tak výrazně, že rozdíl mezi zimními průměrnými teplotami v Norsku a v Kanadě může činit až 30 °C.

► **Pevninská** (neboli kontinentální) oblast ve východních částech Evropy je typická velkými teplotními rozdíly mezi zimou a létem, zimy bývají často velmi chladné a léta horká.

► **Přechodná** oblast se celkem logicky nachází mezi nimi a spadá do ní střední Evropa včetně ČR. Uplatňuje se tu vliv obou „sousedních“ typů podnebí.

1.2. Vegetační stupně

Kdybyste se rozhodli vylézt na Kilimandžáro (což je nejvyšší hora v Africe a leží přímo na rovníku), procházeli byste postupně podobným typem vegetace, jako kdybyste cestovali od rovníku k pólům. V tomto případě ovšem nehovoříme o podnebných pásích, ale o vegetačních stupních. Přitom platí, že přibližně každých 800 km od rovníku k pólům odpovídá zhruba 1 000 m nadmořské výšky.



Obr. 3: Srovnání podnebných pásů a vegetačních stupňů v horách

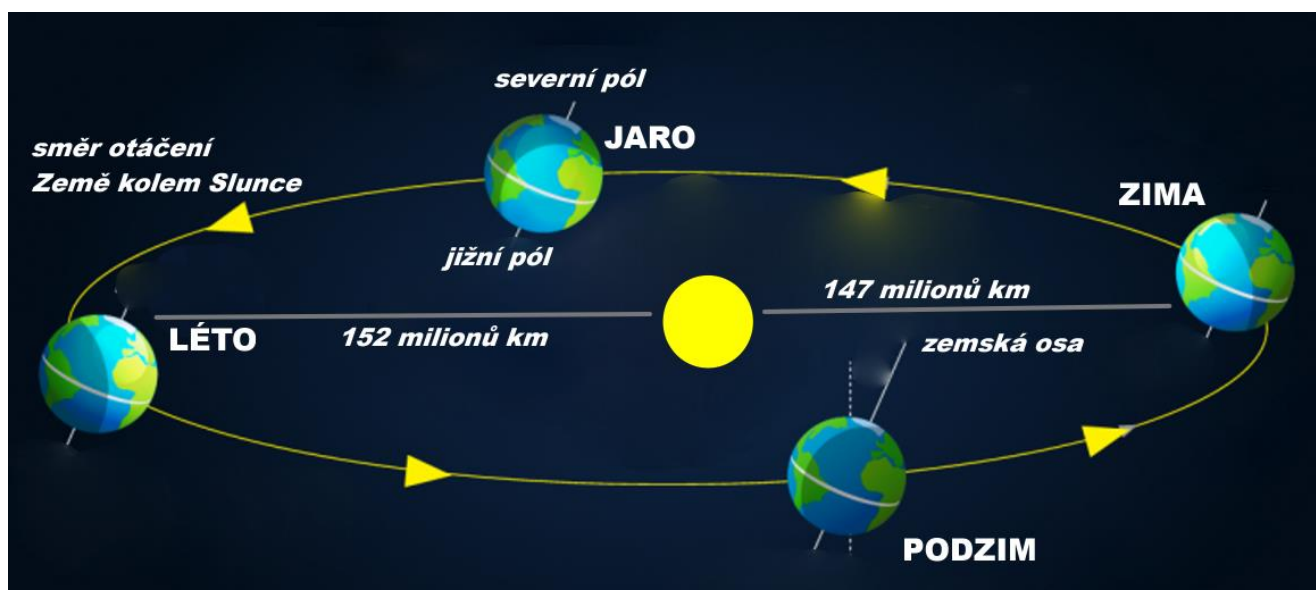
1.3. Roční období

Kolik je ročních období?

Přece čtyři, to ví každý. Ve skutečnosti to ale zdaleka není tak jednoduché. Záleží totiž na podnebném pásu, a dokonce i na tom, jak lidé v určité oblasti dělí rok, například podle dění v přírodě.

V mírném pásu rozlišujeme čtyři roční období – jaro, léto, podzim, zimu.

Roční období je část roku s určitým typem počasí. Střídání ročních období souvisí s tím, že Země obíhá kolem Slunce po elipse (ne po kruhové dráze) a s tím, že je pomyslná zemská osa k této oběžné dráze mírně nakloněná v trvalém úhlu. Proto se ke Slunci střídavě přiklání buď jižní, nebo severní polokoule, takže na ně nedopadá sluneční svit kolmo, ale pod určitým úhlem. Země je nejbližší Slunci v prosinci (tedy v době, kdy je na severní polokouli zima) a nejdále v červenci (kdy vrcholí léto). Z toho vyplývá, že střídání ročních období nezávisí na vzdálenosti Země od Slunce, ale na naklonění zemské osy.



Obr. 4: Střídání ročních období v závislosti na obíhání Země kolem Slunce

Začátek jednotlivých ročních období se liší podle toho, zda jde o dělení astronomické (podle rovnodennosti a slunovratu), nebo meteorologické (vždy první den měsíce, v němž dochází k rovnodennosti nebo slunovratu).

Jaro

Astronomické jaro začíná jarní rovnodenností – 12 hodin je světlo a 12 hodin je tma. Dny se prodlužují a noci zkracují. Na severní polokouli, která se zvolna přiklání ke Slunci, začíná kolem 20. března, na jižní kolem 23. září. Začíná se oteplovat, hlavně ve dne, noci ale bývají ještě chladné.

Léto

Astronomické léto začíná letním slunovratem, kdy je severní polokoule nejvíc přikloněná ke Slunci. Po slunovratu se dny začínají zkracovat a noci prodlužovat. Na severní polokouli začíná kolem 21. června, na jižní kolem 21. prosince. Jde o nejteplejší část roku, dny bývají velmi teplé, může nastat i dlouhé období sucha a objevují se časté bouřky.

Podzim

Astronomický podzim začíná podzimní rovnodenností, kdy je podobně jako při jarní rovnodennosti opět 12 hodin světlo a 12 hodin tma. Severní polokoule se odklání od Slunce, dny se nadále zkracují a noci prodlužují. Na severní polokouli začíná kolem 23. září, na jižní kolem 21. března. Ochlazuje se, často prší, ráno bývají často mlhy.

Zima

Astronomická zima začíná zimním slunovratem – dny se začínají prodlužovat a noci zkracovat. Na severní polokouli, která je nyní nejvíc odkloněná od Slunce, začíná kolem 21. prosince, na jižní kolem 21. června. Je to nejchladnější období roku.

Co se děje v zimě v naší přírodě?

Leden je nejchladnější část roku, slunce téměř nehřeje a je nízko nad obzorem. Často sněží a mrzne, prší málokdy – je to nejsušší zimní měsíc. Rostliny jsou většinou ve stadiu zimního klidu, z živočichů lze pozorovat hlavně ptáky a některé savce, bezobratlé jen výjimečně. Častěji najdeme nepřímé doklady o jejich přítomnosti, jako jsou otisky, požerky, trus nebo opuštěná ptačí hnízda.

V únoru sice stále hodně mrzne a sněží, ale také lze zaznamenat ojedinělé teplé dny. Ze zimovišť se vracejí někteří ptáci (například skřivani polní), naopak zimní hosté odlétají. Probouzí se některý hmyz, jako jsou čmeláci, babočky nebo mouchy. Pod sněhem je možné sledovat cestičky hrabošů.

Březen mívá nevyrovnané teploty, ale je už předzvěstí jara. Přilétají další druhy ptáků a mnozí začínají zpívat. Ze stavu strnulosti nebo ze zimního spánku se probírají první obratlovci (například skokani) a četní bezobratlí.

Něco navíc

V tropickém a subtropickém pásmu rozlišujeme dvě nebo tři roční období: sucha a dešťů nebo chladu, horka a dešťů.

V Austrálii a mnoha zemích jižní Asie rozlišují šest ročních dob podle přírodních dějů. Keltský kalendář měl čtyři roční doby. Podle něj se dosud řídí Irsko, kde jaro začíná 1. února.

Ve Finsku a Švédsku se roční období řídí teplotou, a tak se liší v různých částech země.

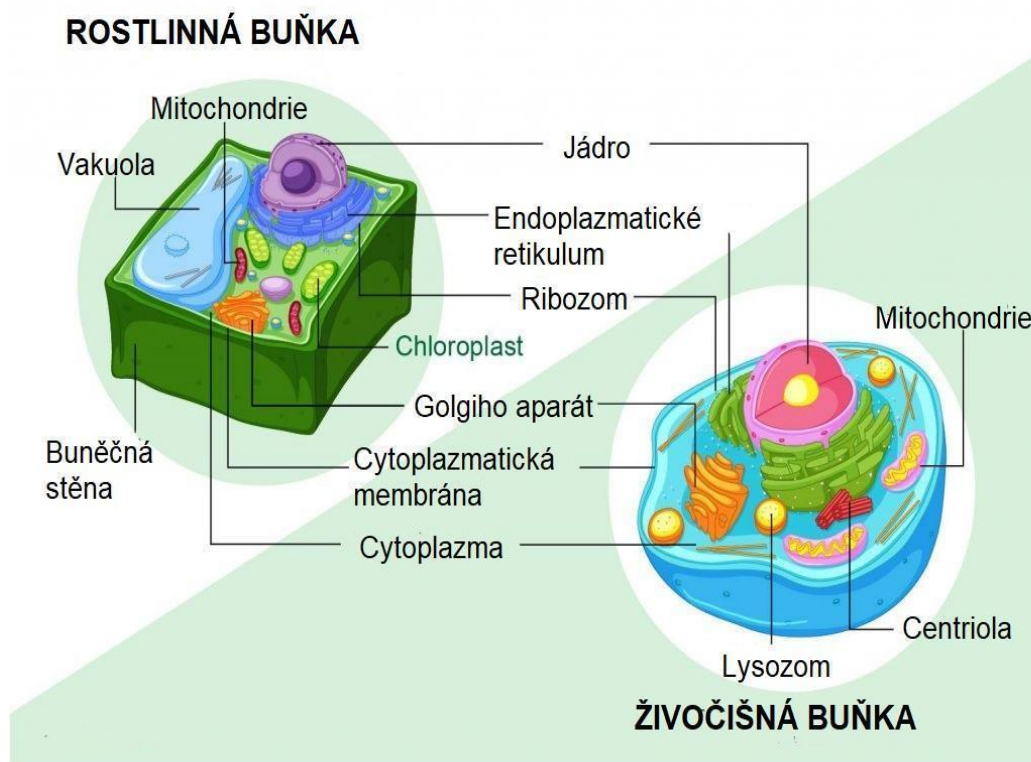
Na Islandu je začátek léta pohyblivý – vždy první čtvrtek po 18. dubnu.

2. ABY BUŇKY NEZMRZLY

Živé organismy obsahují až 90 % vody. Je tedy pro ně smrtelně nebezpečné, pokud jsou vystaveny mrazu, protože dochází k tvorbě ledových krystalů, které odvodňují a poškozuji buňky.

Připomeňme si stavbu buňky. Pro naše účely je důležité vědět následující:

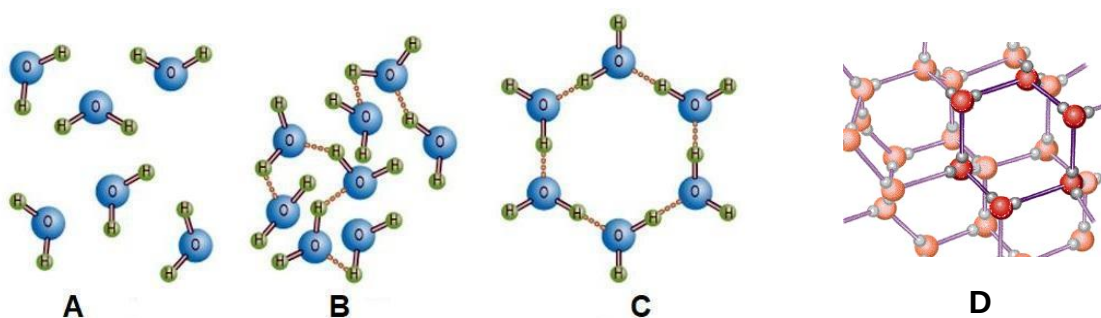
- Rostlinná buňka má na rozdíl od živočišné pevnou buněčnou stěnu.
- Pro látkovou výměnu a uvolňování energie dýcháním jsou důležité mitochondrie.
- Cytoplazma obsahuje velké množství vody.
- Cytoplazmatická membrána je polopropustná, což znamená, že některé molekuly přes ni nemohou procházet.



Obr. 5: Stavba rostlinné a živočišné buňky

2.1. Co se děje, když voda mrzne

Čistá voda má bod tání i bod tuhnutí stejný, a to $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Bod tuhnutí, při němž voda mění skupenství kapalné na pevné čili led, je ale proměnlivý, a tak obecně známé tvrzení, že voda mrzne při nule, je ve skutečnosti nepřesné. To se děje jen za běžného tlaku a voda nesmí obsahovat žádné příměsi. Mořská voda za určitých okolností nezmrzne ani při minus deseti. Platí totiž, že čím více molekul jiných látek voda obsahuje, tím nižší je bod tuhnutí. (Například mořská voda obsahující 3,5 g chloridu sodného na jeden litr mrzne při $-1,86\text{ }^{\circ}\text{C}$.)



Obr. 6: Krystalizace vody

V plynném skupenství (tedy ve vodní páře) nejsou molekuly vody navzájem spojené (A). V tekuté fázi za běžného tlaku jsou sice molekuly vody navzájem spojené, ale jsou uspořádané náhodně (B). Aby voda začala mrznout, musí se molekuly srovnat do pravidelného tvaru. Vytvoří šestiúhelníkovou mřížku, které říkáme **krystalizační jádro** (C). Na něj se „nabalují“ další molekuly vody a krystal roste (D).



Obr. 7: Základní tvar ledového krystalu je šestiboký hranol.

Led se tvoří rychleji, pokud je ve vodě takzvaný **startér** (neboli nukleátor), což jsou například některé makromolekuly, prachová zrnka, bakterie, bublinky, již existující ledové krystalky apod. Při ochlazování se na ně molekuly vody „nalepí“ a snáz se uspořádají do potřebné mřížky.

Pokud je ochlazování hodně pomalé, nejsou vznikající ledové mřížky dost stálé a voda zůstává tekutá. Tomuto jevu říkáme **podchlazení**. To samozřejmě nejde donekonečna, ale nanejvýš do $-42\text{ }^{\circ}\text{C}$, pak už voda krystalizuje i bez přítomnosti startéru.

Při rychlém ochlazování vzniká sice led, ale molekuly vody se neuspořádají do pravidelné mřížky, nýbrž tak říkajíc „zamrznou“ na svém místě. Mluvíme pak o **beztvarém ledu**, kterému se říká skelný, protože se vzhledově podobá sklu. Ten je pro buňku méně nebezpečný, protože nemá ostré hrany.



Obr. 8: S beztvarým ledem jste se již určitě setkali v podobě ledovky na silnici či chodníku. Vzniká, když mrzne, pak se náhle oteplí a zaprší. Kapky vody dopadají na prochlazený zemský povrch, kde velmi rychle mrznou.



Obr. 9: Jiným příkladem beztvareho ledu je průhledná námraza na stromech nebo drátech elektrického vedení. Objevuje se, když začne padat mlha, jejíž kapky se doslova přilepí na prochlazený předmět a rychle k němu přimrzají.

Něco navíc:

Princip startéru si můžete vyzkoušet sami. Dejte do mrazáku plastovou láhev s čistou (destilovanou) vodou a vyndejte ji ve chvíli, kdy je sice už hodně podchlazená, ale stále tekutá. Pak stačí vhodit třeba kancelářskou sponku a okamžitě se v celé láhvi vytvoří led, protože sponka zapůsobila jako startér. Stejný účinek má, když lahvi klepnete o stůl. Vytvoří se bublinky a ty působí jako startéry.

2.2. Čím jsou buňky při ochlazování ohrožovány

Nejprve opět trocha opakování, tentokrát o osmóze. Co je důležité si pamatovat:

- Při osmóze dochází k vyrovnávání koncentrací mezi roztoky, které mají každý jinou koncentraci. (Koncentrace roztoku je množství rozpuštěných látek na určitý objem vody – například 100 g jednoprocenního roztoku soli obsahuje 1 g soli a 99 g vody).
- Roztoky jsou navzájem oddělené polopropustnou membránou (v případě buňky je to cytoplazmatická membrána), přes kterou procházejí molekuly vody tak, aby se koncentrace obou roztoků vyrovnaly.
- Pokud je v okolním prostředí buňky roztok s nižší koncentrací než v buňce, označujeme ho jako hypotonický. V takovém případě voda přechází z prostředí do buňky, jejíž obsah se tím zředí. Naopak – má-li roztok, v němž se buňka nachází, vyšší koncentraci, označujeme ho jako hypertonický. Voda prochází z buňky do okolí, buňka se vysušuje.

Více se o osmóze a transportu látek z buňky a do buňky dovíte ve studijním textu 53. ročníku BiO: <https://biologickaolympiada.czu.cz/cs/r-11832-dokumenty-a-informace/r-12381-starsi-studijni-materialy>

Začne-li klesat teplota okolí, mohou nastat dvě situace.

1. Led se začne tvořit uvnitř buněk

a) Při ochlazování jakékoliv kapaliny dochází ke zpomalení pohybu molekul, takže se zpomalí i proudění cytoplazmy – zpomalí se látková výměna. Tím se hromadí odpadní látky, které jsou často jedovaté.

Dojde-li pak k mrznutí vody obsažené v cytoplazmě, tedy k její přeměně v led, zvyšuje se koncentrace iontů ve zbylých tekutých složkách, čímž stoupá osmotický tlak.

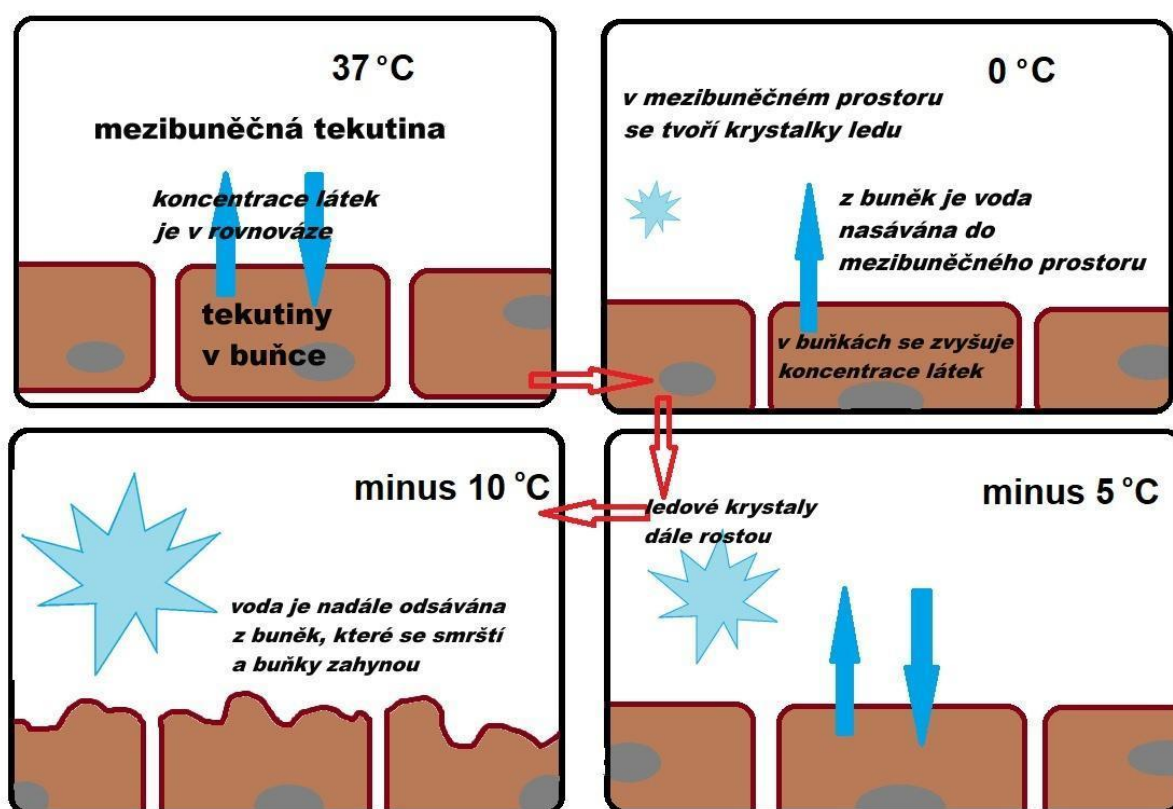
b) Jestliže teplota klesá pod kritickou hranici, vznikají v buňce ledové krystaly, a tak může dojít k mechanickému poškození membrán jejich ostrými hranami, nebo se buňka roztrhne, protože led má větší objem než voda v kapalném stavu.

2. Led vzniká mimo buňku

Začne-li mrznout okolní tekuté prostředí, může nastat v zásadě jedna ze dvou situací:

a) Buňka se pokryje ledem, přestane fungovat látková výměna mezi vnitřním prostředím buňky a okolím a buňka se „udusí“.

b) V důsledku osmózy proudí voda z cytoplazmy do koncentrovanějšího prostředí v okolí, buňka vysychá a nakonec se deformuje (nastává plazmolýza).



Obr. 10: Změny v buňce při ochlazování prostředí

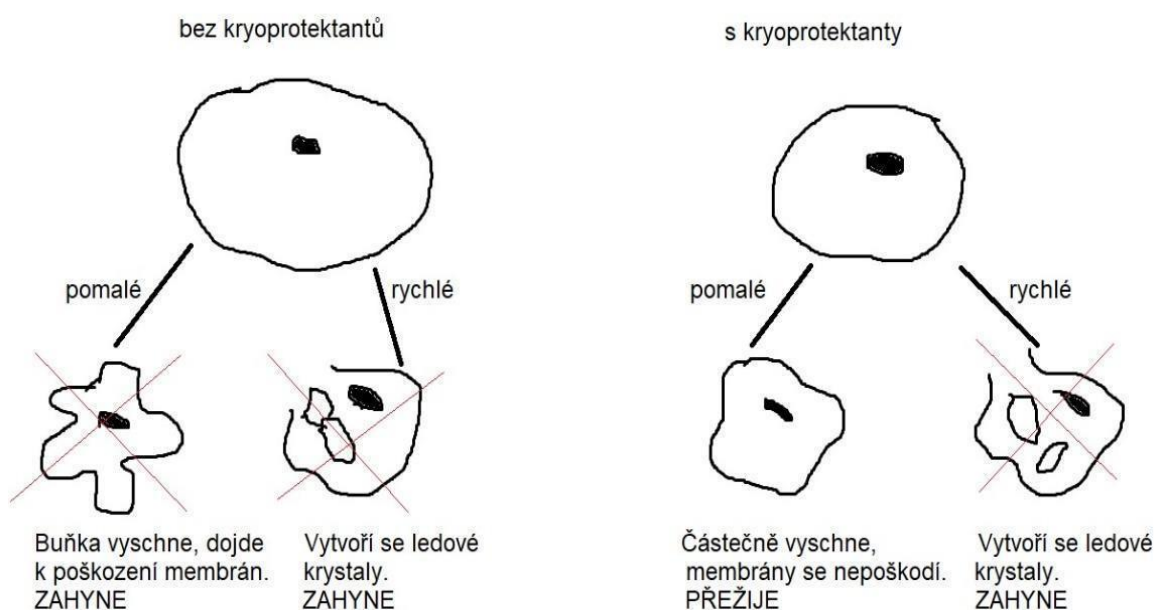
2.3. Jak se buňky chrání před mrazem?

Z toho, co jste se zatím dověděli, vám je asi jasné, že podstatou ochrany organismu před zmraznutím je snaha zabránit tvorbě ledových krystalů v buňkách, případně v mezibuněčných prostorech. Děje se tak v zásadě dvěma způsoby: buď dojde k řízenému podchlazení, nebo ke snížení bodu tuhnutí pomocí takzvaných kryoprotektantů. Oba způsoby se mohou kombinovat.

Podchlazení je časté například u členovců, kteří se zbaví všech startérů, které by umožnily tvorbu ledu, a tak připraví tkáň na podchlazení. Docílí toho vyprázdněním trávicího traktu a uzavřením průduchů, načež upadnou do stavu strnulosti. Důležité je, aby podchlazování probíhalo pomalu, takže se buňky stihnou připravit.

Kryoprotektanty jsou mrazuvzdorné látky, které snižují bod mrznutí tělních tekutin a omezují působení startérů. Jsou to malé stabilní molekuly dobře rozpustné ve vodě, s nízkou teplotou tuhnutí. Musí být pro organismus neškodné dokonce i ve

vyšší koncentraci. Nejčastěji to jsou jednoduché organické sloučeniny, například glukóza, sorbitol (znáte ho například jako umělé sladidlo) nebo glycerol (je součástí nemrznoucích směsí a rozmrazovacích sprejů).



Obr. 11: Schéma působení mrazu na buňku s kryoprotektanty a bez nich – při pomalém a rychlém mrznutí

Něco navíc

Glycerol a sorbitol patří mezi cukerné alkoholy.

Glukóza je jednoduchý cukr. Vzniká jako produkt fotosyntézy a zvyšuje v buňce osmotický tlak, protože prochází cytoplazmatickou membránou.

Trehalóza je tvořena dvěma molekulami jednoduchého cukru. Neprochází cytoplazmatickou membránou, a tak chrání buňky zvenčí, a to především při rychlém ochlazování. Zvyšuje koncentraci mezibuněčné tekutiny, čímž vyrovnává osmotický tlak mezi buňkou a prostředím.

Trimethylamin (ve zkratce TMA) je dusíkatá sloučenina, která dodává mořským rybám typický zápach. Pro bakterie je zdrojem dusíku, uhlíku a energie, v mnohobuněčných organismech pomáhá vyrovnávat osmotický tlak mezi buňkami a mořskou vodou. Je proto důležitý hlavně pro mořské ryby.

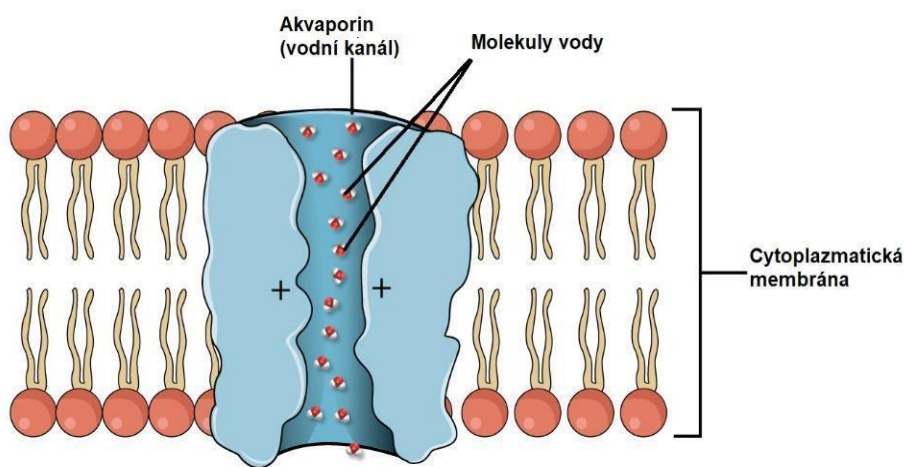
Dimethylsulfid je molekula obsahující síru. Vzniká rozkladem složitější sloučeniny, kterou produkují některé mořské řasy, fytoplankton a některé rostliny. Je původcem „mořského“ zápachu na pobřeží.

Kryoproteiny jsou nemrznoucí bílkoviny, které dosedají na tvořící se ledové krystalky a brání jim v růstu, což způsobí, že led nepoškodí buňky. Jsou důležité hlavně pro živočichy, jejichž tělesná teplota se mění podle teploty okolí, protože tak přežijí i zamrznutí v ledu. Poprvé byly zjištěny v krvi ledovky antarktické a dalších antarktických ryb.

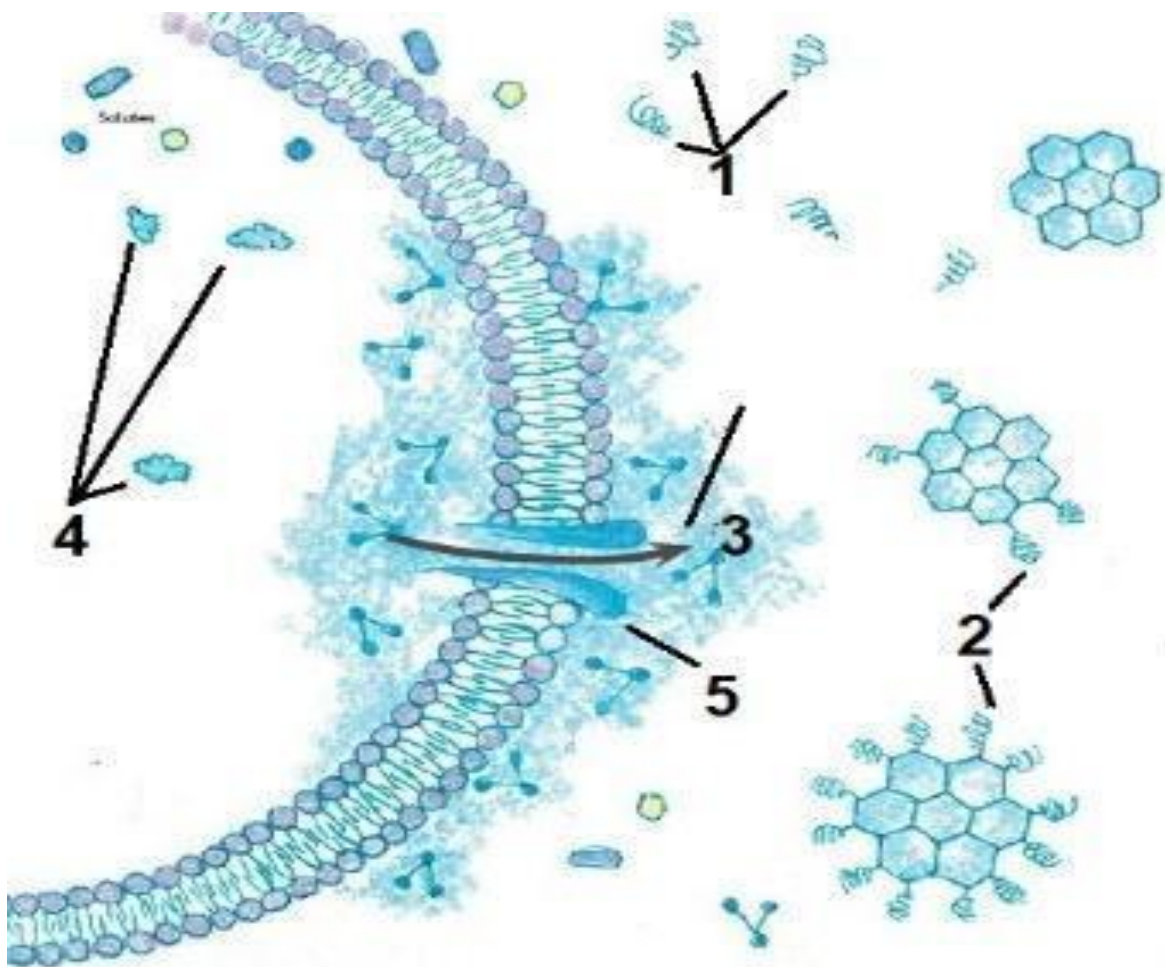


Obr. 12: Ledovka antarktická

Akvaporiny jsou bílkoviny, které v cytoplazmatické membráně pracují jako vodní pumpy. Vědci zjistili, že u některých druhů žab brání pronikání vody, ale nebrání pronikání glycerolu (tedy kryoprotektantu), čímž se buňky připravují na působení mrazu. U hmyzu zase napomáhají pronikání vody z buněk, které se tak řízeně připravují na chlad.



Obr. 13: Schéma akvaporinu



Obr. 14: Jak se buňka brání zmrznutí

Nemrznoucí bílkoviny (1) obalí krystalky ledu a zabrání jim, aby se zvětšovaly (2).

Kryoprotektanty (4), například glukóza, zvyšují koncentraci uvnitř buňky, čímž brání nežádoucímu pronikání vody z buňky do okolí.

Akvaporinovou pumpou (5) proudí voda (3) z buňky do mezibuněčného prostoru, kde se tvoří led.

3. ROSTLINY A ZIMA

Chodíte rádi do přírody na vycházky? Které roční období je vaše nejoblíbenější? Léto, kdy je teplo a nejrůznější ovoce? Podzim se spoustou barevného listí? Nebo se rádi procházíte v zimě, kdy je všude klid, a možná i bílo? Či dáváte přednost jaru, kdy vše obživne, zazelená se a rozkvetne? Aby se rostliny mohly na jaře zazelenat, musí přežít zimu a na jaro se nachystat.

Co vlastně rostliny dělají v zimě? Jaké problémy a výzvy pro ně toto období znamená?

Na rozdíl od živočichů se rostliny nemohou sebrat a utéct. Tedy ne doslova. Ale mohou se zimě vyhnout, schovat se před ní. Kam? Třeba pod zem do zásobních orgánů nebo do semen. Je to vlastně takový útěk v čase – rostu jen tehdy, kdy zima není.

Druhou možností je přizpůsobit se nepříznivým podmínkám například stavbou těla a jeho pokryvem nebo změnou vnitřních chemických pochodů.

Stručně shrnuto: na zimu je potřeba se připravit, přežít ji a na jaře znovu nastartovat růst.

3.1. Vliv vnějších podmínek prostředí

Než budete číst dál, zkuste se zamyslet nad tím, jaké vnější podmínky mohou pro rostliny v zimě představovat problém, a napište si je. Výhoda: co vymyslíte, nemusíte se učit.

Máte?

Na co jste přišli? Nízké až mrazivé teploty, námraza, sníh, vítr. Snadné, že? Ale pokud se zamyslíme důkladněji, přijdeme i na další faktory:

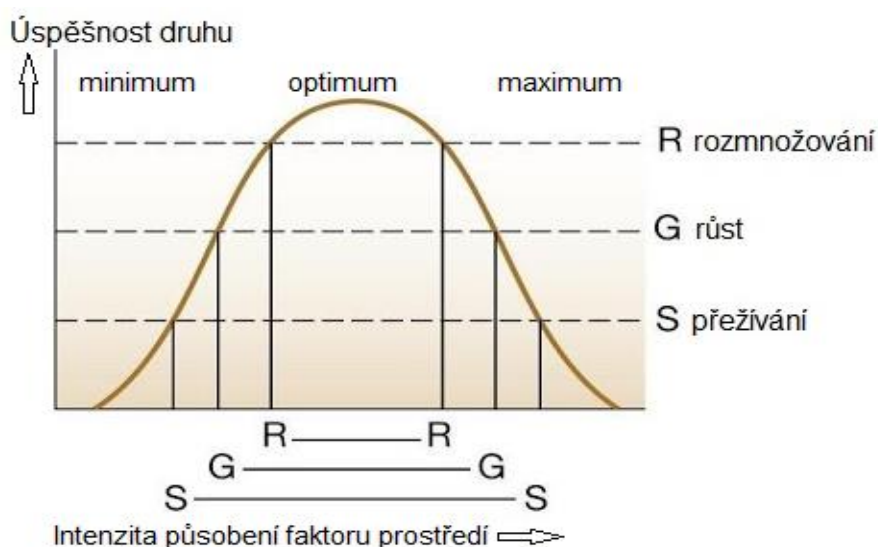
- Krátký den a tím i málo světla pro fotosyntézu.
- Nedostatek vody, protože rostliny mohou přijímat vodu pouze v kapalném stavu, a pokud je půda zmrzlá nebo leží sníh, je tato „pevná“ voda pro rostlinu nedostupná.

3.1.1. Ekologická valence, tolerance podmínek, zákon minima

Ekologická valence je rozmezí vnějších podmínek (například teploty, vlhkosti, množství světla atd.), ve kterých je organismus schopen existovat.

Tolerance (snášlivost) je schopnost daného organismu vyrovnávat se s působením vnějších činitelů.

Zákon minima a maxima vyjadřuje skutečnost, že určité hodnoty vnějšího faktoru (například teploty) jsou pro růst a rozmnožování rostliny nejlepší (optimální). Jestliže se tyto hodnoty pohybují v blízkosti minimálních či naopak maximálních hodnot faktoru, rostliny přežívají; pokud je minimum či maximum překročeno, rostliny hynou. Extrémní hodnoty jsou pro výskyt organismů v daném prostředí často rozhodující, jsou dokonce důležitější než nejvhodnější hodnota (čili optimum). Pro výskyt mnoha druhů rostlin ve vyšších zeměpisných šířkách bývají důležitější minimální hodnoty dosahovaných teplot než průměrná roční teplota.



Obr. 15: Grafické znázornění zákona minima a maxima

Je-li určitý faktor prostředí v optimálních hodnotách, organismus roste a rozmnožuje se. Jestliže hodnota faktoru klesá nebo naopak stoupá mimo hranice optima, organismus zpočátku sice stále roste, ale nerozmnožuje se. Při dalším poklesu či nárůstu přestane růst a jen přežívá a po překročení určité hranice hyne.

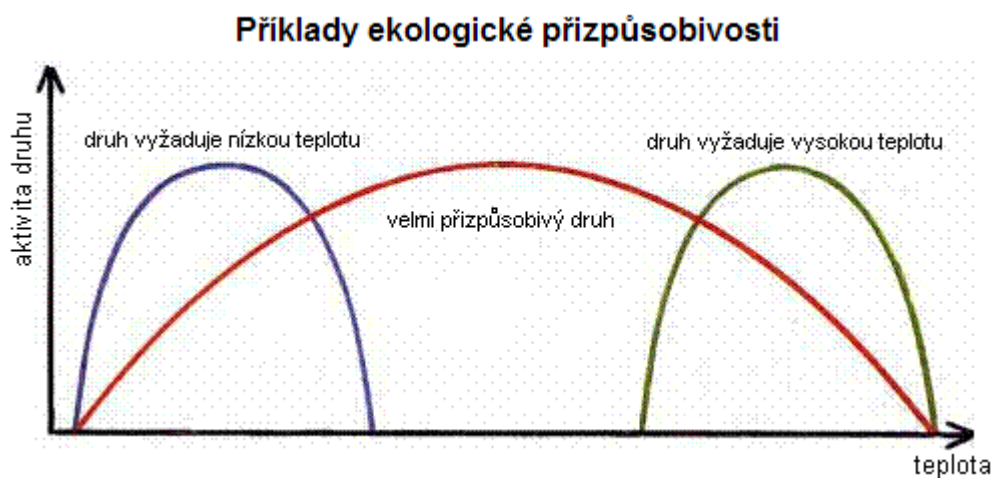
Rostliny mohou mít široký rozsah snášenlivosti (tolerance) k jednomu faktoru a úzký rozsah vůči jinému faktoru prostředí. Například rostlina může mít značnou snášenlivost vůči teplotě okolí a nízkou vůči zasolení půdy. O výskytu druhu na stanovišti pak rozhoduje ten faktor, který je mimo hranici tolerance. Platí **zákon minima** – úspěšnost organismu v daném prostředí je dána tím faktorem, jehož hodnota je pro jeho přežití nejméně příznivá (velký mráz, množství vody...). Druhy, které jsou tolerantní k většině faktorů, mají největší areál rozšíření.

Během vývinu organismu se mohou jeho požadavky měnit – jinou snášenlivost vykazují semena, jinou semenáčky (u těch bývá nejmenší) či dospělé rostliny. Snášenlivost se může měnit také během ročních období, například stromy jsou vůči nízké teplotě daleko odolnější v zimě než na jaře či v létě.

Pokud se hodnoty jediného z faktorů přiblíží hraničním hodnotám, je organismus oslaben a je snížena odolnost i vůči ostatním vlivům okolí.

Předpona eury- znamená široce. Euryekní druhy mají širokou ekologickou valenci neboli velkou snášenlivost ke změnám určitého faktoru (eurytermní – snášejí široký rozsah teplot).

Předpona steno- znamená úzce. Stenoekní organismy nesnášejí výraznější kolísání podmínek prostředí. Stenotermní jsou například některé řasy vyskytující se na sněhu, které prospívají pouze při teplotách okolo 0 °C.



Obr. 16: Velmi přizpůsobivé druhy (eurytermní) jsou například buk lesní nebo sedmikráska chudobka. K stenotermním druhům vyžadujícím vysoké teploty patří řasy rostoucí v horkých pramenech, naopak řasy rostoucí na povrchu sněhu prospívají pouze v malém rozmezí nízkých teplot.

Jestliže známe rozsah snášenlivosti druhu k určitému faktoru prostředí, můžeme ho použít ke zhodnocení stanoviště, na kterém se nachází. Například dryádka osmiplátečná či ostružiník moruška jsou chladnomilné rostliny. Pokud je tedy

najdeme, můžeme odvodit, že jde o místa ovlivněná zaledněním (např. ostružiník morušku lze najít ve vrcholových partiích Krkonoš, dryádku v Tatrách).



Obr. 17: Ostružiník moruška



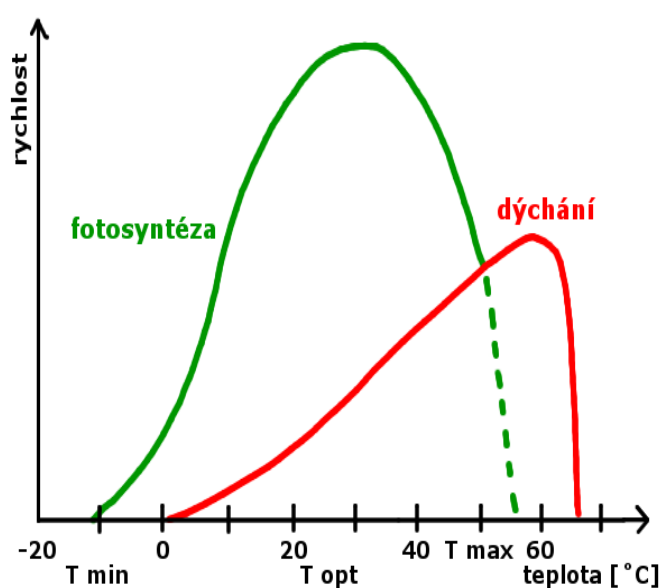
Obr. 18: Dryádka osmiplátečná

3.1.2. Vliv teploty na rostliny

Rostliny nemají schopnost vnitřní regulace teploty, takže vytvářejí málo tepla a snadno ho ztrácejí. Teplota jejich těla je blízká teplotě okolí. To platí především pro kořeny. Teplota nadzemních částí se může od teploty okolního vzduchu výrazně lišit, závisí to především na oslunění, proudění vzduchu a intenzitě životních pochodů rostliny.



Obr. 19: Teplo, které uvolňují rostliny při životních dějích, je příčinou tání sněhu v jejich blízkém okolí.



Obr. 20: Závislost rychlosti fotosyntézy a dýchání na teplotě

Teplota ovlivňuje růst rostlin tím, že na ní závisí procesy probíhající v rostlinách – fotosyntéza (přeměna sluneční energie v energii chemických vazeb neboli výroba cukrů a z nich dalších látek), dýchání (uvolňování energie ze zásobních látek pomocí kyslíku) a příjem vody s rozpuštěnými minerály. Závislost rychlosti fotosyntézy a dýchání na teplotě si prohlédněte na obr. 20. Všimněte si, že v rozmezí teplot - 10 °C až 0 °C rostlina nedýchá, pouze fotosyntetizuje, tedy vyrábí zásobní látky –

připravuje si zásobu energie na jarní růst (platí to samozřejmě pro rostliny, které na zimu neshazují listy).

Většina našich rostlin snáší poměrně široký rozsah teplot, obvykle mezi -5 až 55 °C. Aktivní jsou zhruba mezi 5 °C až 45 °C, optimální teplota je ovšem 20 – 25 °C.

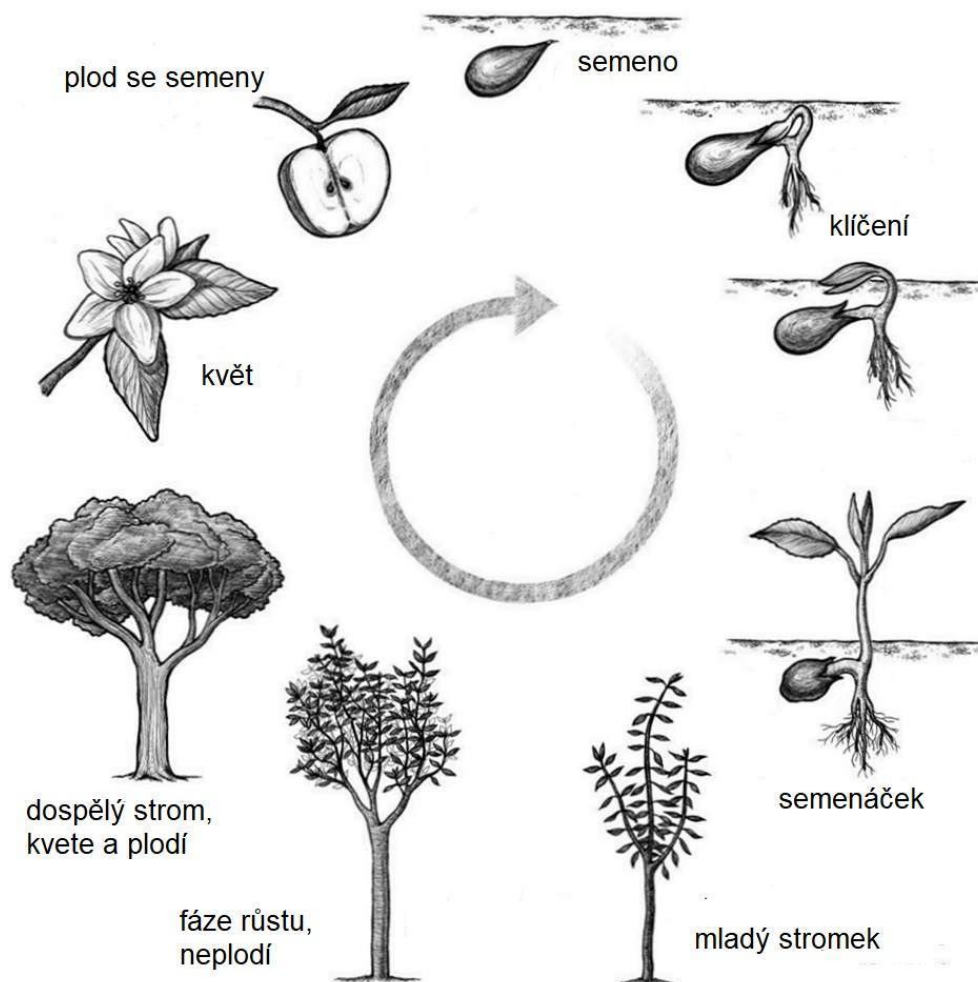
Rozmezí teplot optimálních pro fotosyntézu a růst má vztah k podnebí oblasti, kde se druh vyskytuje. Arktické a horské rostliny projevují známky růstu již při teplotách okolo 0 °C, u rostlin mírného pásu stačí, aby teplota stoupla o několik stupňů nad nulu, růst tropických rostlin začíná až při 12 – 15 °C.

Rostlinám ovšem nestačí jen přežívat a růst, musí zvládnout také kvetení i zrání a klíčení semen. Rozmezí teplot pro tyto děje se obvykle liší od rozmezí pro růst. Rostliny se také musely přizpůsobit zvládání teplotních rozdílů mezi dnem a nocí. Například druhy vnitrozemských stepí zvládají noční pokles teploty až o 40 °C.

Fenologie

Fenologie je věda studující chování a projevy organismů v závislosti na sezonních změnách vnějších podmínek prostředí, tj. v mírném pásu především na střídání jednotlivých ročních období. To ovlivňuje životní rytmus rostlin a způsobuje fenologické neboli sezonní změny. Na roční změny prostředí odpovídají rostliny jednak změnou rytmu životních procesů (vnitřní fyziologické děje), jednak vytvořením vhodné stavby těla (životní formy).

Vzhledem k nepohyblivosti rostlin je vazba mezi jejich vývojem a změnou počasí v rámci klimatu velmi těsná. Životní cyklus semenných rostlin probíhá podle obecného schématu: semeno (klidová fáze, klíčení) – semenáček (růst, dospívání) – dospělá rostlina (růst, rozmnožování) – tvorba semen.



Obr. 21: Životní cyklus jabloně

Vývojové fáze rostlin, které se každoročně pravidelně opakují během jedné růstové sezony a dají se snadno pozorovat, se nazývají **fenologické fáze** (fenofáze).

V našich zeměpisných šířkách je pro rostliny typické střídání období růstu ve vegetační sezoně a období klidu v zimě. Otevírání pupenů, rašení, klíčení semen či kvetení je obvykle možné až po dosažení určitých teplot, ale teprve po ukončení fáze vegetačního klidu. Pro posloupnost fenofází jsou v mírném pásu důležité především souhrny teplot.

Fenologický aspekt je označení pro soubor rostlin ve shodné vývojové fázi. Jistě jste si všimli, jak se liší podrost listnatého lesa na jaře od situace ve stejném lese v pozdním létě. Brzy zjara, před olistěním stromů, fotosyntetizují, kvetou a plodí různé trvalky s podzemními zásobními orgány (sasanky, dymnivky, orseje, sněženky,

bledule). To je takzvaný **jarní aspekt**. V létě často těmto bylinám úplně odumřou nadzemní části nebo zůstanou jen fotosyntetizující listy (např. jaterníky, kopytníky). Ty pak spolu s kvetoucími rostlinami (například travami, bikami či netýkavkami) tvoří **letní aspekt**.



Obr. 22: Jarní aspekt lužního lesa

Více o fenologických pozorováních v ČR si můžete přečíst v následujícím odkazu:

<https://www.fenofaze.cz/cz/o-fenologii/>

Životní cyklus rostlin

Životní cyklus rostliny je přizpůsobením k vnějším podmínkám prostředí. Podle životního cyklu můžeme rostliny rozdělit do dvou velkých skupin.

A) Druhy, které kvetou a plodí jen jednou za život.

Poté odumřou, protože vytvořením květů, plodů a semen vyčerpají veškerou zásobu energie z kořenů a listů. Můžeme je dále rozdělit na rostliny jednoleté, ozimé, dvouleté a víceleté.

Jednoleté rostliny vyklíčí, vyrostou, vytvoří květy, plody a semena během jedné vegetační sezony. Patří sem například některé druhy obilnin, hrách, slunečnice, vlčí mák, netýkavky a takzvané efemery – rostliny s výrazně zkráceným životním cyklem, které stačí vytvořit semena za pár týdnů. Některé druhy proto mohou vyklíčit a vykvést i vícekrát za sezonu.



Obr. 23: Osívka jarní patří mezi efemery.

Ozimé rostliny vyklíčí již na podzim, v růstu pokračují na jaře a ještě tentýž rok kvetou a plodí (např. ozimý ječmen, špenát, kapusta, len, kozlíček polníček či brokolice).

Dvouleté rostliny první jaro vyklíčí a vytvoří vegetativní orgány, druhý rok (pokud mají vhodné podmínky) kvetou, plodí a odumírají. Typickou dvouletou rostlinou je třeba mrkev obecná, locika salátová nebo divizna velkokvětá.

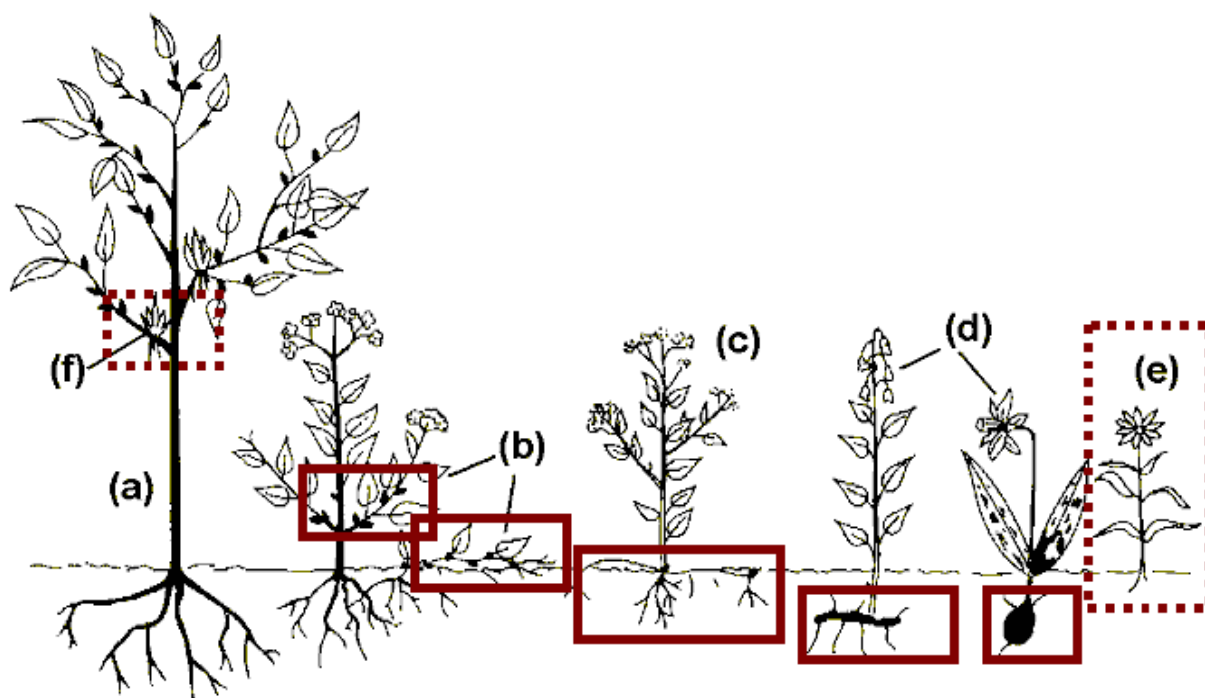
Víceleté jednou plodící rostliny v prvním roce vyklíčí, pak u nich po několik let vznikají a vyvíjejí se vegetativní a rozmnožovací orgány a teprve v posledním roce života vykvetou, vytvoří se semena a rostlina uhyne. Příkladem těchto rostlin je agáve nebo bambus.

B) Rostliny, které plodí opakovaně.

Trvalky nebo dřeviny (stromy a keře) plodí od určitého stáří pravidelně. Období nepříznivé pro růst přecházejí vytvořením zásobního orgánu (například oddenku, cibule nebo hlízy), případně jen shodí listy.

3.2. Příprava rostlin na zimu

V mírných zeměpisných šířkách je pro rostliny při přezimování nejdůležitějším úkolem ochránit obnovovací orgány, tedy pupeny, protože ty jsou zdrojem budoucího růstu. Systém třídění rostlin do životních forem byl vytvořen podle toho, kde a jak mají rostliny umístěné a chráněné pupeny s dělivými pletivami.



Obr. 24: Typy životních forem

Přezimující orgány jsou označeny černou barvou a u některých růstových typů zvýrazněny rámečkem.

Typy životních forem

Odborné názvy životních forem psané kurzívou jsou pouze informativní a není potřeba je znát.

1. Rostliny, které vyrůstají do větší výšky a mají své obnovovací orgány (pupeny) na vzpřímených stoncích ve výšce větší než 30 cm nad zemí. V obrázku jsou označené písmenem (a).

Před nepříznivými podmínkami jsou pupeny chráněny pouze svými obaly (o pupenech se dočtete více v kapitole 3.3.3. – strana 37). Patří sem vždyzelené i opadavé stromy a keře a dřevité liány.

Příklady: smrk, dub, lípa, líska, hloh, břečťan a další.

Tyto typy rostlin se nazývají fanerofyty.

2. Rostliny, které mají obnovovací pupeny nad povrchem půdy do výšky 30 cm; v obrázku označeno písmenem (b).

V nepříznivém období mohou být kromě vlastních obalů chráněny i vrstvou sněhu.

Sem řadíme nízké a plazivé keříky (například brusnice borůvka, brusnice brusinka) i byliny s nadzemními obnovovacími orgány (jetel plazivý, rozrazil lékařský) nebo polštářovité rostliny. Počítají se sem také mechy a keříčkovité lišejníky.

Tuto životní formu nazýváme chamaefyt.

3. Přízemní rostliny, které mají obnovovací orgány uložené těsně při povrchu půdy; v obrázku označeno písmenem (c).

Před zimou jsou chráněny nejen obaly, ale také vrstvou listů, listových pochev či šupin, vrstvou opadu a případně sněhovou pokrývkou.



Obr. 25: Vlevo – rostliny jaterníku skryté v opadaném listí; vpravo – obnovovací pupen (po odkrytí vrstvy opadu)

Do této skupiny patří rostliny s přízemními růžicemi listů s obnovovacími pupeny uprostřed růžice (pampeliška, jahodník, jaterník podléška) a trsnaté rostliny – trávy a ostřice. Dále byliny, u kterých v zimě odumírá nadzemní část a pupeny přetrvávají na povrchu půdy (vrbovka, pryskyřník, zběhovec). Do této kategorie se řadí také povlaky řas, korovité a lupenité lišejníky, játrovky.

Tato skupina se nazývá hemikryptofyty.

4. Rostliny přežívající nepříznivé podmínky v podzemních orgánech chráněných vrstvou půdy, opadu a v zimě i sněhu; v obrázku označeno písmenem (d).

Patří sem například dymnivky a bramboříky s podzemními hlízkami; liliovité rostliny s podzemními cibulemi; rostliny s rozvětvenými oddenky (sasanka, bršlice, pýr) a kapradiny s podzemními oddenky; dále sem řadíme rostliny časného jarního aspektu – vzhledem k zásobním látkám schovaným pod zemí mají rychlý start růstu. Díky zásobním látkám z oddenku jsou schopné brzy na jaře vyrůst i nezelené rozmnožovací lodyhy přesliček.

Tyto rostliny se nazývají geofyty.

5. Rostliny, které nepříznivé období přežívají v semenech či výtrusech, nejčastěji jednoleté, které během jedné sezony prodělají celý životní cyklus; v obrázku jsou označeny písmenem (e).

Zástupci jsou například polní plevely (penízek, mák).

Tyto rostliny se nazývají terofyty.

6. Rostliny rostoucí na povrchu jiných rostlin neboli *epifyty*; v obrázku písmeno (f).

Rozšíření epifytů je silně ovlivněno mrazem, proto v mírném pásmu epifytické cévnaté rostliny téměř nejsou, jen příležitostně na stromech roste například kapradina osladič. Zato můžeme na stromech často najít epifytický rostoucí mechorosty a lišejníky, které jsou vůči chladu a mrazu velmi odolné. Mohou zmrznout i vyschnout a po obnovení vhodných podmínek opět pokračovat v růstu. V laboratorních podmínkách dokázaly některé druhy lišejníků přežít dokonce i při teplotě $-195\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.2.1. Dormance

Dormance je období klidu a odpočinku rostlinných orgánů spojené s dočasným potlačením růstu v nepříznivých podmínkách. U rostlin mírného pásu jde o přizpůsobení určené k navození zimního klidu spojeného se zvýšenou odolností vůči chladu a mrazu a sníženému množství vody. Dormantní mohou být pupeny, ale také semena a plody, cibule či hlízy.

A) Dormance pupenů

Přechod k dormanci pupenů je spojen především se zkracováním dne a prodlužováním noci. Na začátku jde o takzvanou **vnitřní dormanci** vzniklou působením rostlinných hormonů, která u stromů může nastupovat již koncem léta.

Vnější dormance je navozena vlivem chladu a mrazu a v našich zeměpisných šířkách probíhá většinou od listopadu do února. I když v této době jsou pupeny proti mrazu nejodolnější, mohou při vhodných podmínkách (teplo, vlhko) pupeny na nařezaných větvíčkách začít rašit. Proto barborky (větvíčky třešní natrhané dle lidového zvyku začátkem prosince) po umístění do vázy do Vánoc vykvetou. Pokud byste ovšem nařezali větvíčky v období působení vnitřní dormance, ve váze by nerozkvetly.

Délka trvání dormance je závislá na druhu a stáří stromu. Obvykle platí, že mladší stromy vstupují do dormance později. Krátkou dormanci mají například bez černý nebo lípa, dlouhou naopak buk lesní. Stromy z jižní části mírného pásu reagují více na teplotu okolí než na délku dne, růstová aktivita je ohraničena teplotami těsně pod 10 °C například u jírovce či třešně.

V některých letech může po velmi suchém létě, kdy začnou listy brzy opadávat, nastat teplý a suchý podzim. Pak se může stát, že stromy vyraší a vykvetou ještě na podzim, když ukončí vnitřní dormanci, ale vnější dormance ještě nenastala.



Obr. 26: Na fotografii z 15. září je jírovec, na kterém jsou současně přítomné plody a staré listy, pupeny i nové květy a listy.

B) Dormance semen

Dormance semen slouží k načasování klíčení do podmínek příznivých pro růst. Semena letniček kvetoucích a plodících časně zjara musí projít mrazem, aby mohla klíčit. Osívky, některé rozrazilky, rožce a huseníčky vytvoří plody a semena během velmi krátké doby. Pokud by tato semena začala klíčit již v roce, kdy vznikla, nedokázaly by rostlinky konkurovat letním bylinám. Když počkají na působení mrazu, mají jistotu, že zjara vyrostou jako první a nebudou zatlačeny konkurencí.

3.2.2. Opadávání dřevin

Jedním z nejnápadnějších projevů přípravy na zimu v našem podnebném pásu je opadávání listnatých stromů na podzim. Proč to listnáče dělají? Chrání se sice proti poškození listů mrazem, ale hlavním důvodem je přizpůsobení se nedostatku vody v zimě. Jak víme z fyziky, odpařování vody probíhá při všech teplotách, tedy i v mrazu. Velkou plochou listů by stromy odpařily větší množství vody, než kolik jsou schopny přijmout kořeny.

Opadu listů obvykle předchází barevné změny. Vlivem enzymů dojde k rozkladu chlorofylu a projeví se další barvy, které byly předtím překryty zelenými chlorofyly. Jsou to především barvy žluté až oranžové (karotenoidy), červené až fialové (antokyany) a hnědé (třísloviny). Rozkladem chlorofylu se rostlina snaží využít z listů některé látky, které by po jejich opadu byly pro ni ztraceny, například dusík, fosfor a hořčík. Hořčík je součástí molekuly chlorofylu a na jaře bude opět potřeba, proto ho rostliny recyklují. Naopak karotenoidy jsou složeny jen z uhlíku, vodíku a kyslíku, což jsou prvky, které rostlinám většinou nechybí.



Obr. 27: Rozklad chlorofylu

Jak stromy poznají, že je čas shodit listy? Na základě vnějších podmínek – působí zde kombinace zkracování dne a snižování teplot. Před vlastním opadem dojde mezi řapíkem listu a stonkem k vytvoření přehrádky z odumřelých korkových buněk

a k přerušení cévních svazků. Po opadu listu zůstává listová jizva s listovými stopami (což jsou právě pozůstatky přerušení cévních svazků vedoucích do listu).



Obr. 28: Listová jizva na větvíчке
jírovce

Karotenoidy (zejména β -karoten a xantofyly) jsou barviva rozpustná v tucích a jsou v listech téměř vždy. Chrání je před přemírou světla a UV záření a některé (β -karoten) pomáhají v chloroplastech přijímat světlo o vlnových délkách, které chlorofyl nedokáže zachytit. **Antokyany** se rozpouštějí ve vodě a vytvářejí je jen některé rostliny. Víme toho o nich mnohem méně než o karotenoidech, ale předpokládá se u nich ochranná funkce proti chladu. Díky antokyanům se například přezimující listy barví do červena až fialova.



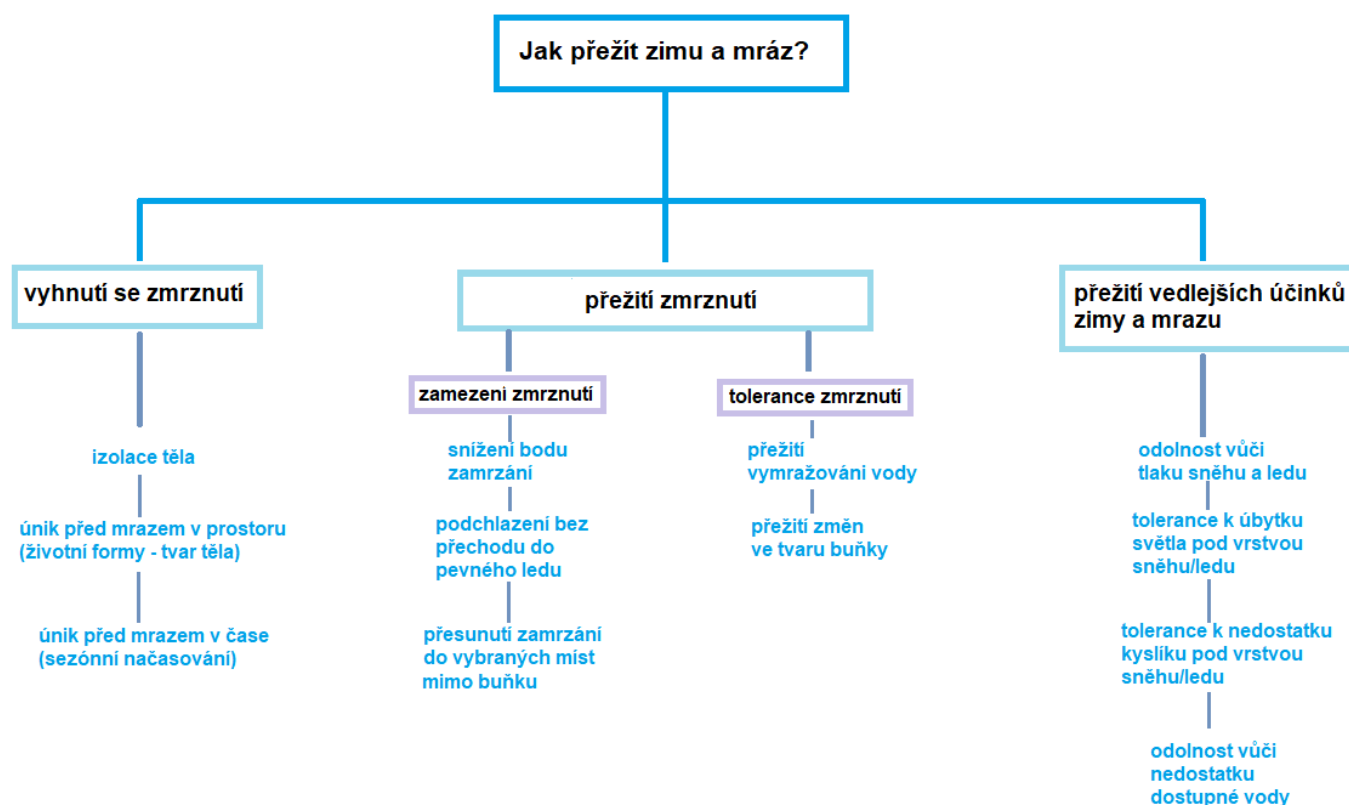
Obr. 29: Červeně zbarvené
přezimující listy břečťanu

Přečtěte si k tématu:

https://www.avcr.cz/cs/veda-a-vyzkum/aktuality/Co-muze-za-barevnou-krasu-podzimniho-listi?fbclid=IwAR1hxB8do4DbRtX5gJ9aIN82DIOLFq44HQYznRpp0CV3YO2sUI_d1M0E8BI

3.3. Jak se rostliny chrání před zimou

Grafické shrnutí toho, jak se rostliny mohou vyrovnávat se zimním obdobím a mrazivými teplotami, vidíte na následujícím schématu.



Vlivem nízkých teplot dochází u rostlin k poklesu rychlosti růstu a zpomalení životních dějů (fotosyntézy, dýchání, transportu látek). Obvykle je to tím, že přestávají fungovat enzymy vázané v membránách. Schopnost přežít nepříznivou teplotu je ovlivněna rychlostí, s jakou změna nastala.

3.3.1. Přizpůsobení ve tvaru těla, izolace od okolí

Ztráta či příjem tepla rostlinou závisí hlavně na:

- velikosti teplotních rozdílů mezi rostlinou a okolím;
- rychlosti proudění vzduchu okolo rostliny (tj. na větru);
- tvaru a velikosti listů;
- vlastnostech hraniční vrstvy neboli vrstvy vzduchu těsně nad listem. Čím je hraniční vrstva silnější, tím lépe je rostlina izolována a tím méně tepla vyměňuje

s okolím. Naopak tenká hraniční vrstva znamená rychlejší výměnu tepla. Tloušťka hraniční vrstvy je závislá na ploše listu – čím je list menší, tím tenčí je hraniční vrstva. Proto jsou úzké listy (jehlice) jehličnanů výhodné jak pro růst v teple (snadný výdej tepla a ochlazení listu), tak v zimě (rostlina snadno přijímá teplo od okolního vzduchu).

Poduškovité rostliny, tedy keříky či koberce nebo listové růžice přitisklé k zemi ztrácejí teplo pomaleji než rostliny vzpřímené, zvláště pokud jsou chráněny před větrem. Projevuje se i účinek ohřívání od půdy. Půda vyrovnává teplotu okolí, ve dne teplo přijímá, v noci uvolňuje. Teplota půdy také ovlivňuje příjem vody rostlinou (arktické a vysokohorské druhy přijímají vodu i při teplotách okolo nuly).

Ozářené části rostlin mívají zpravidla o několik stupňů vyšší teplotu než okolní vzduch (u nás o 3–6 °C). Nejvyšší teploty na rostlině byly naměřeny u květů. Arktické a vysokohorské druhy máků otáčejí květy za sluncem a soustřeďují sluneční paprsky do středu, do místa tvorby semen. Ohřáté květy také více lákají opylovače. Tmavé pupeny ohříváné sluncem přispívají k tání sněhu okolo časně rostoucích rostlin.

3.3.2. Ochlupení rostlinných orgánů

Vrstva krycích chlupů neboli trichomů dobře izoluje před chladem, protože zadržuje vzduch, který je velmi dobrý izolant. Z toho důvodu bývají mladší a méně odolné orgány, např. rašící listy či nové větvičky, výrazně chlupatější než orgány dospělé. Krom toho může odraz světla od listů pokrytých chlupy soustředit záření na růstový vrchol a pupeny, kde je pak výrazně vyšší teplota než v okolí.



Obr. 30: Ochlupení jako ochrana před mrazem – zleva pupen muchovníku, letorost lísky, květy koniklece

3.3.3. Ochrana pupenů

Pupeny obsahují dělivá pletiva, ze kterých na jaře vyrostou nové listy, květy a větvičky, proto je jejich ochrana mimořádně důležitá. Obzvlášť u dřevin, kde jsou pupeny ve větší výšce a přes zimu je nezakrývá opad ani sníh. Pupeny jsou chráněné pupenovými šupinami, které vznikají z listů. Mohou být porostlé trichomy (ochrana před mrazem) nebo pokryté lepkavou pryskyřicí (jak to znáte u jírovce maďalu). Některé opadavé dřeviny mají pupeny chráněné i vytrvávajícími uschlými listy. Listy dubu zimního často opadávají až na jaře (možná znáte Werichovu pohádku *Až opadá listí z dubu*). U platanů jsou pupeny chráněné přímo řapíkem starých listů, který jako čepička (nebo kápě, kapuce, také se tomu říká kápovitá báze řapíku) sedí přes zimu na pupenu.

Pupeny mohou vyrůstat buď jednotlivě, nebo jich může být nahloučeno více v jednom místě, nejčastěji na vrcholu větvičky.

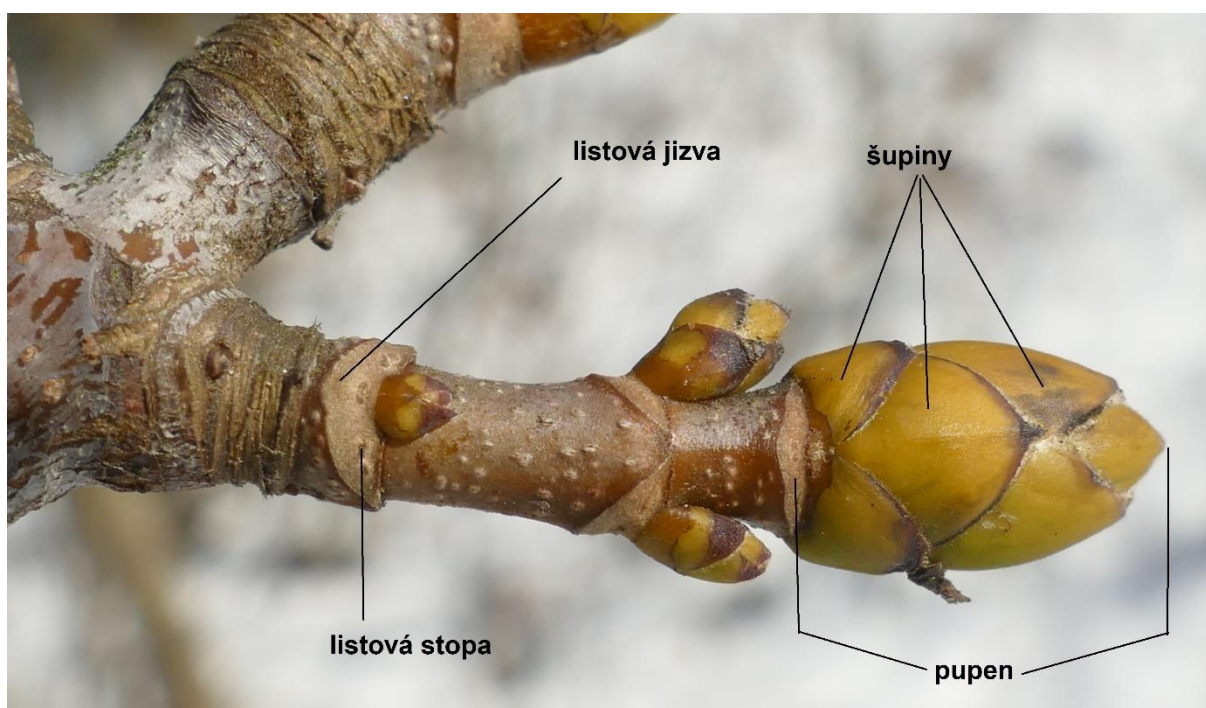
Pupeny listové obsahují pouze základy listů, pupeny se základy květů se označují jako **pupeny květní**, **pupeny smíšené** obsahují i listové i květní části a často bývají kulatější a větší než pupeny listové. **Pupeny dřevní** (osní) obsahují také základy letorostů (nových větviček).

Podle místa výskytu na rostlině můžeme pupeny dělit na **vrcholové** (terminální) a **postranní** neboli úžlabní (laterální, axilární), které vyrůstají po stranách stonku,

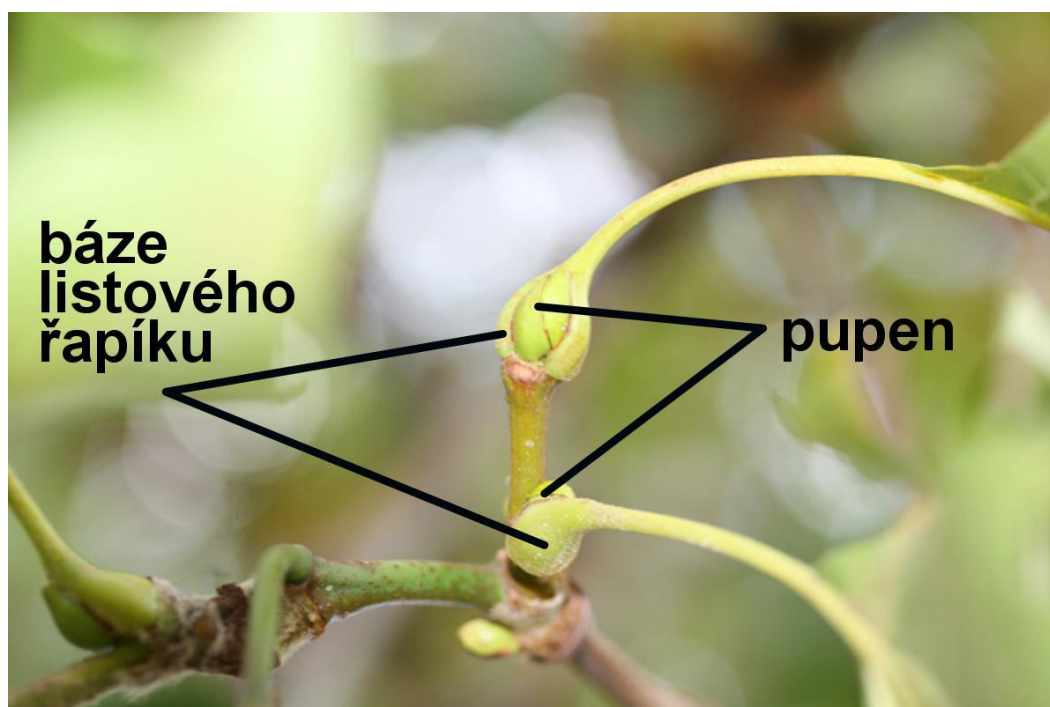
často v úžlabí listů. Podobně jako listy mohou být podle vzájemného postavení buď vstřícné či střídavé.

Náhradní pupeny (adventivní) mohou vznikat nahodile v kterékoliv části rostliny, mají velký význam při regeneraci po poškození, mohou sloužit k vegetativnímu rozmnožování (např. v podobě pacibulek).

Pupeny (především u dřevin) jsou před nepřízní počasí často kryty **šupinami**, které vznikají přeměnou listů, podpůrných listů či palistů. Pupeny mohou být kryty větším množstvím šupin (buk, dub, javor), dvěma šupinami (lípa), jednou šupinou (vrby). Byliny mají obvykle pupeny nekryté neboli nahé, pupeny kryté jen částečně se nazývají polonahé (např. u bezu černého).



Obr. 31: Vnější stavba pupenu (javor klen)



Obr. 32: Pupeny platanu chráněné řapíkem starého listu

3.4. Vliv sněhu na rostliny

Sníh ovlivňuje rostliny různými způsoby. Někdy může způsobovat problémy, jindy být přínosem. Vrba síťnatá nebo silenka bezlodyžná sníh ke svému životu potřebují – takové rostliny označujeme jako sněhomilné.

Příklady vlivu sněhu:

- tepelná izolace od okolí;
- ochrana před výkyvy teplot;
- ochrana před větrem;
- udržování vzdušné vlhkosti, díky níž nehrozí vysychání;
- zdroj vody v půdě;
- úbytek světla a kyslíku pod sněhovou pokrývkou;
- působení hmotnosti sněhu a ledu mající za následek lámání větví a poškození koruny;
- lavinové dráhy udržují bylinnou vegetaci, snižují horní hranici lesa; některé druhy, například horské plavuníky, využívají místo lavinových drah lyžařské sjezdovky;
- obrušování větví a pupenů na straně, odkud fouká vítr; vytváření vlajkové formy stromů; mrazové formy smrků (na obrázky poškození stromů mrazem se můžete

podívat zde: <http://atlasposkozeni.mendelu.cz/atlas/360-mraz.html>; video zde: <https://youtu.be/Ncc3BKX6Viv>);

- zkrácení vegetační sezony na místech s dlouhotrvající sněhovou pokrývkou;
- pod sněhem vytvoření podmínek vhodných pro rozvoj houbových chorob;
- zamokřování půdního profilu.

Řasy na sněhu

Začátkem jara můžete na horách narazit na zvláštní jev – červeně nebo zeleně zbarvený sníh. Červené skvrny jsou někdy tak nápadné, že se mluví i o sněhu krvavém. Toto zbarvení způsobují takzvané sněžné řasy. Jsou to jednobuněčné organismy, které řadíme k zeleným řasám. Nejznámější z nich je pláštěnka sněžní (*Chlamydomonas nivalis*), zeleně zbarvují sníh zástupci rodu *Chloromonas*. Proč tedy ale červený sníh, když jde o zelené řasy? Zbarvení způsobuje astaxanthin, barvivo ze skupiny karotenoidů. Astaxanthin slouží jako filtr, který zabraňuje nadměrnému ozáření a působení škodlivé UV složky slunečního záření. Zbarvený sníh pohlcuje více záření, rychleji taje a řasy získávají vodu nutnou pro život. Lidé s citlivým čichem tvrdí, že červený sníh je cítit po melounech. Rostliny rostoucí na sněhu se nazývají **kryofyty**.



Obr. 33: Červená barva sněhu způsobená řasou pláštěnkou sněžní (*Chlamydomonas nivalis*)

3.5. Vliv mrazu na rostliny

Co se děje s buňkami při mrznutí vody a jak se tomu mohou bránit, jste se dozvěděli již v úvodu textu. Pojdme se teď podívat na některé děje probíhající v rostlinách.

► Proč brambory účinkem mrazu zesládnou?

Zásobní škrob, který nemá sladkou chuť, rostlina aktivně štěpí na jednoduché cukry, které snižují teplotu zamrznání a zabraňují úniku vody z buňky tím, že zvyšují její osmotickou aktivitu. Podobné je to i s některými plody, například u trnky či mišpule. Pokud plod ochutnáte před přemrznutím, je především trpký, po působení mrazu se stává sladkým. U kaliny obecné jsou červené plody před zmrznutím jedovaté, po přemrznutí už jedovaté látky neobsahují. Ale ke konzumaci vás to asi lákat nebude, protože zároveň začnou páchnout.



Obr. 34: Plody trnky (vlevo) a kaliny (vpravo)

► I rostliny se otužují

Tolerance k působení teplot pod bodem mrazu je dána odolností buněk vůči ztrátě vody a odolností membrán a buněčných stěn vůči mechanickému poškození ledem. K postupnému otužování dochází především v období nízkých teplot nad bodem mrazu, neboť při teplotách pod bodem mrazu se metabolismus v rostlině celkově výrazně snižuje a na „záchranná opatření“ je už tím pádem pozdě.

Otužování začíná na podzim po ukončení vegetační sezony. Během zimy rostlina postupně získává schopnost vydržet i značnou tvorbu ledových krystalů v pletivech, na jaře vlivem působení teplot nad bodem mrazu tato schopnost opět slábne. Ke ztrátě schopnosti odolávat zmrznutí může dojít i uprostřed zimy, pokud se teploty na několik dní přiblíží hodnotám kolem 10 °C.

Zvyšování odolnosti vůči nízkým teplotám u dřevin probíhá postupně. Nejprve se vytvoří odolnost proti mírným mrazům, po 1–2 týdnech i proti silným mrazům. Při otužování se v buňce nejprve hromadí cukry a další kryoprotektanty, klesá množství vody v buňkách a velké vakuoly se dělí na menší.

Uprostřed zimy stromy bez problémů přežívají i teploty hluboko pod bodem mrazu. Daleko nebezpečnější jsou pro ně jarní mrazíky, kdy po ztrátě otužení na konci vegetačního klidu jsou rašící pupeny a květy náchylné ke zmrznutí. Mrazové trhliny ve dřevě mohou vznikat v předjaří jako následek velkého kolísání teplot, kdy se kmeny přes den ohřívají od slunečních paprsků a v noci se při teplotách klesajících pod bod mrazu zase ochladí. Z hlubokých trhlin může vykapávat nebo vytékat míza, což je vodný roztok cukrů, který na jaře stoupá dřevem do korun, aby vyživoval pupeny. V Rusku lidé dokonce zjara nařezávají kmeny bříz a mizu (takzvanou březovou vodu) sbírají a pijí jako léčivý elixír.

Semena a vytrvalé odpočívající orgány jsou vzhledem k nízkému obsahu vody proti mrazu vždy odolnější než semenáčky, květy či listy.

Něco navíc:

V této souvislosti můžeme zmínit i pranostiku o ledových mužích čili zmrzlících. Ve dnech 12. až 14. května, kdy mají svátek Pankrác, Servác a Bonifác, nastává období, kdy po teple často přicházejí noční mrazy, které mohou způsobit mnohé škody.

Návrat mrazů po teplém březnu a dubnu totiž může pro ovocnáře a vinaře znamenat ztrátu úrody. Někteří pěstitelé zahřívají sady a vinice pálením dřeva v barelech nebo zapalováním slámy, také se používají parafínové svíčky, které jsou vloženy mezi jednotlivé keře a nechávají se hořet. Další možností jsou stroje na umělé vytváření mlhy. Ta zabraňuje mrazu sednout do údolí, díky čemuž se snižuje riziko poškození rostlin. Na výrobu mlhy se používá směs 50 % vody a 50 % glycerínu.

I v zahrádkách se jako izolace před mrazem zakrývají růže smrkovým chvojím či záhony fólií nebo netkanou textilií.

► Proč jehličnany vydrží větší mráz a mohou zůstat i přes zimu zelené?

Úzké jehlice se silnou pokožkou, často ještě krytou voskovou vrstvou, odpařují daleko menší množství vody než ploché listy. Ztrátu vody minimalizuje i zanoření průduchů pod úroveň okolní pokožky. Jehličnany jsou schopné fotosyntézy i při nízkých teplotách (i když s menší intenzitou), proto se jim investice do vytrvalých listů vyplatí.

Jehličnany jsou velmi odolné proti zamrznutí vody v cévních svazcích. Důvodem je skutečnost, že dřevní části cévních svazků jehličnanů jsou často užší a kratší než je tomu u listnatých stromů. Rychlost vedení roztoků je v nich sice menší, ale naproti tomu v zimě téměř neklesá (na rozdíl od listnáčů, kde je rychlost vedení větší, ale po opadu listů může klesat až na polovinu).

Další výhodou jehličnanů je to, že jejich dřevní cévní svazky odolávají přerušení vedení vody. Voda má velkou schopnost rozpouštět plyny a to platí i pro vodu dopravovanou v cévních svazcích. Čím nižší teplota, tím více plynu se ve vodě rozpustí. Ale jen do chvíle, než voda zmrzne. Led má menší schopnost uchovávat plyn než kapalná voda, a proto se při zamrznutí uvnitř něj začnou vytvářet bublinky vzduchu. Pokud dojde na jaře k rychlému rozmrznutí, uvolněné bublinky se nestihnou znovu rozpustit a mohou přerušit další vedení vody. Toto nebezpečí je pochopitelně mnohem větší u listnáčů, jejichž cévní svazky jsou (jak už jsme si řekli) širší než u jehličnanů, a tak obsahují více vody.

Díky uvedeným skutečnostem se jehličnaté lesy vyskytují i v oblastech, kde je větší zima (viz zákon minima, str. 20). Zatímco jehličnatým stromům stačí k životu třicet dní v roce s průměrnými teplotami nad 10 °C, pro rozšíření listnatých lesů je potřeba takových dnů alespoň sto dvacet. Hranice mezi tajgou a tundrou a tím vlastně i ekologické vymezení Arktidy proto blízce kopíruje červencovou izotermu – spojnici míst, kde v červenci průměrná teplota neklesá pod 10°C.



Obr. 35: Červencová izoterma

Schopnost odolávat mrazu nebo ho přežít se u rostlin zvyšuje s rostoucí zeměpisnou šířkou, naopak s větší nadmořskou výškou sílí tendence vyhnout se mrazu, izolovat se od něj.

Téměř na rovníku na úbočí východoafrické hory Mount Kenya rostou ve výšce okolo 5 000 m n. m. obří lobelky druhu *Lobelia telekii*. Přes den zde pálí slunce, v noci mrzne. Lobelka se s těmito vlivy vyrovnává díky hustě chlupatým listům, které se přes den otevírají do široké růžice, která odráží světlo. V noci se chlupaté listy sevřou a izolují rostlinu od mrazu.



Obr. 36: Lobelka na Mount Kenya

3.5. Zima jako příprava na jaro

Přezimující semena mnoha našich druhů rostlin musí promrznout, jinak neklíčí. Pokud byste čerstvá semena takových rostlin nasbírali a uchovávali doma v teple, tak vám po vysazení ani za příhodných podmínek nevyklíčí. Je to pojistka, aby rostlina nevyklíčila před zimou, kterou by pak nemusela přežít. Fází chladu a mrazu (neboli **stratifikací**) potřebují projít semena většiny dřevin mírného pásu. Žaludy dokážou bez stratifikace zapustit kořínek, ale nadzemní část čeká, až žalud projde fází chladu. Obdobně **jarovizace** (neboli vernalizace) připravuje působením nízkých zimních teplot rostliny pro přechod ke kvetení. Jarovizace vyvolává kvetení až po uplynutí delší doby, je to takový „vzkaz“ rostlině, že už brzy bude moci vykvést a že se na to má připravit. Jarovizace může probíhat již při bobtnání semen (například u ozimých

obilovin) nebo až ve fázi růstu mladých rostlin. Požadavek snížených teplot pro semeno nemají všechny rostliny, běžný je u ozimých a dvouletých bylin.

U některých pokojových rostlin, jako například u hvězdníku, musí jarovizací projít cibule, aby rostlina vykvetla. Optimální teploty pro jarovizaci se pohybují od teplot slabě nad nulou do vyšších. Trvání doby jarovizace je různé. Ukončení jarovizace je spojeno s větší aktivitou růstu a se snížením mrazuvzdornosti. Význam jarovizace si můžeme ukázat na srovnání ozimé a jarní pšenice. Ozimá pšenice musí projít stádiem jarovizace, tj. působení chladu během zimy, zasetá na jaře by nekvetla a neplodila. Naopak jarní forma vysetá na podzim by vyklíčila, ještě na podzim vykvetla a byla poškozena zimním počasím. Existují i odrůdy pšenice, které označujeme jako přesívky, které je možno vysévat na podzim i na jaře. Mají totiž značnou toleranci k chladu a v porovnání s ozimou pšenicí malé jarovizační nároky. Mívají ovšem menší výnosy.

4. ŽIVOČICHOVÉ A ZIMA

S nadcházející zimou mají živočichové několik možností, jak nepříznivé období přežít, v každém případě se ale na zimu musí připravit. Mohou se odstěhovat, mohou strávit kritické období v neaktivním stavu ve vhodném úkrytu nebo mohou zůstat aktivní a využít nejrůznější způsoby, jak sehnat potravu a jak se zahřát.

4.1. Jak se připravit na zimu

Na období zimy se musí živočichové důkladně připravit. Jak ale poznají, kdy s přípravami začít? Reagují na určité vnější vlivy, které působí na jejich nervovou soustavu. Jsou to především zkracující se světelná část dne (neboli fotoperioda) a klesající teplota okolí, případně nedostatek potravy. To jsou signály, které zaznamenají smyslové orgány a předají je do mozku. Ten pak vyšle „povely“ k výměně srsti či peří, vytvoření zásobního tuku, vyhledání úkrytu, snížení metabolismu a dalším nezbytným „opatřením“.

Metabolismus neboli látková výměna je souhrn všech chemických dějů, které se odehrávají v živém organismu, ať jde o jednotlivou buňku, nebo o mnohobuněčný organismus. Slouží k získávání energie a k tvorbě látek potřebných pro činnost a stavbu organismu.

4.1.1. Změna tělního pokryvu

Savci a ptáci před zimou vyměňují **tělní pokryv** – línají a přepeřují. Zimní srst i opeření jsou oproti letnímu šatu hustší a většinou i delší. Důvod je zřejmý – v hustší podsadě i prachovém peří se zadrží víc vzduchu, který dobře tepelně izoluje, a vnější vrstva delších pesíků či krycích per slouží jako softshellová bunda – déšť po ní steče, sníh sklouzne a vítr ji neprofoukne.

Některým druhům narůstá na zimu delší srst či peří nejen na těle, ale i na nohou a mezi prsty. V tomto případě plní kromě zahřívání končetin i další funkci – pomáhá v pohybu na sněhu. Takové „sněžnice“, které brání proboření, mají například bělokurové, sobi nebo zajíci.



Obr. 37: Bělokur rousný



Obr. 38: Zajíc polární

Mnohdy se mění také zbarvení – zimní srst nebo peří bývají přinejmenším světlejší než letní, a často dokonce úplně bílé. Zdá se to možná nelogické, vždyť bílá barva slunečního záření (a tedy i teplo) odráží, zatímco černá ho pohlcuje, takže by bylo lepší, kdyby zimní zbarvení bylo tmavé. Jenže v zimě je slunečního svitu pomálu a tmavá srst či peří sice teplo pohlcují, ale také ho naopak poměrně dost z těla odvádějí. Při tom bílé nebo alespoň světlé zbarvení pomáhá živočicha maskovat v zimní krajině, což je nepochybně výhodné pro přežití – predátor se může snáz přiblížit ke kořisti a kořist naopak lépe unikne jeho pozornosti. A tak výhoda světlého zbarvení jako maskování výrazně převažuje nad nevýhodou menšího vstřebávání tepla ze slunečního záření, protože většinu tepla si stejně musí savci a ptáci vyrobit sami.



Obr. 39: Liška polární v zimní a letní srsti

4.1.2. Tukové zásoby

Další důležitou přípravnou fází na zimní období je vytvoření dostatečných tukových zásob, které budou zdrojem energie a vody v době nedostatku potravy, během zimního spánku nebo při migraci. Při štěpení tuků se totiž uvolňuje nejen energie, ale také molekuly vody.

Mnozí savci i ptáci proto změň na podzim jídelníček a začnou vyhledávat potravu bohatou na mastné kyseliny, jako jsou olejnatá semena včetně oříšků. Vytvářejí si tak zásobní tuk, který se savcům ukládá většinou rovnoměrně na celém těle (ale ne na končetinách nebo ocase). Má stejně dobré izolační vlastnosti jako vrstva vzduchu v srsti. Je proto zvláště důležitý pro savce žijící trvale ve vodě, která odvádí teplo z těla dvacetkrát rychleji než vzduch. Mokrá srst jako izolant nefunguje, a tak kytovci srst vůbec nemají. A savci, kteří kombinují život na souši a ve vodě, jako jsou ploutvonožci, vydry nebo medvědi lední, kombinují rovněž oba způsoby ochrany před chladem – hustou srst a podkožní tuk.

Ptákům by souvislá tuková vrstva byla na obtíž, a tak mají tukové zásoby uložené hlavně na prsou. Jen vodní ptáci mají vrstvu podkožního tuku i na břiše, aby je chránila před studenou vodou nebo ledem.

Tukové zásoby si dělá dokonce i hmyz, a to v podobě tukového tělesa, které vyplňuje zadeček a hrud' a zasahuje částečně i do dalších oddílů těla.

4.1.3. Zimní úkryty

K nezbytným opatřením před zimou patří i vyhledání **vhodného úkrytu**. Zimní úkryt (obecně se mu říká hibernakulum) má pochopitelně smysl jen v případě, že v něm nebude mrznout.

a) Zimoviště pro hibernaci

Vyhledání či vytvoření vhodného úkrytu věnují značnou pozornost hlavně savci, kteří v zimě hibernují (což znamená, že upadají do stavu strnulosti na dlouhou dobu).

Častým zimovištěm bývá v tomto případě například **jeskyně** dost hluboká na to, aby do ní mráz nepronikl, ale také stará štola, hluboký sklep nebo jiná lidská stavba. Je tu dostatečně vysoká vzdušná vlhkost a teplota příliš nekolísá (v našich podmínkách se pohybuje obvykle v rozmezí 7–10 °C). Takové úkryty vyhledávají například netopýři a vrápenci i četní bezobratlí, od pavouků po hmyz.



Obr. 40: Zimující netopýři (na snímku jsou netopýři velcí) jsou přitisknuti jeden k druhému, aby omezili výdej tělesného tepla.



Obr. 41: Zimující vrápenci se zabalí do létací blány, která je izoluje, a tak mezi sebou udržují určitou vzdálenost.



Obr. 42: Slunéčka zimují hromadně na chráněném místě včetně jeskyní.

Velmi často se živočichové ukrývají **hluboko v půdě**, kde nemrzne. Živočich si takové útočiště buď sám vyhrabe, nebo využije již hotovou noru vytvořenou někým jiným.



Obr. 43: Ropuchy jsou schopné se samy zahrabat až metr pod povrch, často i dost daleko od vody.



Obr. 44: Zmije obecné zimují v podzemních úkrytech hromadně, propletené ve velkém chumlu. Podobně zimují i užovky podplamaté.



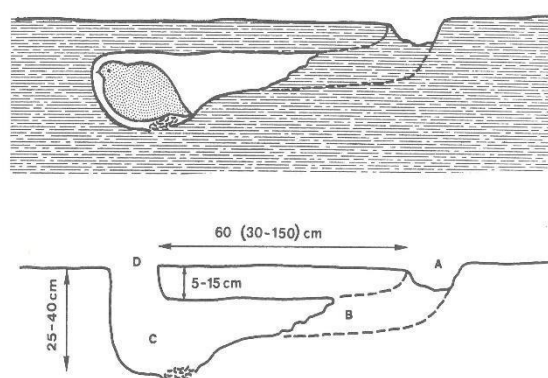
Obr. 45: Nory severoamerických psounů prériových poskytují útočiště nejen hmyzu nebo pavoukům, ale i obratlovcům – žábám, malým ještěrům, nebo dokonce chřestýšům či sýčkům králíciím.

Mnoho živočichů, ať už je to jezek, ropucha, ještěrka nebo čmelák, bohužel hledá zimoviště marně. Platí to hlavně ve městech, kde jsou parky a zahrady na zimu pěkně čistě uklizeny. Vypadá to báječně, ale pro hibernující živočichy je to velmi nepřátelské. Při tom stačí málo – například kompost zakrytý prkny, hromada suchého listí (samozřejmě jen toho zdravého) zatížená shora větvemi, „neuklizená“ hromada dříví, kousek neposečené vyšší trávy... To vše poskytne vítané zimní útočiště mnoha bezobratlým i malým obratlovcům.

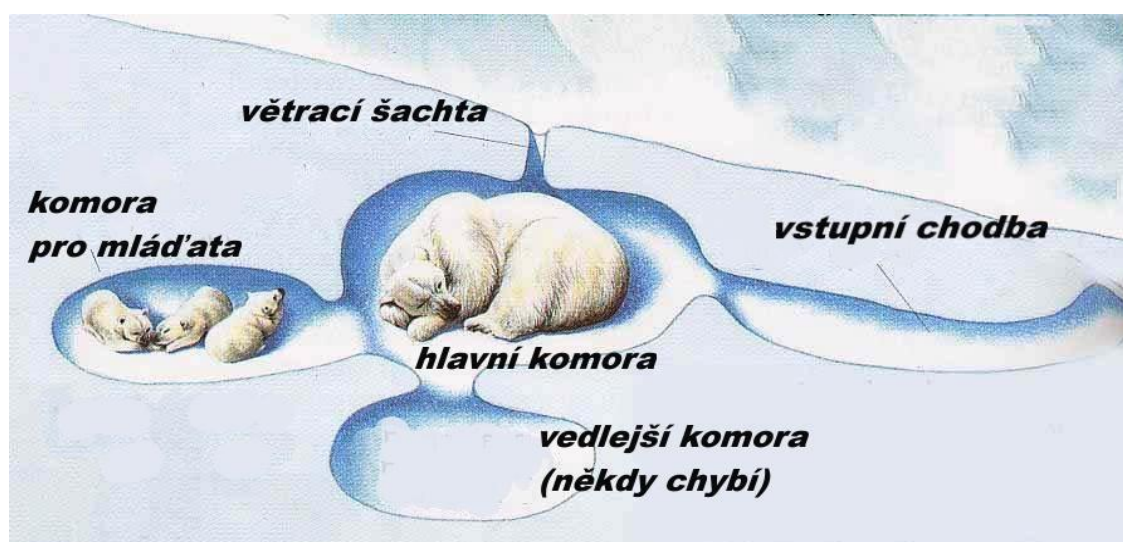
Mnozí bezobratlí, někteří obojživelníci a vzácně i někteří plazi (například některé sladkovodní želvy) tráví zimu **na dně stojatých vod**. Protože voda dosahuje své nejvyšší hustoty při 4 °C (je tedy při této teplotě nejtěžší a klesá), nádrž málokdy celá promrzne, a tito „spáči“ tak nebývají vystaveni nižším teplotám, a dokonce se často ani nemusí zahrabávat.

b) Dočasné zimní úkryty

Savci a ptáci nehledají úkryty jen pro dlouhodobé přežití zimy ve stavu strnulosti. Vhodné útočiště musí vyhledat i druhy, které jsou v zimě aktivní, ale během spánku potřebují být v teple, protože se nepohybují a tudíž nevytvářejí svalové teplo. Poměrně často živočichové využívají tepelně izolační vlastnosti sněhu. Sníh totiž obsahuje hodně vzduchu, a tak velmi dobře tepelně izoluje. Sněhový úkryt je proto vhodný i k přečkání mrazivé noci, což dobře vědí například tetřívci obecní, kteří si v něm každý večer vyhloubí hlubokou díru, místo aby jako v létě hřadovali na stromě.



Obr. 46: Tetřívka obecná v zimním úkrytu a schematický průřez úkrytem.



Obr. 47: Medvědům ledním skvěle slouží k odchovu mláďat nora vyhloubená ve sněhu.

Hraboši nebo **lumíci** sice spí v podzemní noře, ale vysokou sněhovou pokrývkou využívají během dne a razí si cestičky pod povrchem sněhu, aby se nevystavovali mrazivému vzduchu.



Obr. 48: Vlevo – pod čerstvým sněhem lze sledovat, kudy se hraboši pohybují.
Vpravo – tající sněh pak jejich chodbičky odhalí.

Pod vrstvou sněhu nebo na jeho povrchu zůstávají aktivní dokonce i někteří malí **pavouci**.



Obr. 49: Plachetnatka pozemní tká sítě i ve sněhu – loví do nich nejčastěji chvostoskoky.

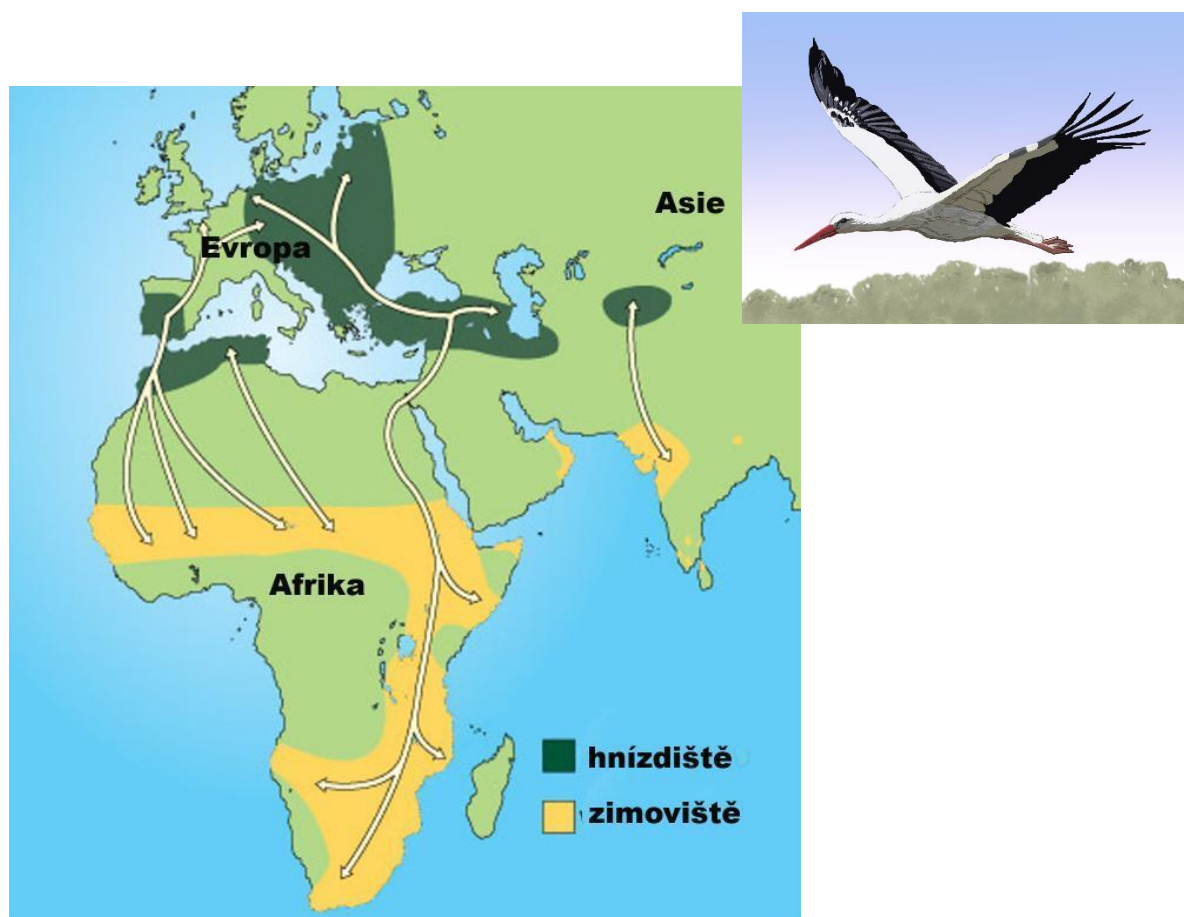
4.2. Migrace

Mnozí živočichové se uchýlí k tomu zdánlivě nejjednoduššímu řešení a před zimou „utečou“. Migrace, tedy pravidelně se opakující cesty mezi místy sezonního pobytu, je dobře známá u ptáků. Migrují však i ostatní obratlovci a mnozí bezobratlí. Důvody k migraci mohou být různé – v létě za potravou a vodou (bizoni v Severní Americe nebo velcí kopytníci v africké savaně), kvůli rozmnožování (kytovci, karety, úhoři, lososi) a samozřejmě i za příznivějšími klimatickými podmínkami. V našem případě nás zajímají právě ty cesty, jejichž cílem je přežití zimy.

4.2.1. Ptačí tahy

Nejznámějšími migranty jsou bezesporu ptáci. Jistě dobře víte, že mnoho druhů, které se živí hmyzem nebo jinou sezonní potravou, odlétá „na jih“, kde je tepleji a potravu tam najdou dostatek. S tím jihem to ale není úplně jednoduché, protože tahové cesty nebývají přímočaré. Většina našich druhů má sice za cíl Afriku (jen někteří, například hýl rudý, odlétají do Asie, především do Indie), ale po cestě musí překonávat vysoká pohoří, moře a pouště. Proto volí takovou trasu, která je pro ně nejvhodnější.

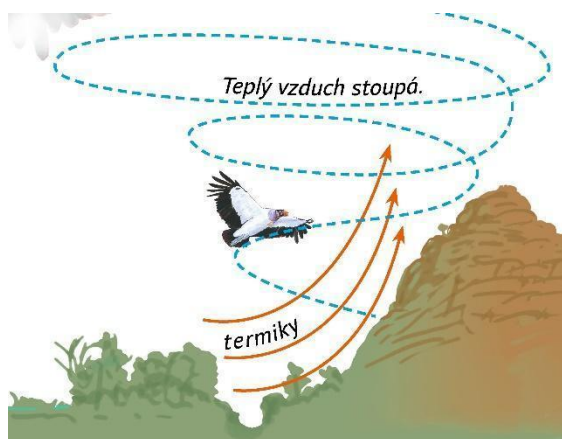
Velké druhy, které při letu využívají plachtění, jako jsou čápi, jeřábi nebo dravci, musí letět oklikou, podél vysokých hor. Proto volí cestu buď přes Gibraltar, nebo přes Bospor a Dardanely – Středozemní moře je pro ně nepřekonatelné.



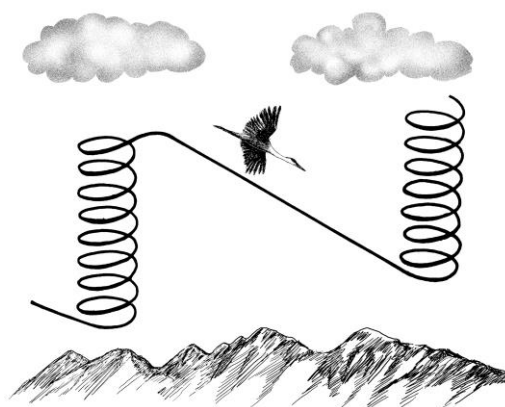
Obr. 50: Tahové trasy čápa bílého

Termiky

Vysvětlení toho, proč musí velcí ptáci letět kolem hor, je poměrně jednoduché. Při plachtění jsou ptáci nadnášeni teplým vzduchem. A právě na úbočích hor vznikají teplé vzdušné proudy, kterým říkáme termiky. Jakmile se ráno začne chladný vzduch v údolí ohřívat, stoupá vzhůru (jak je u teplého vzduchu běžné) a vynáší ptáky do značné výšky. Nad rovnou hladinou oceánu ovšem podobné stoupavé vzdušné proudy vznikají nemohou, a tak by ptáci museli mávat křídly – a to je namáhavé a stálo by je to spoustu sil.

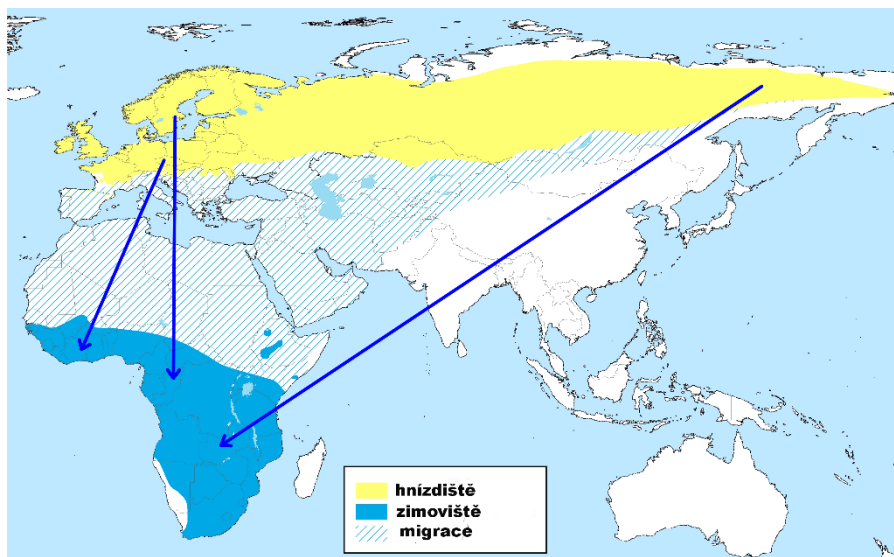


Obr. 51: Schéma vzniku termik

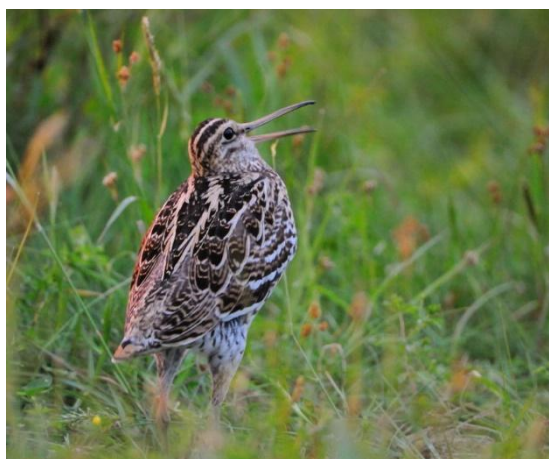


Obr. 52: Velcí ptáci létají nad horami.

Naproti tomu menší ptáci zvládnou přeletět i moře nebo poušť na jeden záťah, i když si rádi během cesty krátce odpočinou a doplní tukové zásoby. Zastavují se na tradičních místech, jako jsou ostrovy, oázy, nebo dokonce okraje větších měst.

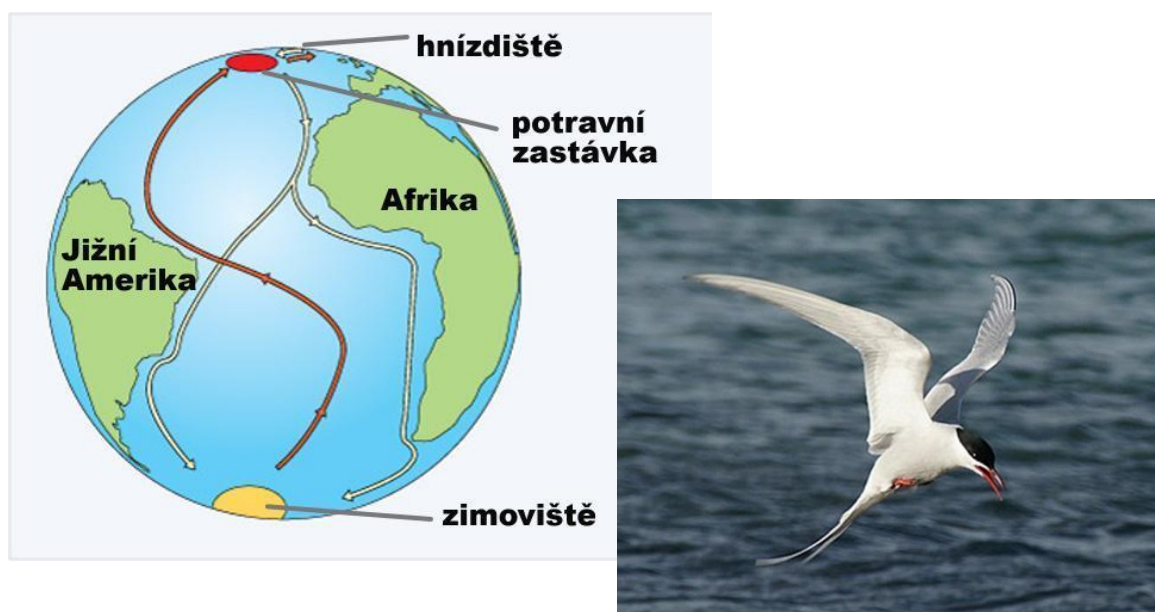


Obr. 53: Jedním z ptačích rekordmanů je budníček větší. Váží sice pouhých 10–12 g, ale uletí jen s jednou přestávkou tisíce kilometrů. Naši budníčci míří většinou do západní Afriky, ale jejich příbuzní z daleké Sibiře migrují často až do jižní Afriky – urazí nejméně 13 000 km!



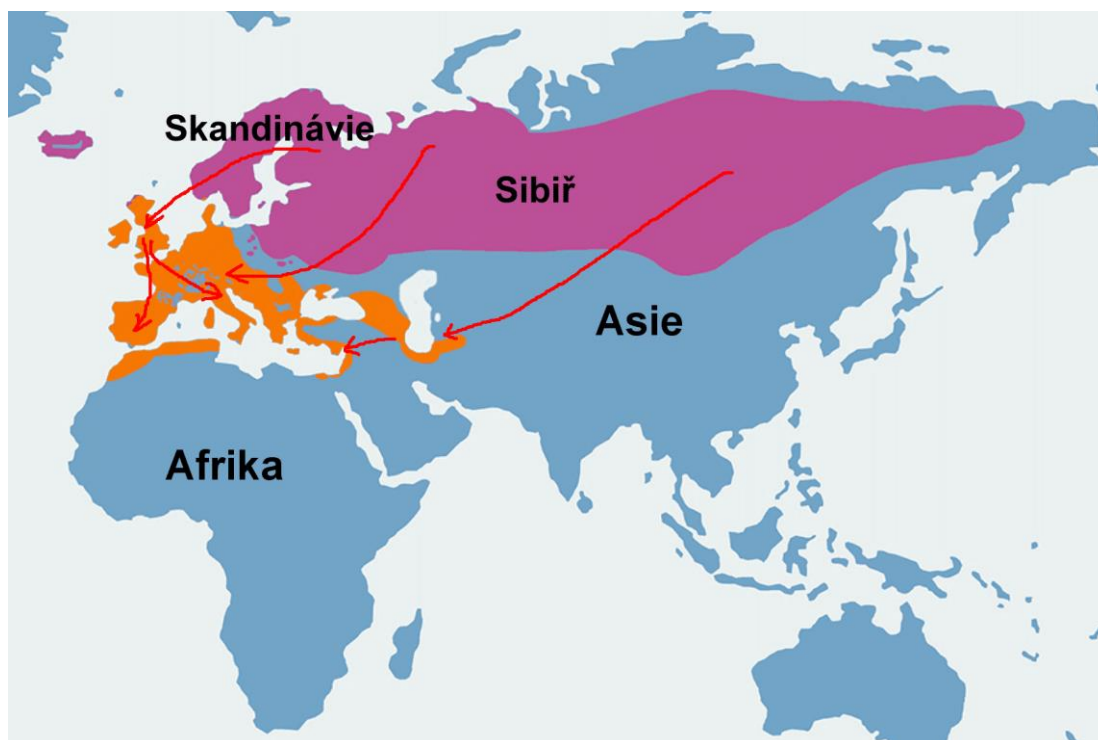
Obr. 54: Bekasina větší

Tento zástupce řádu dlouhokřídlých je držitelem rekordu v rychlosti migrace. Vzdálenost ze Skandinávie do rovníkové Afriky (4 300–6 800 km) urazí bez přestávky za 46–96 hodin. Její cestovní rychlost se pohybuje v rozmezí 54–97 km/h.



Obr. 55: Nepřekonatelným letcem je rybák dlouhoocasý. Z hnízdíšť v Grónsku a na Islandu odlétá do severního Atlantiku, kde loví a nabírá síly. Poté zamíří na jih a jednou ze dvou možných tras letí na zimoviště do Antarktidy (žlutá trasa). Odtud se pak vrací po červené trase. Celá okružní cesta měří 70 900 km. Jelikož rybák může žít až 25 let, uletí za život trasu stejně dlouhou, jako kdyby třikrát doletěl na Měsíc a zpět.

K migraci se neuchylují jen ptáci obývající mírný podnebný pás, ale i druhy, které hnízdí dál na severu, často i za polárním kruhem. V době výchovy mláďat najdou ve své domovině dostatek potravy pro sebe i potomky, ale v zimě by strádali, a tak se vydají na jih. Někteří u nás zůstanou celou zimu, jiní pokračují dál na jih, obvykle do Středomoří – buď hned a u nás si jen krátce odpočinou, nebo je k tomu donutí výjimečně tuhá zima. Z nejznámějších severských hostů se ve střední Evropě, a tedy i u nás, objevují například havrani polní, drozdi kvíčaly, drozdi cvrčaly, čížkové lesní, pěnkavy jikavci, dřemlíci tundroví a další. Pak jsou druhy, které přilétají nepravidelně a v různém počtu. Jde o invazní druhy, což znamená, že jejich cesty na jih nejsou pravidelné. Patří k nim například čečetky zimní a brkoslavové severní.



Obr. 56: Tahové trasy drozda kvíčaly (fialově letní hnízdiště, oranžově zimoviště)

4.2.2. Nestěhují se jen ptáci

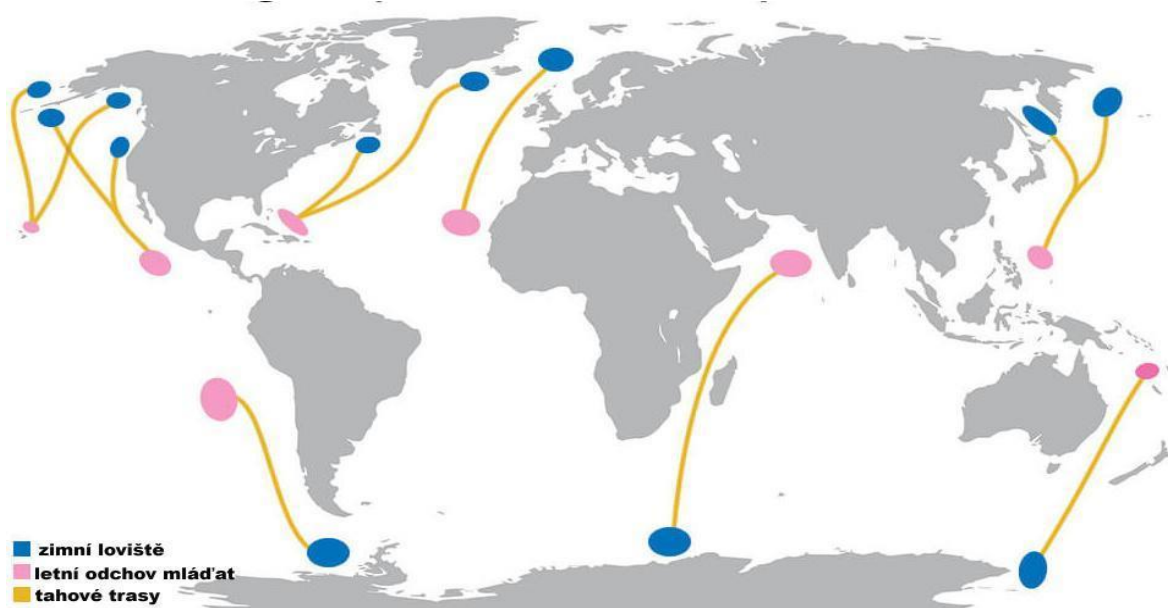
Pravidelné cesty za potravou a rozmnožováním podnikají i mnozí další živočichové.

a) Velcí savci

Zatímco mnoho menších až středně velkých druhů savců může přečkat zimu ve stavu strnulosti, u těch opravdu mohutných by to nešlo. Nedokázali by totiž ani vytvořit si tak velké tukové zásoby, aby z nich mohli celou zimu čerpat energii, ani vyhledat či vybudovat dostatečně velký a bezpečný úkryt. Proto se vydávají na pravidelné cesty.

Kytovci, kteří se během zimy zdržují v chladných vodách, kde mají loviště, putují do teplých subtropických nebo tropických vod, aby zde přivedli na svět mláďata. Na chlad musí být dobře adaptováni, protože právě v severních či jižních částech oceánů nacházejí dostatek potravy. Týká se to hlavně koticovců, jako jsou plejtváci nebo keporkakové, protože se živí planktonem a krilem a toho je v teplých mořích pramálo. Ovšem ani ryb pro ozubené kytovce nežije v tropických mořích dostatek –

teplé oceány se v podstatě podobají „vodní poušti“, a tak zde mohutní savci trvale žít nemohou.



Obr. 57: Nejdelší migrace podnikají kepokakové. Severní i jižní populace se v létě stěhují z lovišť do tropických vod – cesta může být dlouhá až 5 000 km.

Také **suchozemští savci**, především býložravci, se před zimou stěhují do míst, kde najdou více potravy. Příkladem mohou být sobi karibu – tisíce jich táhnou severskou tundrou po pravidelných trasách a za rok urazí až 3 000 km.



Obr. 58: Sobi karibu migrují společně – může jich být až 300 000.

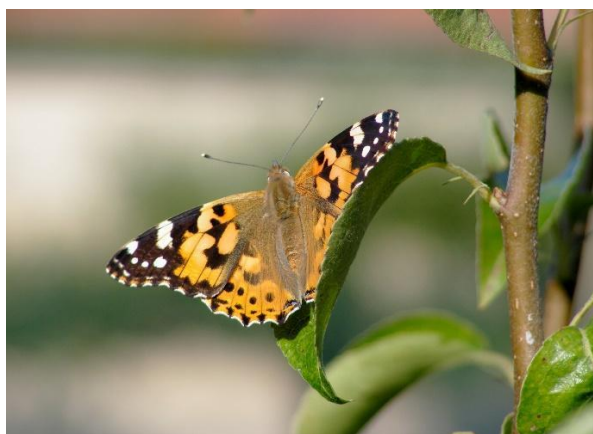
b) Bezobratlí

Zdatnými migranty jsou někteří bezobratlí, především **motýli**.

Proslulí jsou v tomto směru severoameričtí monarchové stěhovaví, kteří se hromadně vydávají na cestu dlouhou více než 4 000 km. Ze Severní Ameriky putují do Mexika, kde se rozmnožují a poté hynou. Jejich potomci se ale neomylně vydávají na jaře zpět do míst, kde žili jejich rodiče, a po cestě dokonce odpočívají na stejných stromech, které využívaly předchozí generace. Důvodem hromadného stěhování, které patří k ohromujícím přírodním divadlům, není zima jako taková, ale nedostatek živných rostlin pro housenky. Ty se živí listy klejichy hlíznaté, která na zimu uvadá. Daleké tahy podnikají i někteří naši motýli, jako jsou babočky nebo lišajové, kteří odlétají do Středomoří, nebo dokonce až do Afriky.



Obr. 59: Podzimní tahové trasy monarchů stěhovavých – na zimovišti motýli doslova obalí stromy, na nichž odpočívají.



Obr. 60: Velmi zdatným letce je babočka bodláková, která zimuje v Africe a na jaře se vrací do Evropy a Asie

Nahoru a dolů

Migrace může probíhat nejen od severu k jihu či ze západu na východ, ale i vertikálně, tedy shora dolů a naopak.

- **Užovka podplamatá** se v létě zdržuje u vody, kde loví a rozmnožuje se. Na zimu se stěhuje do výše položených suchých míst a zde přečkává zimu ve stavu strnulosti.
- **Kapři, sumci i některé další ryby** se před zimou stěhují ke dnu, kde zpomalí životní pochody (i když nejde o skutečný zimní spánek). Problém pro ně může nastat v případě, že hladina dlouhodobě zamrzne, protože pak mají nedostatek kyslíku.
- **Žížaly** se zavrtávají do půdy i více než metr hluboko.
- Mnozí **horští kopytníci** (kamzíci, kozorožci) na zimu opouštějí vysokohorské svahy a stěhují se do níže položeného lesního pásma.
- Snad vůbec nejúžasnější stěhování můžeme pozorovat u **vodních živočichů**, kteří se pravidelně přesouvají z vrstev u hladiny ke dnu. V jejich případě ale nejde o únik před chladem, nýbrž o cesty za potravou. Každý večer se dají do pohybu drobní zástupci planktonu, medúzy, malé rybky a další hladovci, aby se nakrmili u hladiny a ráno se vrátili zpět do bezpečnějších hlubin.

4.3. Stav strnulosti

Početná skupina živočichů dokáže přežít chladné období v různém stupni strnulosti, kdy jsou utlumeny životní pochody na nejnížší možnou hladinu. Tento stav může být krátkodobý i dlouhodobý, vázaný na roční dobu nebo na ní být nezávislý, a někteří živočichové mohou v tomto stavu i zmrznout a pak znovu ožít. Obecně označujeme neaktivní stav organismu jako **dormanci** (podle latinského slova *dormire* = spát) nebo (v případě členovců) jako **diapauzu**.

4.3.1. Torpor

Je to spíše krátkodobý stav nehybnosti, který bývá označován jako nepravý zimní spánek. Dochází při něm k řízenému poklesu tělesné teploty a doprovázejí ho i další podobné změny životních pochodů jako hibernaci, tedy zpomalení metabolismu a úsporný režim v hospodaření s vodou. Pokles teploty ovšem není tak dramatický

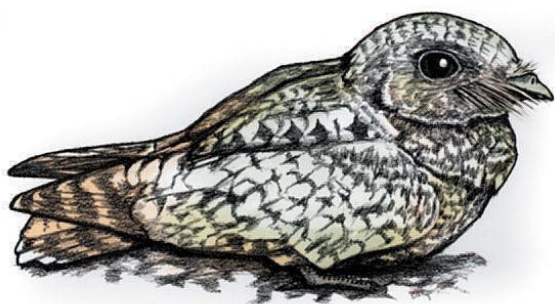
jako při hibernaci, kdy se blíží k nule. Například rejsek obecný má běžnou teplotu 34,7 °C, při torporu klesne na 14 °C, u jezevce je to z 37 °C na 28 °C a u plcha z 37,7 °C na 7 °C.

Torpor je nezávislý na roční době a slouží hlavně k překonání krátkodobě nepříznivých podmínek – trvá obvykle jen několik hodin, nanejvýš několik dní, i když za určitých okolností se může protáhnout i na týdny. Může být vyvolán chladem stejně jako velkým horkem, suchem i nedostatkem potravy.

Mezi ptáky se k torporu uchylují například kolibříci, rorýsi, lelkové nebo holubi. Ze savců ho využívají například malí vačnatci, někteří myšovití hlodavci, některé poloopice, netopýři, jezevci nebo medvědi.

4.3.2. Hibernace

Tento výraz bývá často překládán jako pravý zimní spánek a je používán hlavně pro savce, někdy i pro ostatní obratlovce. Ve skutečnosti ovšem nejde o spánek, ale o dlouhodobý torpor, při kterém je pokles tělesné teploty i zpomalení všech dalších životních pochodů mnohem výraznější a trvá i několik měsíců (jen s krátkými obdobími probuzení). Podnětem k hibernaci je v případě savců změna podmínek prostředí, jako je zkracující se světelná část dne, pokles teploty a nedostatek potravy. Ptáci se k hibernaci neuchylují (až na jednu výjimku, kterou je lelek americký).



Jediný pták, který hibernuje (neboli upadá do pravého zimního spánku), je lelek americký, příbuzný lelka lesního. Jelikož se živí létajícím hmyzem, nenachází v zimě dost potravy. Zatímco většina hmyzožravých ptáků odlétá nebo změní jídelníček, lelek vyhledá vhodný úkryt ve skalách a upadne do pravého zimního spánku, při němž mu tělesná teplota klesne na

11 °C. Kromě hibernace může lelek využívat ke krátkodobému překonání nepříznivých podmínek torpor, a to dokonce i v době hnízdění.

Co se děje v těle

Hlavním účelem hibernace je úspora energie v době, kdy je nedostatek potravy. Není tedy nijak překvapivé, že dochází k útlumu všech funkcí, které jsou energeticky náročné. Celý proces přípravy na hibernaci vyžaduje poměrně hodně času a je řízený nervově a hormonálně. Jedna část mozku zvaná hypotalamus je něco jako „živý termostat“. Ten zajišťuje, že pokud teplota okolního prostředí dosáhne rozmezí 5–10 °C, klesá tělesná teplota na hodnotu jen o stupeň či dva vyšší. Jestliže se ale i v zimním úkrytu ochladí ještě víc, vyšle mozek povel ke zrychlení životních pochodů, při nichž se vytváří teplo, nebo se zvíře krátce probudí a změní stanoviště nebo zkonzumuje něco ze zásob.

Hibernace ovšem neznamená, že zvíře na podzim znehybní a na jaře se ve stejné poloze probudí. Během hibernace se i ti největší „spáči“ čas od času proberou, změní polohu, zahrabou se hlouběji nebo se přesunou na chráněnější místo, případně zkonzumují něco ze zásob, které si udělali, napijí se a pak v hibernaci pokračují.

Hibernací řeší zimní období hlavně menší a středně velcí savci. K těm nejznámějším patří sysli a svišti, velcí „spáči“ jsou také plši – a zapomenout nesmíme ani na netopýry.

Sysli obecní hibernují ve společných norách, kam se uchýlí často už koncem července a probouzejí se v dubnu, či dokonce v květnu. Po celou dobu nepřijímají potravu, tráví z podkožního tuku.

Něco navíc

Přeborníkem v hibernaci je sysel Parryův z Aljašky. Nejenže tráví ve stavu strnulosti většinu roku, ale je to jediný savec, který snese pokles tělesné teploty pod bod mrazu. Umožňují mu to kryoprotektanty, které brání tvorbě ledových krystalků.

Křeček polní je na rozdíl od sysla samotář, který si na zimu chystá důkladné zásoby – dokáže nahromadit až 15 kg zrní!

Plch velký přečkává zimu ve vhodné dutině, zatímco **plšík lískový** si staví kulovité hnízdo ze suchých travin.

Proč medvědi nehibernují?

Velcí savci přečkávají nepříznivé chladné období buď v plně aktivním stavu, nebo v torporu. Kdyby měli hibernovat, znamenalo by to, že dojde k výraznému poklesu tělesné teploty a že při probuzení by se museli opět zahřát na svou běžnou teplotu. Jenže to by takového medvěda vážícího 300 kg stálo tak velké množství energie, že by mu na to zásobní tuk nestačil a on by se příliš vyčerpal.

4.3.3. Diapauza

Na rozdíl od torporu či hibernace není podstatou diapauzy snížení tělesné teploty, ale přerušení růstu a vývinu. Velmi častá je diapauza u členovců (hlavně u hmyzu), u nichž může nastat v různých vývojových stádiích od vajíčka po dospělce.

Podnětem k nástupu diapauzy je nejen zkracující se délka světelné části dne, ale také změna počasí (v našem případě ochlazení, ale může to být i nástup období sucha a horka) a nedostatek potravy. Diapauza bývá dlouhodobá, někdy trvá i několik let.

Někdy živočich prochází **přípravnou fází**, kdy hromadí důležité látky, jako jsou lipidy (tuky a oleje), sacharidy (složené cukry), nebo mu zesílí kutikula (vnější vrstva chránící pokožku), aby se zabránilo vysychání.

Ukončení diapauzy může být nezávislé na prostředí, ale často je podmíněno určitými vlivy prostředí, například zmírněním mrazů.

Hmyz a zima

Velmi názorným příkladem diapauzy je hmyz, který může přezimovat ve všech vývojových stádiích.

Motýli

Ve stadiu vajíčka dokáže přežít zimu například modrásek obecný, někteří ostruháčci nebo jasoň dymnivkový. Jako housenka přezimuje třeba modrásek černolemý nebo okáč kostřavový. Housenky hnědáka jitrocelového nebo některých soumráčníků si dokonce na zimu spřádají úkryt ze svinutých listů živé rostliny. Ve stadiu kukly přezimují bělásci. Jako dospělci procházejí diapauzou některé babočky nebo žluťásek řešetlákový.



Obr. 61: Jasoň
dymnivkový – motýl
a vajíčka



Obr. 62: Hnědásek
jitrocelový – motýl
a housenka



Obr. 63:
Bělásek zelný
– kukla



Obr. 64: Žluťásek řešetlákový

Blanokřídlí

U čmeláků, vos a sršní prochází zimní diapauzou pouze oplodněná samička (královna), ostatní jedinci v kolonii hynou. Ze zimního úkrytu vylétá na jaře, kdy se začne krmit a hledat místo pro založení hnízda.

Dvoukřídlí

U much přezimují obvykle larvy nebo kukly. Zajímavé je, že nástup diapauzy určitého stadia podnítí signály, které vyšle už stadium předcházející. Jinak řečeno – určité látky vytvořené ve vajíčku zajistí, že diapauzou projde larva, a látky, jež produkuje

larva, podmíní diapauzu u kukly. Tento princip ovšem neplatí jen pro dvoukřídlé, ale pro hmyz obecně.

U komárů přezimuje jen samice, případně larva nebo kukla, dospělí samci před zimou uhynou.

Diapauzou mohou procházet i vajíčka nebo zárodky plazů, ryb, a dokonce i savců. Označujeme ji jako embryonální (zárodečnou) diapauzu a také v tomto případě je to odpověď na zhoršené životní podmínky.

U savců se může jednat o utajenou nebo prodlouženou březost.

► Utajená březost znamená, že se vajíčko přestane vyvíjet téměř hned po oplození. Klidové stadium trvá i několik měsíců, pak vývin normálně pokračuje.

► Při prodloužené březosti se oplozené vajíčko nějakou dobu vyvíjí, poté se vývin na určitou dobu zastaví a pak opět pokračuje.

V obou případech to znamená, že se mláďata narodí v příznivém ročním období.

Například říje a páření u **srnce obecného** (i jiných jelenovitých kopytníků) probíhá v létě či na podzim, ale zárodek se začíná vyvíjet až v prosinci. Mláďata se díky tomu rodí až na začátku léta, kdy je teplo a dostatek potravy pro kojící samici.

S utajenou březostí se setkáme i u některých kunovitých šelem. Například **jezevec lesní** rodí mláďata za 210–240 dní, z toho ovšem 150–170 dní připadá na klidové stadium – embryonální diapauzu.

4.4. Aktivní i v zimě

Nemálo živočichů zůstává aktivních i během zimy. Platí to především pro savce a ptáky a pro vodní živočichy, v malé míře i pro některé suchozemské bezobratlé.

Savci a ptáci mají schopnost udržovat stálou tělesnou teplotu pomocí vnitřních pochodů. Platí to ale jen pro takzvané tělní jádro, protože teplota končetin i dalších okrajových částí (neboli tělní slupky) bývá nižší nebo kolísá. U většiny savců je tato bazální teplota (tedy teplota nezbytná k zajištění základních životních funkcí) udržována v rozmezí 37–40 °C, u ptáků zhruba do 42 °C.

Důležité pojmy

Endotermie znamená schopnost udržení stálé tělesné teploty pomocí vnitřních dějů (předpona *endo-* znamená *uvnitř*). Endotermní živočichové jsou savci a ptáci.

Ektotermie znamená, že se tělesná teplota řídí teplotou okolí (předpona *ekto-* znamená *vnější*). Ektotermní jsou všichni živočichové kromě savců a ptáků.

Heterotermie je schopnost endotermních živočichů (tedy savců a ptáků) snižovat za nepříznivých podmínek tělesnou teplotu – například při hibernaci.

Někdy používané pojmy „teplokrevní“ a „studenokrevní“ živočichové jsou zavádějící, protože „studenokrevný“ plaz vyhrátý na slunci může mít teplotu vyšší než „teplokrevný“ savec či pták.

4.4.1. Jak se zahřát

Nejdřív trochu teorie, která je ale v praxi pro přežití zimy nesmírně důležitá.

1. Každé „těleso“, tedy i živý organismus, se skládá z částic, které jsou v neustálém kmitavém pohybu. To znamená, že mají určitou pohybovou energii. Čím rychleji kmitají, tím více energie mají a tím je těleso teplejší.

2. Setkají-li se dvě tělesa (například živý organismus a jeho prostředí) s různou teplotou, začne mezi nimi docházet k předávání tepla. Při tom platí, že:

- tento děj probíhá tak dlouho, dokud se teploty obou „těles“ nevyrovnej;
- teplejší „těleso“ předává teplo studenějšímu.

2. Tepelná výměna může probíhat třemi způsoby:

- Vedením

Probíhá zejména v pevných látkách – sousední kmitající částice si navzájem předávají energii, a tedy i teplo.

- Prouděním

Probíhá hlavně v kapalinách a plynech. V tomto případě se nepohybují jednotlivé částice, ale celé části „tělesa“ o stejné teplotě (proudí například krev).

- Vyzařováním

Může probíhat i ve vakuu, protože přenos energie se neděje na základě kmitání částic, ale tak, že dochází k náhodným pohybům částic (atomů a molekul) a tím těleso vysílá do okolí takzvané elektromagnetické vlny. Každé těleso vyzařuje tepelnou energii, a čím je teplejší a okolí chladnější, tím víc vyzařuje.

3. Vzduch je špatný tepelný vodič (vrstva vzduchu izoluje pětikrát lépe než stejně silné smrkové dřevo, dvacetkrát lépe než stejná vrstva vody a pětasedmdesátkrát lépe než stejná vrstva betonu).

Vzduch ale může proudit, a proto má-li působit jako izolant, musí být nehybný. To zajišťuje například hustá podsada u savců nebo husté trichomy (chlupy) na povrchu rostlin.

4. Čím větší povrch má těleso vzhledem ke svému objemu, tím více tepla vydává. Proto má myš mnohem větší tepelné ztráty než slon ve stejném prostředí a proto jsou příbuzné druhy žijící v chladnějším prostředí „kulatější“ než ty, které žijí třeba v tropech.

Vyzkoušejte si to sami:

Představte si, že myš je krychle o hraně 1 cm, zatímco slon je krychle o hraně 10 cm.

Spočítejme nejprve objem: „myš“ $1 \times 1 \times 1 \text{ cm} = 1 \text{ cm}^3$, „slon“ $10 \times 10 \times 10 \text{ cm} = 1\,000 \text{ cm}^3$.

A teď povrch: „myš“ $6 \times (1 \times 1) \text{ cm} = 6 \text{ cm}^2$, „slon“ $6 \times (10 \times 10) \text{ cm} = 600 \text{ cm}^2$.

Nyní si u obou dejme do poměru objem a povrch:

„myš“ $1 : 6$, „slon“ $1\,000 : 600 = 10 : 6$.

Myš má tedy v poměru ke své velikosti šestkrát větší povrch než slon, vyzařuje ve stejných podmínkách prostředí šestkrát víc tepla (tedy energie), což znamená, že musí doplňovat šestkrát víc energie (například v podobě potravy) než slon.

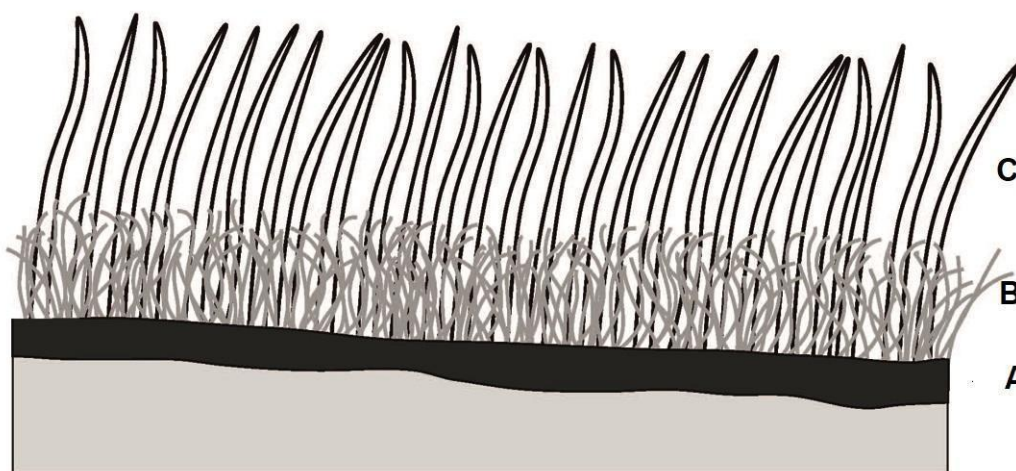
5. Množství odevzdaného tepla závisí také na zbarvení a typu povrchu. Tmavá „tělesa“ pohlcují více elektromagnetického záření a tudíž tepla než světlá. Těleso s matným (drsňým) povrchem vyzařuje a naopak pohlcuje více tepla než tělesa hladká a lesklá.

4.4.1. Jak se savci a ptáci brání podchlazení

Aby nedošlo k podchlazení organismu, mohou se endotermní živočichové bránit různými způsoby. Takříkajíc v první linii je to izolace těla proti chladnému prostředí, uplatní se však i zvláštní chování a další způsoby.

a) Vnější izolace

Protože vrstva vzduchu, který neproudí (a tudíž neodevzdává tepelnou energii), má výborné izolační vlastnosti, mají savci žijící v chladných oblastech hustší a delší srst než ti, kteří obývají teplejší pásmo. Mezi vlníky, které tvoří krátkou podsadu těsně nad kůží, se totiž drží vzduch, který neproudí, a tudíž neodvádí teplo.

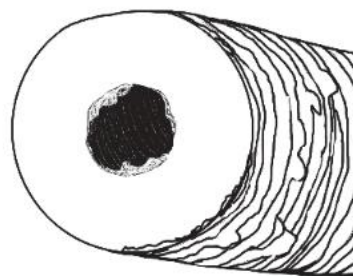


Obr. 65: Těsně u pokožky (A) se nachází vrstva vlníků a osiníků, které společně tvoří podsadu (B). Vlníky i osiníky jsou krátké, jemné chlupy, které zachycují vzduch. Zatímco osiníky jsou u kořene zvlněné, pak se narovnávají a zužují směrem ke špičce, vlníky jsou silnější, zvlněné po celé délce a stejnoměrně silné. V letní srsti vlníky chybějí. Nad podsadou vyčnívají pesíky (C), které dotvářejí vnější povrch těla savce. Jsou různě dlouhé a na povrchu mají charakteristicky utvářené šupiny a uvnitř dutinu většinou vyplněnou dřením.

Medvědi lední mají tepelnou izolaci velmi

dokonalou. Jejich pesíky jsou bezbarvé (bílé se nám jeví v důsledku lomu světla) a duté, bez dřeně, která jinak chlupy vyplňuje. Tepelná složka slunečního záření je jimi vedena až ke kůži, která je černá, takže se snadno zahřeje. A díky dutému

jádrou pak chlupy brání unikání tepla do okolního vzduchu. S trochou nadsázky by se dalo říct, že medvědi lední vlastně nepřijdou do styku s mrazivým vzduchem či vodou, ale žijí obaleni svým vlastním spacákem vyplněným dutými vlákny.



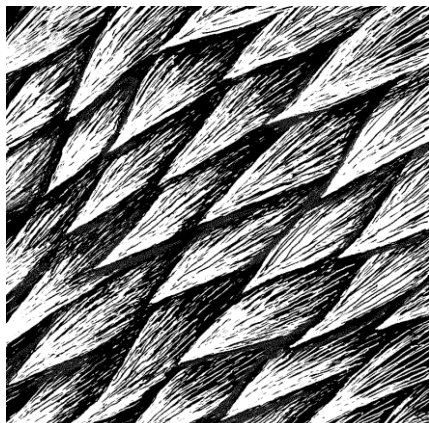
Podobně jako medvěd lední to má „zařízené“ **skorec vodní** – malý pěvec, který loví drobné vodní bezobratlé v chladných, rychle proudících vodách horských řek a potoků. Má natolik nesmáčivé peří, že se voda vůbec nedostane k tělu, a tak dokáže lovit i v mrazech – dokud se hladina nepokryje souvislou vrstvou ledu.



Aby byla izolační vrstva vzduchu co nejučinnější, využívají vodní savci a ptáci různé způsoby, které zajišťují, že se jim srst nebo peří nepromáčí. Tím by se totiž porušila vzduchová izolace a chlad by pronikl na kůži. Někteří ptáci i savci si peří a srst promašťují. Zatímco ptáci mají jednu mazovou žlázu u kořene ocasu a olejovitý výměšek roztírají zobákem, savci mají každý chlup opatřený jednou nebo několika mazovými žlázkami u jeho kořínku a výměšek si roztírají nejčastěji tlapkami nebo tím, že se otírají o různé předměty – případně si takto pomáhají navzájem. Namaštěné peří či srst fungují jako pláštěnka – voda po nich sklouzne. Říkáme, že takový povrch je nesmáčivý.



Obr. 66: Vodní ptáci pečlivě nanášejí zobákem výměšek kostrční mazové žlázy na jednotlivá pera.



Obr. 67: Trochu jinak to funguje u vyder.

Nemají sice nesmáčivý kožich, ale zato mají srst velice hustou (vydra říční má na 1 čtverečním centimetru kůže až 80 000 chlupů, vydra mořská ještě o třetinu víc), takže vzduchovou vrstvou voda těžko pronikne. Kromě toho pesíky vytvoří ve vodě snopečky, které se překrývají jako tašky na střeše – a voda po nich stéká podobným způsobem.

b) Zvláštní chování

Aby se zvířata zahřála ještě účinněji, posilují pasivní ochranu aktivně – svým chováním.

► Savci se naježí, ptáci načepýří. Tím dostanou do podsady nebo do prachového peří, které se nacházejí přímo na povrchu kůže, spoustu vzduchu – a ten, jak jsme si řekli, skvěle tepelně izoluje.



Obr. 68: Králíci jsou naši nejmenší ptáci. Aby zabránili úniku tělesného tepla, načepýří peří, takže vypadají jako koule.

► Jindy se schoulí do klubíčka, hlavu zatáhnou a někdy schovají do srsti nebo peří, podobně ukryjí jiné tělní výrůstky, jako jsou nohy, čenich, zobák či ocas. To vše znamená, že zmenší povrch těla a tím i plochu, která by odváděla tělesné teplo.



Obr. 69: Husy ukrývají zobák do peří, aby jím nevyzařovaly do okolí teplo. Nohy mají díky krevnímu oběhu studené.

► Účinný způsob, jak se zahřát, je také tisknout se jeden k druhému. Mnoho malých druhů ptáků, kteří mají relativně velký tělní povrch, se na noc slétne a vytvoří chumel, díky němuž ušetří až 80 % tepelné energie. Dělají to například naši nejmenší ptáci králíčky obecní, ale také sýkory, brhlíci nebo šoupálci. Podobný účel má ostatně i kolonie zimujících netopýrů. Také se namačkají jeden k druhému, aby teplo zbytečně neunikalo.

► Ptáci odpočívající na ledu nebo sněhu schovávají nohy do peří na břiše. Často přitom nohy střídají.

c) Velikost povrchu

Pro savce a ptáky žijící trvale v chladných oblastech je výhodné mít vzhledem k objemu těla co nejmenší povrch – zvláště pro ty, kteří jsou aktivní po celý rok. Víme přece, že čím větší má těleso (v tomto případě tělo endotermního živočicha) povrch vzhledem ke svému objemu, tím více tepla vyzařuje. Proto se tu setkáme hlavně s velkými druhy, jako jsou pižmoni, sobi nebo medvědi.

Platí dvě biologická pravidla:

1. **Allenovo pravidlo** říká, že savci a ptáci žijící v chladných oblastech mají oproti příbuzným druhům z teplejších pásem menší tělní výčnělky, jako jsou nohy, čenich nebo ušní boltce. Je to celkem logické – koule má výrazně menší povrch než krychle o stejném objemu.

2. **Bergmanovo pravidlo** vyjadřuje skutečnost, že jedinci téhož druhu žijící v chladných oblastech jsou obvykle větší než jedinci z teplejších oblastí.

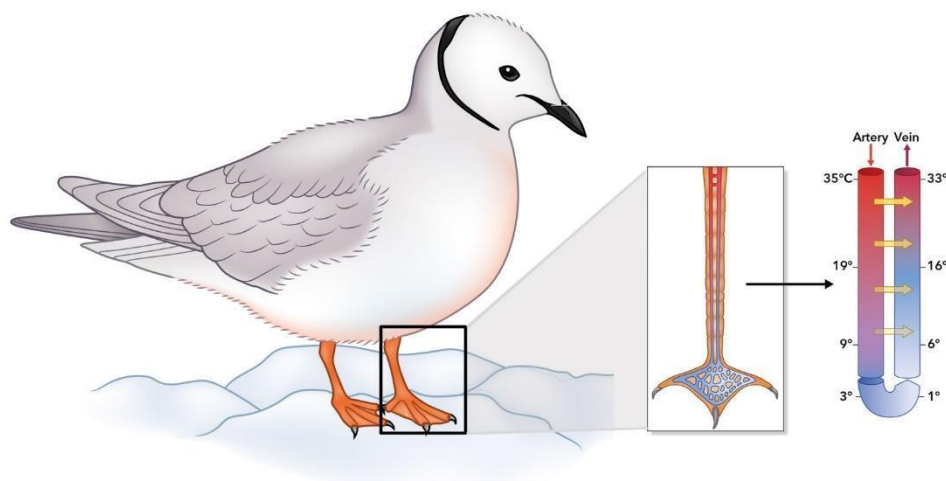
Obě pravidla souvisejí s tím, co už jste se dověděli o vyzařování tepla povrchem tělesa.

Vyzkoušejte si to sami:

Představte si, že již zmiňovaná „myš“ nemá tvar krychle, ale koule o stejném objemu, tedy 1 cm^3 . Její povrch pak nebude 6 cm^2 , ale jen $4,8 \text{ cm}^2$, protože průměr takové koule činí $0,6 \text{ cm}$.

d) Tepelný výměník

Účinné je také stažení cév v okrajových částech těla, které tolik tepla nepotřebují (proto v chladu kůže zbledne). V ušních boltcích nebo končetinách dochází k úpravě krevního oběhu na principu protiproudových tepelných výměníků, takže se teplá krev nedostává až do okrajových částí, což by bylo zbytečné plýtvání energií. Princip je to celkem jednoduchý. Cévy, které vedou teplou krev z těla do končetin či ušních boltců, se potkávají s cévami, které odvádějí studenou krev z těchto částí, a tam si teplo a chlad navzájem „předají“.



Obr. 70: Princip protiproudového tepelného výměníku v nohou vodních ptáků.

Zvláště užitečné je toto přizpůsobení pro vodní ptáky, kteří mohou stát na ledu, aniž by přimrzli. Cévy v nohách se totiž postupně ztenčují, a protože do nich neproudí teplá krev z tělního jádra, jsou nohy studené, často je jejich teplota na nule. Tím pádem pod nimi led netaje a ptáci nejenže necítí chlad, ale navíc nemohou přimrznout. A totéž platí například pro tuleně, kteří odpočívají na ledových krách.

4.4.2. Jak savci a ptáci udržují stálou teplotu

Zopakujme si, že savci a ptáci jsou endotermní, tedy že si stálou tělesnou teplotu udržují „vlastními silami“. Stálá teplota je nezbytným předpokladem správné činnosti organismu. Teplo v těle savců a ptáků vzniká jako „odpadní“ produkt různých procesů látkové výměny ve vnitřních orgánech, jednak při běžné svalové činnosti. Není-li okolní teplota moc nízká, stačí jim toto svalové teplo k tomu, aby se cítili dobře (říkáme, že jsou vůči okolí teplotně neutrální). Jakmile začne teplota klesat, dojde ke zrychlení metabolismu, čímž se vytváří více „vnitřního“ tepla, kterým se vyrovnávají tepelné ztráty. Ale co dělat, když přijde opravdu velká zima a zrychlený metabolismus nestačí?

Aby se endotermní živočichové zahřáli i při nižších teplotách, můžou využívat třesovou nebo netřesovou termogenezi neboli „výrobu“ tepla.

a) Třesová termogeneze

Třes asi všichni dobře znáte z vlastní zkušenosti. Nastává v důsledku opakovaných záškubů příčně pruhované svaloviny a je reflexivní, tedy nezávislý na vůli. Celý proces je poměrně složitý. Vlivem chladu jsou podrážděna nervová centra v hypotalamu (část mozku). Odtud pak putuje do svalů a jater pokyn k uvolnění glykogenu (živočišného škrobu). Jeho štěpením vzniká velké množství molekul glukózy a díky tomu slouží jako okamžitý zdroj energie. V důsledku dosti složitých procesů dojde až k trojnásobnému zvýšení metabolismu – stoupá objem krve procházející srdcem a roste spotřeba kyslíku. Průtok krve se zvýší hlavně ve svalech, zatímco v kůži a vnitřních orgánech se zpomalí. Tím se organismus dokáže zahřát i při silném chladu, nevydrží to však dlouho. Třesová termogeneze bývá doprovázena i naježením srsti nebo načepýřením peří. U lidí se projevuje takzvanou husí kůží, protože vzpřimovače chlupů pracují, i když už dávno nemáme hustou srst.

b) Netřesová termogeneze

Netřesová termogeneze se uplatňuje při dlouhodobém působení chladu. V těle probíhají poměrně složité chemické procesy, kterých se účastní hormon adrenalin a vzniká zvláštní bílkovina termogenin. Ta je součástí hnědé tukové tkáně, která je typická pro savce a jejímž úkolem je produkovat teplo přímo, rozkladem organických látek (živin).

Ani třesová, ani netřesová „výroba“ metabolického tepla nejsou neomezené. Jestliže se okolí ochladí pod spodní kritickou hranici, při které organismus ještě dokáže tepelné ztráty vyrovnávat, metabolismus se naopak zpomalí a dojde k podchlazení, které může končit smrtí.

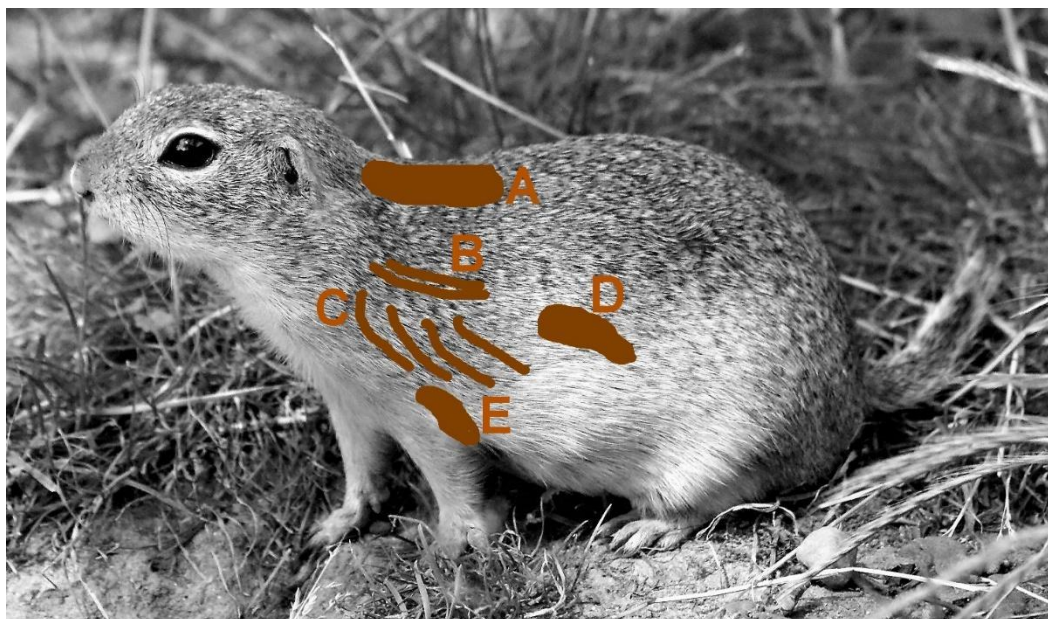
Něco navíc

Při dlouhotrvajícím podchlazení ptáci a savci hynou. Spodní hranice, kterou ještě organismus snese, se u jednotlivých druhů liší. Například pes umírá, pokud jeho tělesná teplota klesne na 22 °C, myš při 18 °C, člověk může zemřít již při poklesu tělesné teploty na 35 °C, i když jsou známy případy, kdy děti přežily pokles na 16 °C. Mnozí ptáci ale zvládnou pokles tělesné teploty na 5 °C!

Savci mají tři typy tukové tkáně.

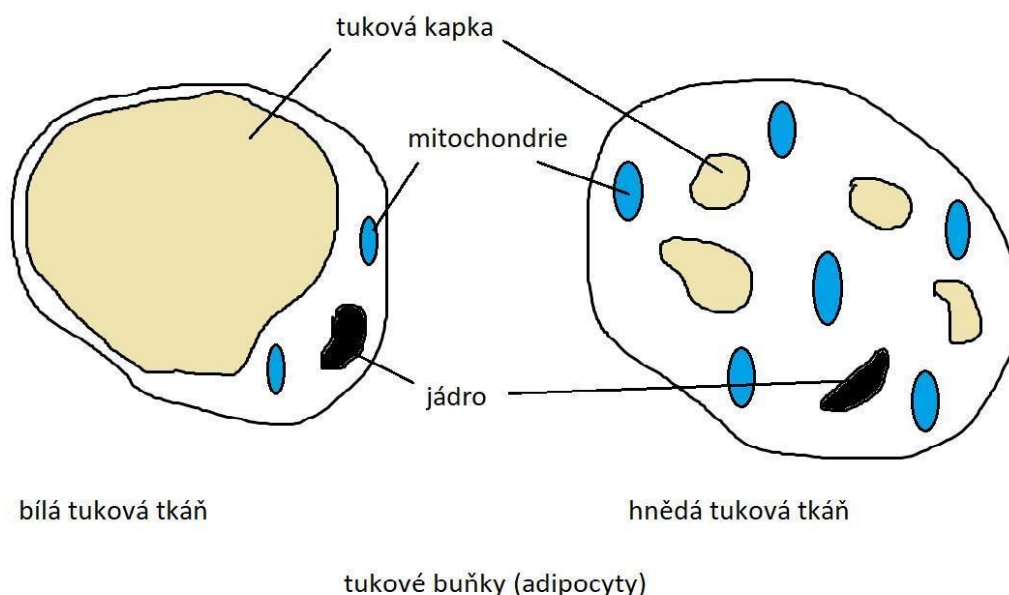
Bílá tuková tkáň je tvořena tukovými buňkami, které obsahují jednu velkou tukovou kapku. Slouží jako pohotovostní zásobárna energie a najdeme ji například v zásobním tuku, který si savci vytvářejí před zimou jako zdroj energie nebo v trvale chladném prostředí jako tepelnou izolaci.

Hnědá tuková tkáň je tvořena buňkami, které obsahují velké množství drobných tukových kapek a mitochondrií, a je bohatě protkána vlasečnicemi, které jí společně s barvivy obsaženými v mitochondriích dodávají hnědé zbarvení.



Obr. 71: Hnědá tuková tkáň se savcům ukládá podél hřbetu (A), srdečnice (B) a žeber (C), kolem jater (D) a v podpaží (E).

Existuje i **běžová tuková tkáň**, protože při dlouhotrvajícím chladu se mohou buňky hnědého tuku objevovat i ve vrstvě bílého tuku, především tedy v podkoží, kde mu dodávají hnědavý odstín.



Význam hnědé tukové tkáně je pro savce obrovský – umožňuje jim totiž žít i ve velmi chladném prostředí. Jestliže mozek na základě podnětů z okolí usoudí, že je moc velká zima a je nutné začít vytvářet teplo, vyšle signál do hnědé tukové tkáně, kde se spustí lipolýza neboli štěpení lipidů (tuků a olejů). Při tom se uvolňují mastné kyseliny, ty putují do mitochondrií (což jsou takové malé továrny na výrobu energie) a tam jsou spalovány, čímž se uvolňuje energie. K tomu ještě začne hnědá tuková tkáň přijímat velké množství glukózy a mastných kyselin z krve, která do ní proudí vlásečnicemi. Krev se tu ohřívá a rozvádí teplo do těla.

Výroba tepla z hnědé tukové tkáně je velice důležitá především pro malé savce (kdyby se měli zahřívat jen třesem, tak by se za krátkou dobu vyčerpali za únosnou mez), pro zimní spáče (mají tak zdroj energie i v naprosto neaktivním stavu a pro dobu probouzení) a pro novorozená mláďata (nemají hned po narození dostatečně vyvinuté jiné způsoby udržování stálé tělesné teploty).

4.4.3. Jíst se musí

Dokonce i v zimě – vlastně v zimě obzvlášť, aby bylo dost energie na zahřátí.

a) Změna jídelníčku

Býložravcům komplikuje hledání potravy hluboký sníh. Někteří to řeší změnou jídelníčku. Například jeleni, srnci, losi nebo zajáci se v zimě živí především kůrou stromů a keřů, občas si pochutnají i na houbách (ano, je to tak, houby rostou i v zimě, jak se dočtete na str. 85), okusují tenké větvičky nebo se pokoušejí prohrabat k čerstvější potravě ukryté pod sněhem. Z hlediska těchto zvířat je vlastně lepší, když mnoho sněhu nenapadne nebo když ho vítr odfouká.

Také někteří ptáci mění jídelníček. Zatímco v létě jsou mnohé druhy hlavně hmyzožravé, v zimě vyhledávají semena nebo bobule. A tak obrázek kosa, který tahá z trávníku žížalu, nahradí tentýž kos, jak ozobává zbylé jeřabiny. S dalšími příklady se setkáváte na krmítku – vzpomeňte třeba na strakapoudy, sýkory nebo brhlíky, kteří v létě sbírají hmyz na listech nebo pod kůrou stromů a v zimě se nadšeně vrhají na slunečnicová „semena“ (což jsou vlastně nažky, tedy plody) nebo lojové koule.

b) Zásoby

Mnoho druhů ptáků i savců si dělá na zimu zásoby. Platí to dokonce i pro některé hibernující druhy, jako je křeček polní. Z ptáků jsou svými spižírnami nejznámější sojky. Na podzim sbírají žaludy, bukvice nebo oříšky a pečlivě je ukrývají na několik míst. Občas ovšem zapomenou, kde zásobárnu mají (nebo ji pod sněhem nenajdou), a tak se mimoděk podílejí na šíření dřevin. Zato veverky, které si rovněž dělají podobné strategicky rozmístěné spižírny, si je pamatují velmi dobře.

Velké zásoby si na zimu dělají bobři. Do blízkosti „hradu“, v němž tráví zimu, si natahají hromady větví. Když pak voda zamrzne, proplavou přímo k nim a živí se kůrou.

Zimní spižírnu si připravuje krtek obecný. V několika komorách v podzemí uskládňuje žížaly (může jich mít i několik set), které znehybní kousnutím do oblasti opasku. Mrtvé žížaly by se mu určitě zkazily, takto má stále čerstvé zásoby. I když se někdy stane, že jsou-li žížaly uskladněné příliš dlouho, porušené nervy jim zregenerují a krtkovi jeho potrava jednoduše odleze.

Často tradovaný omyl je, že sysli obecní si dělají zimní zásoby podobně jako křečci. Pravda, sysli si během léta a časného podzimu skutečně „nasyslí“ potravu v norách,

ale stačí ji zkonsumovat, než upadnou do zimního spánku. Jsou to tedy spíš strategické zásoby na dny, kdy hodně prší a oni by se nemohli vykrmovat venku.

Něco navíc

Pišťuchy jsou malí horší zástupci řádu zajíců, kteří si na zimu suší seno. Během léta sbírají trávu a různé byliny, pečlivě je rozprostírají na kameny, kam svítí slunce, přerovnávají je a pak odnesou na suché místo ve skalní štěrbině.

Sobi používají k odhrabávání sněhu široká kopyta i dopředu směřující výsadu na paroží (podle některých teorií je právě toto důvod, proč pouze u sobů má parohy i samice).

Severoamerický datel sběrač si dělá na zimu zásoby žaludů. Pro každý žalud vytesá do kmene otvor „na míru“ tak těsný, aby mu žaludy nemohli sebrat jiní ptáci nebo hlodavci.

4.4.4. Ovládání tělesné teploty u ostatních obratlovců

Paryby, ryby, obojživelníci a plazi mají proměnlivou tělesnou teplotu, protože jejich teplota závisí na teplotě okolí (neboli jsou ektotermní). Jako ektotermní živočichy můžeme označit i všechny bezobratlé, protože také oni jsou závislí na teplotě prostředí. Oproti endotermním živočichům je pro ektotermní živočichy mráz mnohem nebezpečnější, a tak není divu, že v subpolárním, polárním či vysokohorském pásmu je druhová pestrost těchto živočichů ve srovnání s teplejšími oblastmi nízká a že v mírném pásmu žije jen málo ektotermních živočichů, kteří by byli aktivní i v chladných měsících.

Jak přežít zmrznutí

Zatímco savci a ptáci zmrznutí těla nepřežijí a také pro mnoho ektotermních živočichů je pokles teploty pod bod mrazu smrtelný, existuje nemálo jiných, pro které je přečkání mrazu běžnou součástí života. Ryby ledovky antarktické se pohybují ve vodě při $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, chvostokoci vesele poskakují na sněhu při $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$, potměnák *Upis ceramboides* ze severních oblastí Eurasie a Severní Ameriky nebo lesák *Cucujus clavipes* z Kanady přežívají při $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ a skokan hnědý obživne, i když na delší dobu úplně zmrzne.

Jak je to možné? Velká většina bezobratlých a ektotermních obratlovců se s poklesem teplot pod bod mrazu vyrovnává díky různým adaptacím. Dokážou mráz přežít (snášejí ho, neboli jsou vůči mrazu tolerantní) nebo jsou schopni snížit bod mrznutí natolik, že sami nezmrznou (brání se zmrznutí). Obojí je založeno na tom, co jsme si vysvětlili již na str. 15–18, tedy jak se zmrznutí brání buňky.

Druhy snášející zmrznutí jsou především někteří obojživelníci (například skokani nebo rosničky) a plazi (vodní želvy). Přežijí i vytvoření ledových krystalů v těle, ovšem mimo buňky, například pod kůží, v kosterní svalovině nebo tělních dutinách. Umožňují jim to nemrznoucí bílkoviny, které fungují jako krystalizační startéry pro tvorbu ledu. Tím je zajištěno, že led nepronikne do buněk, nenaruší jemné struktury a orgány a buněčný metabolismus bude fungovat i za nízkých teplot a v anaerobních podmínkách, tedy bez přístupu kyslíku.

Druhy vyhýbající se zmrznutí vytvářejí ve zvýšené míře kryoprotektanty (hlavně glukózu a glycerol), které snižují bod tuhnutí vody a brání odvodnění buněk. Tělo obojživelníků ale zimu nepředvídá a nezačíná vytvářet kryoprotektanty v buňkách s předstihem. Musí se nejprve dostat do styku s ledem a teprve promrznutí kůže spustí tvorbu kryoprotektantů. Celý proces musí být tak pomalý, aby se kryoprotektanty stihly rozšířit krevním oběhem do celého těla. Například u žab to funguje tak, že při ochlazení se v játrech začne vytvářet větší množství glukózy, která je jedním z nejčastějších kryoprotektantů. V jednotlivých orgánech pak může stoupnout hladina glukózy až čtyřicetkrát.

Bezobratlí a mráz

Podobně jako rostliny i bezobratlí živočichové se vyznačují různou mírou odolnosti vůči mrazu. **Eurytermní** druhy jsou přizpůsobivé a zvládnou i velké rozpětí teplot, **stenotermní** druhy naopak velké výkyvy rády nemají.

Rozmezí mezi nejvyšší a nejnižší teplotou, jakou bezobratlí přežijí, se nazývá **vitální zóna**. Nejlépe jsou přizpůsobeni životu při teplotách zhruba uprostřed vitální zóny, při klesající teplotě okolí se zrychluje metabolismus, což znamená větší spotřebu energie.

Podobně jako u obratlovců i pro bezobratlé platí, že první obrannou linií před příchodem zimy je vyhledání **vhodného úkrytu**. Nejčastěji se zahrabou do půdy (hlemýžď zahradní se zvládne zahrabat až půl metru hluboko) nebo si najdou vhodnou skulinu (pod kůrou stromu, ve skalní štěrbině nebo za okenním rámem), načež upadnou do stavu strnulosti, kterou v tomto případě označujeme jako **diapauzu**.



Obr. 72: Larva páteříčka sněhového (vpravo) může zdánlivě zmrznout, aniž by ji mráz poškodil.

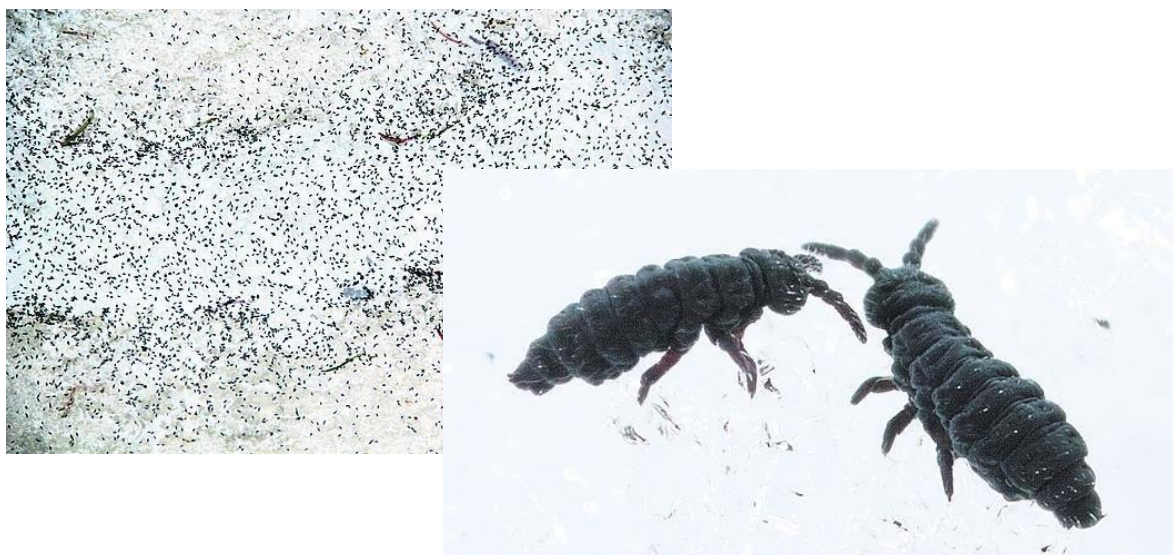
Pro období diapauzy jsou pro hmyz důležité tukové zásoby podobně jako u savců či ptáků. Nevytvářejí si žádnou vrstvu souvislého „podkožního“ tuku, ale čerpají energii z **tukového tělesa**. Tuková tkáň je tvořena několika typy buněk, z nichž nejdůležitější jsou tukové. Obsahují velké množství tukových kapének, v nichž jsou uloženy sloučeniny sloužící jako zdroj energie. Tukové těleso není přesně ohraničené. Má podobu tenkých laloků omývaných hemolymfou a nachází se v podstatě v celém těle (nejvíc pod pokožkou, kolem trávicí a rozmnožovací soustavy).

Něco navíc

Muchnička Belgica antarctica dokáže přežít pokles teploty až na -20 °C, třebaže nevytváří žádné kryoprotektanty ani nemrznoucí bílkoviny. Problém vyřešila úplně jinak – jednoduše zbaví tělo většiny vody. Snese ztrátu vody o 70 %, a kde není voda, nemůže být led! Odborně se tomuto jevu říká kryoprotektivní dehydratace neboli ochrana před mrazem odvodněním.

Aktivní otužilci

Mezi bezobratlými najdeme i takové druhy, které jsou aktivní při velmi nízkých teplotách. Už jsme se zmínili o plachetnatce pozemní (str. 54), která loví chvostoskoky, což jsou drobní členovci (dřív bývali řazeni mezi hmyz), kteří se pohybují pomocí skákací vidlice složené pod tělem.



Obr. 73: Některé druhy chvostoskoků jsou aktivní i v zimě, snesou mráz až $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vyrojí se ve velkém množství, jako by někdo na sníh nasypal mák. Živí se řasami a různými organickými zbytky.



Obr. 74: Šídlatka hnědá je aktivní až do teploty $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.5. Když zima končí

Zatímco nástup torporu či hibernace u savců je poměrně zdlouhavý proces trvající 12–18 hodin, je probouzení mnohem rychlejší. Obvykle nezabere víc než 2–3 hodiny, u netopýrů jen několik desítek minut.

Probouzení začíná zvýšením srdeční a dechové činnosti. Krev začne proudit v těle rychleji, prochází přes oblast hnědé tukové tkáně, kde je ohřívána, a ohřátá je rozváděna dále po těle. Jakmile tělesná teplota dostatečně stoupne (tato hranice je druhově specifická), začne organismus čerpat energii z bílé tukové tkáně a nakonec přejde pouze na tento typ „spalování“ tuku.

Celý děj je velmi náročný na energii, kterou organismus získává z hnědé tukové tkáně. Udává se, že při hibernaci živočich spotřebuje v průměru jen asi 10 % uložené energie, zatímco zbývajících 90 % vyčerpá právě na probouzení. Jestliže se probouzí příliš často, může se stát, že pak nebude mít dost sil na to, aby se na jaře definitivně zahřál a našel si potravu. Proto není vhodné rušit netopýry při zimování (i malé zvýšení teploty v jeskyni, které způsobí lidé svým dechem, tyto drobné savce probere) a proto zimy s častým střídáním mrazu a oteplení mohou pro zimující savce znamenat smrtelné ohrožení.

Vědci zatím nevědí úplně přesně, co je „spouštěčem“ k ukončení hibernace, a je téměř jisté, že nějaký všeobecně platný povel neexistuje. U některých druhů hrají roli vnitřní biologické hodiny, u jiných podněty z vnějšího prostředí a v mnoha případech se obojí kombinuje. Významnou roli hraje také hromadění zplodin látkové výměny a nadbytečných iontů vápníku, draslíku a hořčíku, zatímco hromadění moči zřejmě nijak zásadní vliv nemá. Určité podněty pravděpodobně také pocházejí z dotykových i dalších smyslových orgánů uložených v kůži.

Živočichové, kteří si vytvořili kryoprotektanty, jako jsou obojživelníci, se často probouzejí velmi brzy zjara. Jakmile se oteplí a ledové krystaly v jejich těle začnou tát, kryoprotektanty se z tělního oběhu vyloučí (stejně jako při jejich tvorbě se i tentokrát na jejich odbourání podílejí hlavně játra) a odolnost vůči zmrznutí výrazně klesne. Proto je pro ně nečekaný silnější mráz v jarním období mnohdy smrtelný.

5. Houby v zimě

Zimní les má svoje kouzlo, je klidný, bez lidí, a nalezené houby v něm mohou být dobrým bonusem. V zimě roste jen několik málo druhů jedlých hub. V silných mrazech sice nerostou, ale pro jejich růst stačí, když se teplota pohybuje těsně nad nulou. Sníh těmto houbám nevadí, funguje jako bezvadná peřina, která je uchrání před mrazem. Zimním houbám obvykle nevadí ani mráz. Jsou totiž na rozdíl od běžných podzimních hub dobře přizpůsobeny. Podobně jako živočichové i tyto houby obsahují látky, které zabraňují vzniku ledových krystalků uvnitř buněk. Právě zimní houby tedy mrazem nestrádají a po rozmrznutí rostou dál jakoby nic. Jen při holomrazech (kdy teploty klesají pod -15°C a vzduch je hodně suchý) houby osychají.

Silný mráz má ale na běžné houby destrukční účinky. Houby, které přejdou mrazem, už jedlé nejsou. Především hřibovité houby nesmí zmrznout a pak rozmrznout. Zmrznutím vznikají v buňkách hub ledové krystaly, které mohou buňky hub roztrhat, přestože mají vytvořenou buněčnou stěnu z chitinu. Následných rozkladných procesů se účastní nejrůznější bakterie a plísně, které mohou způsobit produkci různých toxinů. Tyto látky nejsou tak jedovaté, aby nás zabily, ale mohou způsobit nepříjemné žaludeční obtíže, průjem či zvracení. Houby, které prošly mrazem, poznáte obvykle snadno. Bývají vodnaté, často se rozpadají, při pokročilejším rozkladu nepříjemně zapáchají a mají často nahnědlé okraje klobouku. U některých hub ale tuto skutečnost poznáte až po rozkrojení.

Možná v této souvislosti někoho napadne, jestli jsou zmrazené houby pro nás škodlivé. V tomto případě se nemusíte bát. Houby po rozmrazení obvykle obratem zpracujeme, nestihnou se tedy vytvořit škodlivé látky.

Neklesá-li dlouhodobě teplota pod nulu, můžete klidně vyrazit do lesa na houby a přinést si plný košík i během zimy. Mezi houby, které naleznete v zimním lese, patří především dřevokazné houby. Nacházíme je na pařezech a padlých stromech. Mezi nejoblíbenější zimní houby patří hlíva ústříčná, penízovka sametonohá, pařezník pozdní a ucho Jidášovo. V zimních měsících sice hub roste o dost méně než v létě či na podzim, ale jejich výhodou je lehká stravitelnost, vynikající chuť a užitečné látky, které obsahují. Řada hub má totiž velmi pozitivní účinky na lidské tělo.



▲ **Hlívu ústříčnou** nejčastěji nalezneme na odumřelých kmenech listnatých stromů (nejčastěji: na dubech, bucích, topolech a ořešácích), vzácně se může vyskytovat i u jehličnanů. Plodnice nám mohou připomínat ústřice. Hlíva ústříčná se dá dokonce pěstovat i v domácím prostředí (na balkóně či na zahradě).



▲ **Penízovka sametonohá** roste obvykle na tlejících kmenech, ale můžeme ji nalézt i na živých listnatých stromech (topol, jilm, lípa nebo vzácně i ovocné dřeviny). Dokáže odolát i mrazům do -10°C . V literatuře bývá označována jako vánoční houba.



▲ **Ucho Jidášovo** můžeme sbírat prakticky celý rok na odumírajícím dřevu. Nejčastěji ho nalezneme na bezu, vrbě nebo akátu.



▲ **Pařezník pozdní** můžeme objevit na odumřelých kmenech olší, buků, vrb a javorů. Roste spíše na vlhkých místech, nejčastěji v údolí potoků.



▲ **Čirůvku dvoubarvou** bychom mohli najít na loukách, v trávě, ale třeba i na zahradě nebo v parku. Dorůstá výšky 12 cm a často roste ve větších skupinách.



▲ **Opeňka měnlivá** je další dřevokaznou houbou. Roste od jara do zimy.



▲ Při houbaření můžete narazit na **třepenitku svazčitou**, která je ale jedovatá. Tato houba se vyskytuje prakticky celý rok na tlejících pařezech a kořenech v lese i mimo les. Obvykle vytváří trsy.



▲ **Černorosol ut'atý** je nejedlá houba, na kterou můžeme v lese narazit od podzimu, přes mírnou zimu až do počátku jara. Nalezneme ho na odumřelých kmenech a větvích listnatých stromů (zejména dub, líska, lípa).

Houby svým charakterem tvoří relativně samostatnou skupinu organismů. Z hlediska ekologického většinu hub označujeme jako rozkladače (reducenty, destruenty) – podílejí se na rozkladu organické hmoty. Od rostlin se liší nepřítomností chlorofylu. Z hlediska výživy jsou řazeny mezi heterotrofní organismy (žíví se organickými látkami, které vytvořily jiné organismy).

Většina hub, které můžeme v průběhu zimní vycházky nasbírat, je řazena mezi dřevokazné houby. Nejvíce druhů dřevokazných hub patří mezi saprofytické. Pro ty je charakteristické, že rozkládají mrtvé nebo odumřelé dřevo. Můžeme je vidět i na živých stromech, a to díky takzvané ranové hnilobě, kdy se na povrchu kmene vytvoří odumřelé dřevo, z kterého se tyto houby vyživují. Stává se, že pak silně narušují pevnost stromu a mohou způsobit odlamování větví. Rozklad dřeva probíhá z povrchu do středu kmene. Druhou skupinou dřevokazných hub jsou houby parazitické, které získávají živiny od svého živého hostitele. Někdy mohou tyto parazitické druhy žít i na odumřelém dřevě.

Rozklad dřeva houbami označujeme jako **hnilobu**. Důsledkem tohoto procesu je změna vlastností dřeva, tedy jeho tvrdosti, textury (jak vypadá dřevo na řezu, každá dřevina má typickou vnitřní stavbu, podle které je možné identifikovat původ dřeva, typické letokruhy, póry, dřeňové paprsky), barvy a dalších. Různé druhy hub narušují dřevo jiným způsobem. Pro napadení stromu dřevokaznou houbou je potřeba souhra následujících činitelů: přítomnost houbových spor, příznivé vnější podmínky a náchylnost dřeviny k dané chorobě. Dřeviny se obvykle brání napadení houbovými chorobami. Mají silnou kůru, která brání průniku infekce. Obsahují řadu látek, které na klíčící houbová vlákna působí toxicky nebo omezují jejich růst. Mohou vytvářet bariéry, které brání pronikání houbových vláken do zdravého dřeva.

Podle barevných změn, které můžeme pozorovat na dřevě, rozlišujeme bílou a červenohnědou hnilobu.

Bílou hnilobu způsobují houby rozkládající lignin, například troudnatec kopytovitý nebo choroš šupinatý. Postižené dřevo je světlejší než okolní části, zůstávají především vláknité molekuly celulózy. Dřevo se stává měkké a drobivé, dochází k vláknitému rozkladu. Kostkovitý rozklad se objevuje při **červenohnědé hnilobě**, kterou způsobují houby, jež rozrušují především celulózu (nikoliv lignin). Barva dřeva je pak výrazně tmavší. Dřevo se rozkládá, ztrácí na objemu a hmotnosti, je velmi křehké a lehké. Někteří autoři rozlišují červenou hnilobu (např. u sítkovce dubového) a hnědou hnilobu (troudnatec pásovaný, sírovec žlutooranžový či pstřeň dubový). Podle šíření hniloby rozlišujeme bělovou hnilobu (běl je vnější část dřeva), kterou způsobuje například pevník krvavějící, a jádrovou hnilobu (která začíná od jádrové části dřeva, často vytváří dutiny).

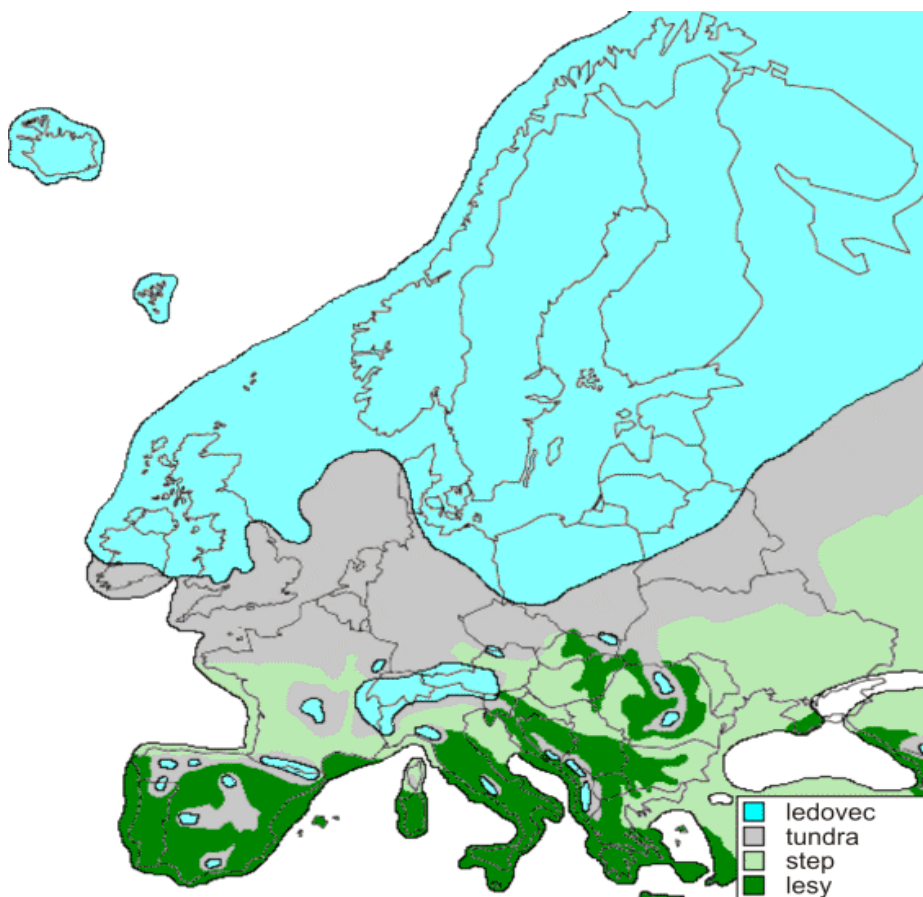


Obr. 75: Vlevo bílá hniloba, vpravo červenohnědá hniloba

6. Doba ledová je doba ledová

Pravil pan Huml v jednom z příběhů Macha a Šebestové. Jenže neměl tak docela pravdu, protože doba ledová rozhodně nebyla jen jedna. Jak to tedy vlastně s tou dobou ledovou je?

Kdybychom měli kouzelné sluchátko, které by nás přeneslo do České republiky o několik set tisíc let zpátky, zjistili bychom, že kromě sněhu v zimě se u nás vyskytovaly na severu republiky a v horách i ledovce. Není divu, ve čtvrtohorách se podnebí ochladilo a střídaly se doby ledové (glaciály) s meziledovými (interglaciály). V době ledové došlo k výraznému snížení průměrné teploty o 8-9 °C, silnému rozvoji ledovců (horských a pevninských), poklesu hladiny moří. Vegetace měla charakter studené stepi až tundry. Docházelo k silnému mrazovému zvětrávání, zesprašnění, dominovala otevřená krajina bez zapojeného lesa. V dobách meziledových docházelo k oteplení. Klima v některých interglaciálech mohlo být příznivější než v současnosti, došlo k nástupu dřevin, převažovalo spíše chemické zvětrávání. Oteplení měla pozitivní vliv na tvorbu půd (pedogenezi), ledovce ustupovaly. Poslední doba ledová vrcholila zhruba před 18 000 lety. V té době byla většina Eurasie pokryta různými typy ledovců (menšími horskými nebo rozsáhlými pevninského typu, které dosahovaly mocnosti až 3 km). Protože v ledu bylo vázáno velké množství vody, klesla hladina světového oceánu o 130 metrů.



Obr. 76: Rozsah zalednění v poslední době ledové

V současné době dochází na Zemi ke stálému ústupu ledovců, vědci předpokládají do roku 2050 úbytek veškerých horských ledovců o 25 % (poslední drobný nárůst ledovců byl zaznamenán v polovině 19. století). Kdybyste si chtěli prohlédnout ledovec na vlastní oči, museli byste vyrazit do Alp (zde se nachází jeden z největších horských ledovců Evropy – Aletschský ledovec).



Obr. 77: Aletschský ledovec

Čtvrtohory (kvartér) jsou nejmladším útvarem v geologické historii naší Země. Jedná se o období, které začalo asi před 2,588 miliony lety. Charakteristickým rysem tohoto období je střídání klimatických podmínek. K vymezení čtvrtohor došlo v druhé polovině 18. století italským důlním inženýrem Giovannim Arduinem, který pro rozlišení souvrství italských Alp zavedl označení – primární, sekundární, terciární a kvartérní řád. Poslední (kvartérní) vrstva obsahovala mladé říční, ledovcové a svahové sedimenty. Čtvrtohory v současné době dělíme na pleistocén (představuje větší část čtvrtohor) a holocén, v kterém v současné době žijeme (poslední doba meziledová). V této době začíná mít na krajinu silný vliv i člověk. Čtvrtohory tedy nezahrnují pouze nejmladší geologickou minulost a současnost, ale vlastně i blízkou budoucnost.

Během čtvrtohor prošla naše planeta větším počtem klimatických period. Podle nejnovějších poznatků bylo teplých period (neboli interglaciálů) 52, chladných (neboli glaciálů) 51. V dobách ledových se výrazně uplatňovalo mrazové zvětrávání, při kterém docházelo ke střídavému mrznutí a tání vody v puklinách hornin a zeminách. Důsledkem této činnosti je pak vznik mrazových srubů, kamenných moří (ty můžeš pozorovat např. v Krkonoších, jsou tvořeny ostrohrannými kameny, které vznikly mrazovým zvětráváním). Na územích, kde průměrná roční teplota byla pod 0 °C, se objevovala dlouhodobě zmrzlá půda – tzv. permafrost.

V dobách meziledových voda z tajících ledovců vytvářela řeky, které se podílely na modelaci krajiny. Řeka na svém horním toku postupně prohlubuje koryto, naopak v dolní části toku unášený materiál ukládá a protéká tak vlastně svými vlastními náplavami. Na horním toku řek voda obvykle teče velmi rychle a unáší značné množství i velkých částic. Tok se velmi ostře zařezává do podloží. Údolí, která vznikají, mají profil písmene V. Ve středním toku dochází ke zpomalení toku, řeka postupně ztrácí svoji schopnost unášet materiál. Unášené částice se usazují. Vzniká říční niva, ve které řeka vytváří zákruty a meandry. Sedimentací materiálu vznikají říční terasy, které jsou dokladem bývalého údolního dna.



Obr. 78: Na schématu jsou zachyceny změny, kterými procházela krajina s nástupem doby ledové (časný glaciál), v jejím průběhu (pleniglaciál), při jejím doznívání (pozdní glaciál) či obdobím mezi dobami ledovými (intergalaciál).

Veškeré doby ledové zaujímají časově asi 90 % čtvrtohor. V literatuře se můžete setkat s označením některých dob ledových. Názvy jsou odvozeny od usazenin řek v říčních terasách, které byly pozorovány ve střední Evropě (Gunz, Mindel, Riss, Wurm, Donau).

Podívejme se do poslední doby ledové. Možná ji znáte i ze známé knížky Eduarda Štorcha *Lovci mamutů*. Jak vlastně vypadala krajina ve střední Evropě? Měla podobu lesotundry a byla kupodivu poměrně pestrá. Jehličnaté lesy se střídaly s chladnou stepí a ve vyšších polohách suchou tundrou. Pochopitelně bylo dost chladno, ani v létě nestoupaly teploty nad 10°C a půda byla v hloubce zmrzlá. Žilo zde mnoho druhů obrovských zvířat (souhrnně je označujeme jako **megafaunu**), z nichž ale většina s koncem poslední doby ledové vyhynula. Býti velkým je pro chladné oblasti výhodou. Jen si vzpomeňte, že čím větší zvíře, tím menší má v poměru k objemu těla

povrch a tím méně tepla tudíž vyzařuje do okolí. Navíc byli mnozí porostlí dlouhou a hustou srstí a pravidelně migrovali za potravou. Takže byli přizpůsobeni na chlad a zimu byli schopni tolerovat.



Obr. 79: Typickým druhem doby ledové byl mamut srstnatý. Zástupci megafauny byli i nosorožec srstnatý, mohutný daněk megaloceros nebo velebobr. Travnaté oblasti obývali i praconě podobní současným koním Převalského.



Obr. 80: K dalším zástupcům fauny doby ledové patřil medvěd jeskynní, lev jeskynní, rosomák, sob, liška, lumík nebo krkavec.

Jak se střídaly doby ledové s meziledovými, museli se živočichové i rostliny buď přizpůsobit, nebo vyhynuli. Některé druhy se spolu s ledovcem stěhovaly na jih a zase na sever, ale menší chladnomilné druhy vyřešily problém tím, že se stáhly do vysokohorských poloh. Některé přežily až do současnosti a jsou vzácnými svědky doby lovců mamutů. Odborně jim říkáme **glaciální relikt**y a patří k nim mimo jiné ostružiník moruška či modráček tundrový z Krkonoš nebo borovice kleč a kulíšek nejmenší, které najdete také na Šumavě.



Obr. 81: Porost ostružiníku morušky



Obr. 82: Borovice kleč



Obr. 83: Modráček
tundrový

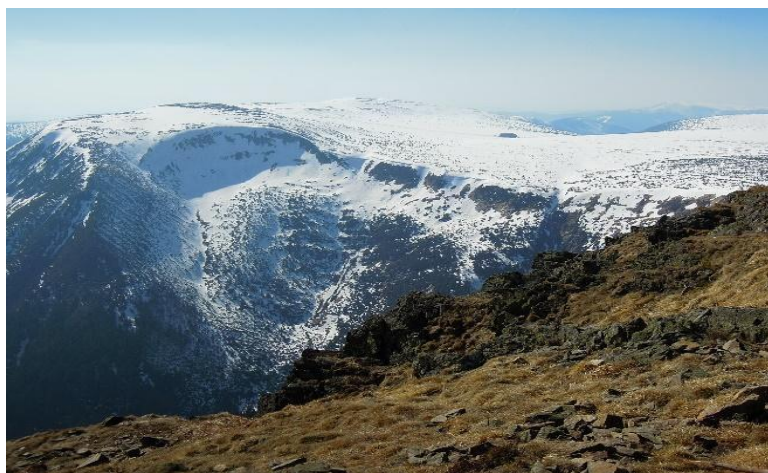


Obr. 84: Kulíšek nejmenší

Ledovec může vznikat z firnu (přemrzlého sněhu) nebo z vody mrznoucí přímo na povrchu. Je to vlastně ohromná masa ledu a sněhu, která kromě krystalů ledu obsahuje vodu, vzduch a úlomky hornin. Ledovcový led se liší od ledu vzniklého prostým zmrznutím vody. Krystaly mohou mít velikost až několik centimetrů a jsou měkčí, což umožňuje snazší změnu tvaru a tím i jeho pohyb.

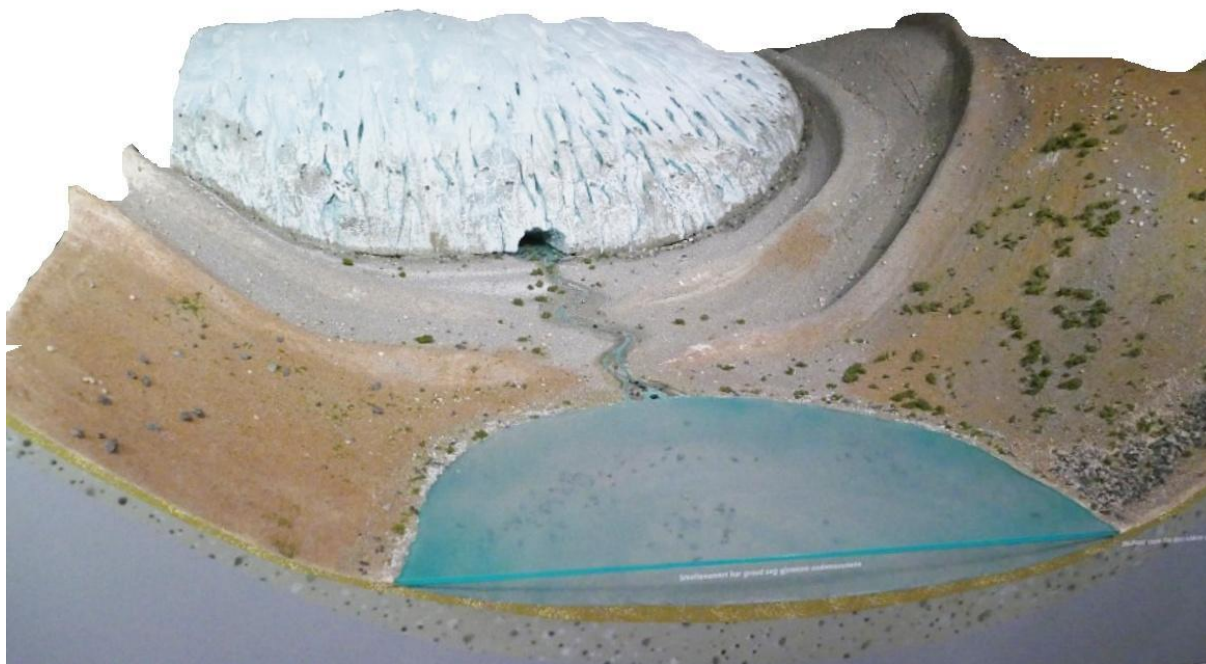
Ledovce jsou důležitým zdrojem sladké vody, je jí v nich uloženo zhruba 74 % veškerých zásob. Jen pro představu: kdyby roztála veškerá voda v ledovcích, zvýšila by se hladina světového oceánu o 70 metrů. Ledovce jsou také významnou zdrojnicí řek.

Velký pevninský ledovec zasahoval z oblasti Skandinávie až k hranicím naší republiky. Zastavil se až v oblasti severních Čech (zasahoval do oblasti Šluknovska, Frýdlantska a Podještědí) a severní Moravy a Slezska (Ostravská pánev, Moravská brána, Jesenicko, Opavsko, Osoblažský výběžek). Naopak v Krkonoších bychom narazili na daleko menší horské ledovce. Po jejich činnosti můžeme ještě nalézt stopy. Jsou to **ledovcové kary** (v Krkonoších místně označované jako jámy nebo kotle), kde leželo tělo ledovce (jeho vyživovací část) a do údolí sestupoval ledovcový splaz. Kar je definován jako sníženina, která je ze tří stran obklopena strmými skalními stěnami. V ČR můžeš na kary narazit v Krkonoších (34), na Šumavě (12) nebo Jeseníkách (Velká kotlina).



Obr. 85: Ledovcový kar (Krkonoše)

Horská údolí, která byla tvarována ledovcem, můžeme snadno poznat, mají profil písmene U (na rozdíl od údolí vytvořeného tekoucí vodou, které má profil písmene V). Odborně jsou někdy označovány jako trogy. Takové typické údolí u nás najdete v Krkonoších v Obřím dole, v údolí Kotelského potoka, Mumlavy nebo v Modrém dole. Ledovec, který se nacházel v Obřím dole, měl délku 5,6 km a mocnost 80 až 100 metrů.



Obr. 86: Na modelu ledovce je dobře patrné čelo ledovce, z něhož vytéká ledovcová řeka. Ta se rozlévá do ledovcového jezera. Je také vidět, že údolí vyhloubené ledovcem má tvar písmene U.

Kary a údolí nejsou jediné stopy, které může ledovec v krajině zanechat. Pohybem ledovce dochází k ohlazování zemského povrchu, vzniku rýh (od materiálu, který s sebou ledovec vláčí) a oblíků (což jsou oválné pahorky, u nás například Oblík u Dívčího Hradu). Ledovec se pohybuje ve srovnání s tekoucí vodou velmi pomalu. Ledovce se většinou pohybují rychlostí asi 1 metr za den, tato rychlost se může měnit a zvýšit na 1–2 km za rok (např. Grónský ledovec rychlostí 3–300 metrů za rok).

Ledovec rovněž přesouvá značné množství materiálu. Na rozdíl od vodních toků unáší ledovec materiál nejen na dně, ale i na bocích a na povrchu. Ústupem (roztáním) ledovce zůstává přenesený materiál v krajině, neodpovídá podloží a tvoří morény a drumliny.

Morény jsou kamenné valy vzniklé činností ledovce, nacházejí se v popředí ledovce (čelní moréna), po stranách ledovce (boční moréna).

Drumlíny jsou pahorky, které jsou tvořeny materiálem, který unášel ledovec. Bývají až několik stovek metrů dlouhé, jejich delší osa odpovídá původnímu pohybu ledovce. V ČR jsou jen menší morénové valy jako pozůstatek horského zalednění Krkonoš a Šumavy (např. v Labském dole, Obřím dole, Vlčí jámě).



Obr. 87: Vlevo boční morény, vpravo materiál unášený Aletschským ledovcem

Bludné balvany je označení pro velké kameny, které ledovec transportoval a které tak trochu „zabloudily“ na větší vzdálenost od místa svého původního výskytu. V ČR jsou bludné balvany rozesety především na Moravě a ve Slezsku od Javornického výběžku po Ostravsko a Těšínsko, v severních Čechách pak ve Šluknovském a Frýdlantském výběžku. Na Ostravsku tak zůstaly několikátunové balvany tvořené skandinávskou žulou.



Obr. 88: Bludný balvan, který se nachází u německého města Sassnitz, sem doputoval unášen ledem až ze Skandinávie.



Obr. 89: Fjord – ledovcové údolí zalité mořskou vodou

V Severní Americe i v Eurasii se nacházejí rozsáhlé oblasti, které ledovce výrazně modelovaly. Je to především většina území Kanady a severní Evropy. Jejich povrch byl výrazně zbroušen, pokryt štěrkem a rozvlněn pásy morén, za nimiž se vytvořila velká jezera ledovcového původu. Ledovcová jezera máme i u nás – na Šumavě (Černé, Čertovo, Plešné, Prášilské, Laka). Dnešní rozšíření ledovců je výrazně menší než v dobách ledových, představuje asi 10 % celkové plochy pevniny.

V podmínkách mírného podnebného pásu Evropy se ledovce vyskytují v pohořích s nadmořskou výškou nad 3 000 m (Alpy, Pyreneje).

V období čtvrtohor ležela ČR mezi Skandinávským ledovcem, který zasahoval k nejsevernější části naší republiky a ovlivňoval tak vznik horských ledovců v příhraničních horách, a rozsáhlým zaledněním Alp. V té době přes naše území migrovala řada živočichů.

Zdroje obrázků:

archiv Evy Požárové

archiv Zoo Praha

archiv Ivo Králíčka

<https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/160>

<https://www.fenofaze.cz/cz/o-projektu/>

<https://www.haenselblatt.com/img/special-gardens/ERR/basic-plant-life-cycle-2.jpg>

[Mount Kenya NP | Lobelia telekii | The world in images \(mergili.at\)](#)

[Freezing Cells | The Scientist Magazine® \(the-scientist.com\)](#)

[File:2625 Aquaporin Water Channel.jpg - Wikimedia Commons](#)

[Ice Crystals Free Stock Photo - Public Domain Pictures](#)

[Nature Picture Library Dipper \(Cinclus cinclus\) diving in torrent feeding, Alps, Bavaria, Germany. March - Konrad Wothe \(naturepl.com\)](#)

[Ledovka, náledí, námraza. Víte, jaký je mezi nimi rozdíl? — ČT24 — Česká televize \(ceskatelevize.cz\)](#)

[Animal vs. Plant cells - Similarities, Differences, Chart, and Examples - Rs' Science \(rsscience.com\)](#)

[Arctic Tern \(Sterna paradisea\), Lund © Mike Pennington cc-by-sa/2.0 :: Geograph Britain and Ireland](#)

[File:Vanessa cardui migration in Europe-blank map.svg - Wikipedia](#)

[File:Babočka bodláková.jpg - Wikimedia Commons](#)

[How do birds keep warm in the winter? \(fws.gov\)](#)

[#COWX - Denverite, the Denver site!](#)

[GALERIE: Zimní otužilci: Ptáci v zimě neumrznou. Mají různé vychytávky, třeba načepýřené koule | FOTO 1 | Ábíčko.cz \(abicko.cz\)](#)

[Bekasina větší, dosud nejrychlejší zaznamenaný migrující pták | \(vcpcso.cz\)](#)

[Migration: View as single page \(open.edu\)](#)

[Monarch Watch : Migration & Tagging : Fall Migration](#)

[Rotarians pledge to restore the monarch butterflys disappearing habitat | Rotary International](#)

[Migration: 2 Bird migration - OpenLearn - Open University - S295_1](#)

[File:Dryas octopetala \(41907904865\).jpg - Wikimedia Commons](#)

[PPT - Earth's Orbit and the Seasons PowerPoint Presentation, free download - ID:1085102 \(slideserve.com\)](#)

[How Do Gulls Deal With Cold Feet? | All About Birds All About Birds](#)

[Common poorwill – Orange County Register \(ocregister.com\)](#)

<https://www.botanickafotogalerie.cz>

<https://houby.naturatlas.cz/>

[Pozor! Černá invaze: Na horách řadí sněžné blechy! | Ahaonline.cz](#)

[Golfský proud ovlivňující počasí v Evropě zpomaluje - CNN Prima NEWS \(iprima.cz\)](#)

[Arctic circle - Arktida – Wikipedie \(wikipedia.org\)](#)

[Fly Over The Largest Reindeer Herd Of Canada Northwest Territories Sunset Stock Video - Download Video Clip Now - iStock \(istockphoto.com\)](#)

[9k= \(341×148\)](#)

[Understanding Whale Migration – Off the Map Travel](#)

[Do Bats Hibernate? - WorldAtlas](#)

[Nature Picture Library Greater Mouse-eared Bat \(Myotis myotis\) group hibernating in cave, Germany - Ingo Arndt \(naturepl.com\)](#)

[Meloidae — 400-000-000-000-957.jpg](#)

[File:Cantharis fusca \(Cantharidae\) \(10491370784\).jpg - Wikimedia Commons](#)

[Jak přezimují pavouci? - Zeptejte se přírodovědců | Přírodovědci.cz \(prirodovedci.cz\)](#)

[Polar Bear Dens | Churchill Polar Bears](#)

[Lagopus lagopus Archives - Animals Network](#)

[vážky, motýli a jiný hmyz - Fotoalbum - VÁŽKY \(ODONATA\) - Šídlatky - Lestidae - Šídlatka hnědá - Sympecma fusca \(estranky.cz\)](#)

[Stock vektor „Vector Illustration Highaltitude Zones Himalayas Flat“ \(bez autorských poplatků\) 541767280 \(shutterstock.com\)](#)

[Birkhuhn, Birk Huhn \(Lyrurus tetrix, Tetrao tetrix\), Birkhahn im Schnee, Deutschland, Bayern black grouse \(imago-images.com\)](#)

[Ohrožený tetřívěk obecný | Správa Krkonošského národního parku \(krnap.cz\)](#)

[The Skin of a Toad « Four String Farm](#)

[File:Vipera berus 20110323.jpg - Wikimedia Commons](#)

[Day Four of Twelve Days of Arctic Animals: Arctic Hare | The Whisker Chronicles cloudberry-oil 1583857705.jpg \(1200×672\) \(thehut.net\)](#)

[Pavoj - Slavík modráček tundrový \(wz.cz\)](#)

[Kulíšek nejmenší - Atlas okrasného ptact... | iFauna.cz](#)

[Borovice kleč – Wikipedie \(wikipedia.org\)](#)

[Kvartér České republiky \(vsb.cz\)](#)

[Atlas poškození dřevin \(mendelu.cz\)](http://mendelu.cz)

[DŘEVOKAZNÉ HOUBY: Houby celulózovorní \(ohoubach.blogspot.com\)](http://ohoubach.blogspot.com)

[Motýli / Galerie motýlů Jiřího Tichoty \(motyli-tichota.cz\)](http://motyli-tichota.cz)

[Obrázek - Pieris brassicae \(bělásek zelný\) | BioLib.cz](http://BioLib.cz)

[Prevent Winter damage from moles and voles \(imustgarden.com\)](http://imustgarden.com)

[Mouse/vole trail underneath snow cover , Finland Stock Photo - Alamy](#)

[Basic Plant Life Cycle And The Life Cycle Of A Flowering Plant - Gardening Know How](#)

Ložek, Vojen (2011): Zrcadlo minulosti. Dokořán, Praha