

Aplikovaná chemie



2025

Ing. Anna Jirošová, Ph.D.,
RNDr. Alina Kalyniukova, Ph.D.,
Ing. Radka Nagy, PhD.,
Ing. Tereza Volštátová, Ph.D.



Aplikovaná chemie

Ing. Anna Jirošová, Ph.D.,
RNDr. Alina Kalyniukova, Ph.D.,
Ing. Radka Nagy, Ph.D.,
Ing. Tereza Volštátová, Ph.D.

ÚVOD

Vybrané kapitoly z aplikované chemie v životním prostředí pro studijní program myslivost a péče o životní prostředí zvěře jsou určena studentům Fakulty lesnické a dřevařské na České zemědělské univerzitě v Praze. Tato skripta přináší ucelený přehled klíčových chemických aspektů souvisejících s ochranou a péčí o životní prostředí, které jsou zásadní pro obor myslivost a další související disciplíny.

Skripta navazují na první díl Základy středoškolské chemie, kde si posluchači připomenuli základní učivo z obecné, anorganické, organické chemie a biochemie. Při čtení kapitol z této knihy doporučujeme se k základům vracet a upřesňovat si informace potřebné k pochopení dějů v Aplikované chemii.

Obsah jednotlivých kapitol je strukturován tak, aby studentům poskytl komplexní pohled na témata, jako jsou složení a konzervace masa ulovené zvěře, zpracování kůže, čištění osteologického materiálu, chemická ekologie lesních živočichů, výživa zvěře, včetně jejích negativních aspektů nebo problematiky znečištění složek životního prostředí včetně metod stanovení kontaminantů (voda, půda, ovzduší). Skripta se zaměřují na teoretické základy i praktické aplikace a umožňují čtenářům získat hlubší znalosti o chemických procesech a jejich vlivu na myslivectvou praxi a péči o životní prostředí.

Úvodní kapitoly se věnují složení a **konzervaci masa** a jeho chemickému složení, a posmrtných změn v mase a zásadám hygienického zacházení. Následuje část zabývající se **zpracováním kůže**, kde je popsána histologie, anatomie kůže a postupy při jejím zpracování. Další kapitola se zaměřuje na práci s **osteologickým materiálem, tedy trofejem**, jeho čištění, bělení a konzervaci.

V části věnované **chemické ekologii, vědě o chemické komunikaci živočichů** se čtenář seznámí s problematikou feromonů u lesních hmyzích škůdců, ale i u zvěře a predátorů, jejich rozdělením a analytickými metodami pro jejich identifikaci. Kapitoly o výživě a příkrmování zvěře poskytují vhled do **anatomie trávicího traktu**, včetně chemického principu trávení potravin, nutričních požadavků především spárkaté zvěře, chemického složení krmiv a technik příkrmování, s důrazem na jejich přínosy i potenciální negativní dopady.

Další oddíly se zabývají problematikou znečištění životního prostředí, a to konkrétně kontaminací **vody, půdy a ovzduší**. Skripta tak přinášejí detailní přehled typů znečištění a metod čištění odpadních vod, stejně jako kontaminací a ochranou půdy. Závěrečné kapitoly přinášejí pohled na **znečištění ovzduší** a možnosti jeho kontroly.

Věříme, že tato skripta budou užitečným studijním materiálem nejen pro studenty, ale i pro odbornou veřejnost, a napomohou k lepšímu pochopení role chemie v myslivosti a péči o životní prostředí zvěře.

1 SLOŽENÍ, POSMRTNÉ PROCESY A KONZERVACE MASA ULOVENÉ ZVĚŘE

Představte si dávného předka, který si k jídlu uloví velké zvíře, které téměř bezezbytku zužitkuje. Vše, co je požitelné sní. Co se stane se staženou kůží uloveného zvířete, co udělá s parohy, rohy nebo kly. Začneme si naše hypotetické zvíře historicky porcovat. Lovec ulovil zvíře, aby se především najedl.

Technologie a technika konzervace potravin vyhledává a využívá metody, kterými se upravují produkty prvovýroby, aby nepodlehly rozkladným procesům dříve než při trávení. Konzervace je tedy úmyslným zákrokem, jehož cílem je prodloužit skladovatelnost suroviny déle, než dovoluje přirozená údržnost a umožňuje vyhnout se jejímu kažení. Cílem není pouze prodloužit skladovatelnost, ale i zlepšit nebo zachovat chuť, vůni a obsah určitých složek (např. vitamínů).

1.1 CO JE TO MASO? HISTOLOGIE A SLOŽENÍ.

Z obecného hlediska mluvíme o masu jako o všech částech těl živočichů, ryb i bezobratlých, které se hodí k lidské výživě. Z technologického hlediska se jedná pouze o kosterní a srdeční svalovinu (Obrázek 1).



Obrázek 1: Mikroskopické srovnání kosterního, hladkého a srdečního svalu

Kosterní svaly (příčně pruhované, žíhané) tvoří různě diferencované svalové skupiny připojené na kostru. Jejich hlavní funkcí je zajištění pohybu živočicha nebo jeho jednotlivých částí. Svaly mají schopnost měnit chemickou energii živin v kinetickou energii a teplo. Sval je tvořen především svalovou tkání, dále vazivem, cévy a nervy.

Hladké svaly, které nejsou definovány jako maso, vystylají stěny tělních dutin a vnitřních orgánů. Hladká svalovina není tvořena svalovými vlákny, ale jednotlivými svalovými buňkami, které jsou vřetenovité s centrálně uloženým jádrem. Na obrázku jednotlivých svalů není v mikroskopu není vidět příčné pruhování, protože bílkoviny myosin a aktin nejsou pravidelně uspořádány jako u příčně pruhovaného svalstva, a navíc jejich poměr je odlišný. Hladká svalovina je vegetativní a autonomní a tady nezávislá na vůli.

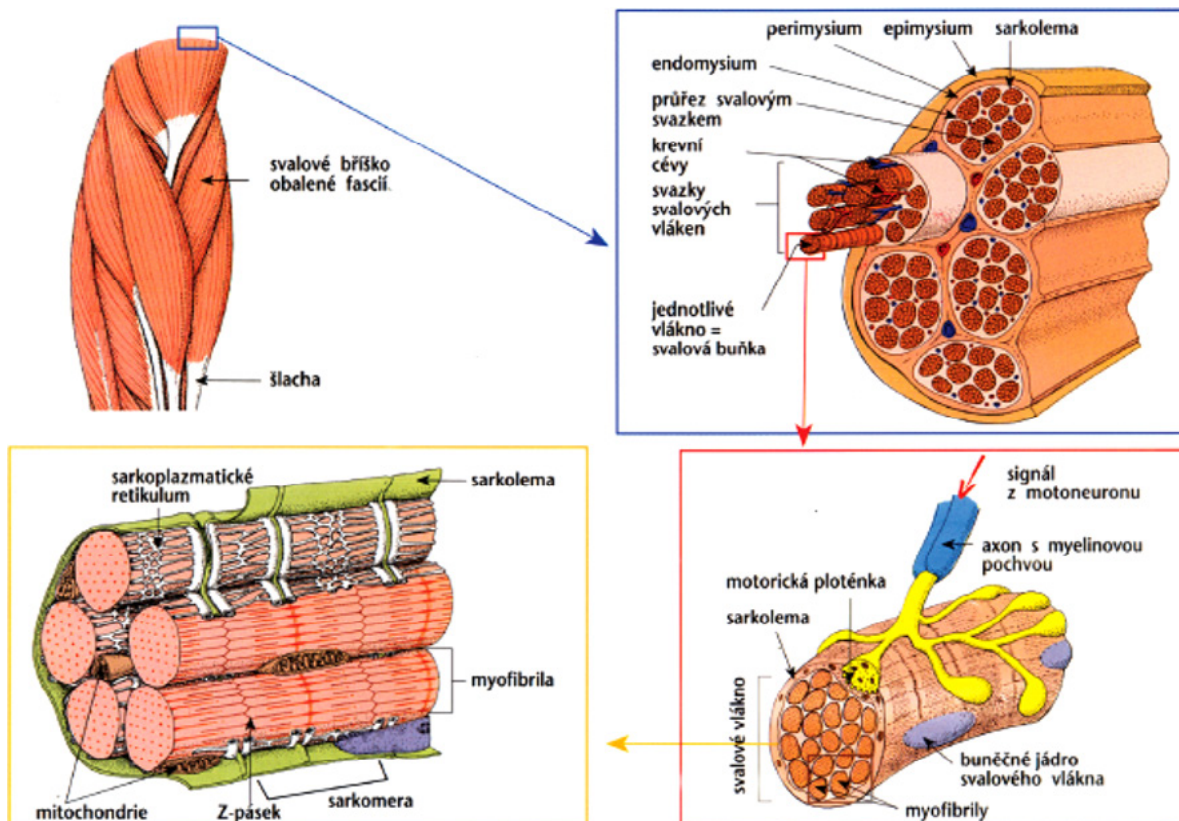
Srdeční svalovina je strukturně velmi podobná svalovině příčně pruhované, ale vlastnostmi se blíží více svalovině hladké.

Svalovina:

- Příčně pruhovaná
- Hladká
- Srdeční

1.1.1 KOSTERNÍ SVAL- MORFOLOGIE

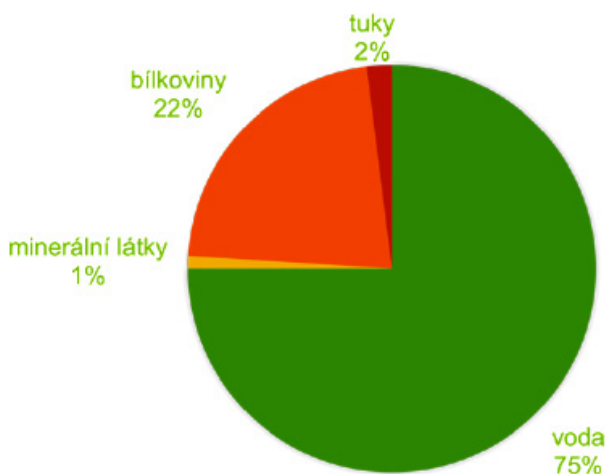
Z výživového hlediska je pro lovce nejdůležitější kosterní sval. Kosterní sval je vazivem ohraničený soubor příčně pruhovaných svalových vláken. Skládá se ze tří základních složek: svalové vlákno, vazivo svalu (např. šlachy) a pomocného zařízení (mazové váčky – bursy). Svalové vlákno je základní morfologickou jednotkou příčně pruhované svalové tkáně. Výraznou vrstvou vaziva je obaleno 10 až 100 svalových vláken a tvoří primární svalový svazek. Více primárních svalových svazků tvoří ve větších svaích sekundární svazek až svazky vyšších řádů, které tvoří svalové snopce a ty tvoří sval (Obrázek 6).



Obrázek 6: Stavba svalu (Hanzlová a Hemza 2009)

1.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ MASA LOVENÝCH ZVÍŘAT

Variabilita složení masa je dána především druhem zvířete, pohlavím, stářím, výživovým stavem, hladováním, stresem a zdravotním stavem (Obrázek 2).



Obrázek 2: Chemické složení svalu

1.2.1 VODA

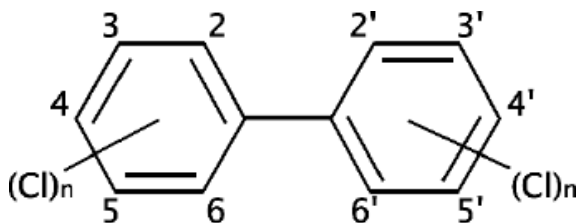
Sval se skládá ze tří čtvrtin z vody, jejíž nutriční hledisko je bezvýznamné. Voda v masě má však význam senzorický, kulinární a především technologický.

1.2.2 ANORGANICKÉ LÁTKY

Z anorganických látek jsou důležité ionty draslíku a vápníku regulující vlastní svalový stah a následný proces relaxace. Mg, Ca a Fe jsou ve formě iontů vázána na bílkoviny. Většina minerálních látek obsažených v masě je rozpustná ve vodě.

1.2.3 CIZORODÉ LÁTKY

Cizorodé látky se dostávají do masa především z potravinového řetězce. Rizikovými látkami jsou Pb, Cd, Hg, As, insekticidy a polychlorované bifenylly (PCB). Většina těchto látek se kumuluje v částech bohatých na tuky nebo játrech a ledvinách, které jsou přirozenými ochrannými filtry organismu.



Obr. Základní struktura polychlorovaných bifenylů

1.2.4 ORGANICKÉ LÁTKY

Organické látky tvoří většinu objemu i výživové hodnoty v masě ulovených zvířat. Z organických látek jsou nejdůležitější **kontraktilní bílkoviny myosin a aktin**, odpovědné za pohyb svalů. Červené barvivo hemoglobin, zajišťující dýchání buněk, prostřednictvím vázání O_2 . Bílkovinné enzymy, katalyzující všechny biochemické děje. A dále rezervní látky, poskytující energii, z nichž je nejdůležitější polysacharid glykogen a dále energetické palivo důležité pro pohyb živých organismů, jímž jsou makroergní fosfáty, sloužící jako energetický zdroj pro svalovou kontrakci.

Z dietetického hlediska, jsou v masě zvěřiny zastoupeny bílkoviny ca 20%, obsah tuku se pohybuje od 2 do 3 %. Dalšími výživnými organickými látkami jsou vitamíny skupiny B (thiamin, riboflavin, kyselina pantothenová, niacin, pyridoxin a vitamin B12), esenciální aminokyseliny (leucin, lysin, methionin, cystin, fenylalanin, tyrosin, treonin, tryptofan a valin). Navíc má zvěřina z dietetického hlediska nízké zastoupení purinových látek a sacharidů.

Živiny g/100g	Druh masa				
	Jelení	Srnčí	Kančí	Hovězí	Vepřové
Voda	74,7	72,2	75,0	75,1	71,0
Bílkoviny	20,6	22,4	22,0	19,2	18,6
Tuky	3,0	3,5	2,4-5,6	4,4	11,9

Srovnání obsahu živin u zvěřiny a jatečných zvířat

Skupina MK %/100g	Druh masa				
	Jelení	Srnčí	Kančí	Hovězí	Vepřové
SFA	42,13	37,54	34,79	40,11	37,46
MUFA	26,57	28,96	35,63	34,60	50,87
PUFA	23,47	25,38	17,25	15,36	5,95

Srovnání obsahu MK u zvěřiny a jatečných zvířat

SFA *Saturated Fatty Acids* (nasycené MK): mají pouze jednoduché vazby mezi uhlíky.

MUFA *Monounsaturated Fatty Acids* (mononenasycené MK): obsahují jednu dvojnou vazbu.

PUFA *Polyunsaturated Fatty Acids* (polynenasycené MK): mají více jak jednu dvojnou vazbu.

1.2.4.1 BÍLKOVINY V MASE ULOVENÝCH ZVÍŘAT

Bílkoviny obecně jsou organické sloučeniny složené z mnoha aminokyselinových (AMK) zbytků, spojených peptidovou vazbou (-CO-NH-). AMK jsou organické kyseliny s nejméně jednou aminovou (-NH₂) a jednou karboxylovou (-COOH) skupinou. Biologické vlastnosti jsou dány druhem AMK, jejich pořadím a vzájemnými prostorovými vztahy. V přírodě je více než 300 AMK, pouze 22 z nich je v proteinech ve formě L-α-AMK. Jediný glycin nemá ve své molekule chirální uhlík.

Dělení bílkovin v masě dle rozpustnosti

Sarkoplasmatické – obsaženy v sarkoplazmatu (cytoplasmě svalových buněk) a jsou rozpustné ve vodě a slabých solných roztocích: myogen, myoalbumin, globulin X, myoglobin (přirozené barvivo masa).

Myofibrilární – nacházejí se ve vlákních svalových buněk, tvoří myofibrily a jsou rozpustné v roztocích solí, v deionizované vodě jsou nerozpustné: myosin, aktin, titin, tropomyosin, troponin, nebulin.

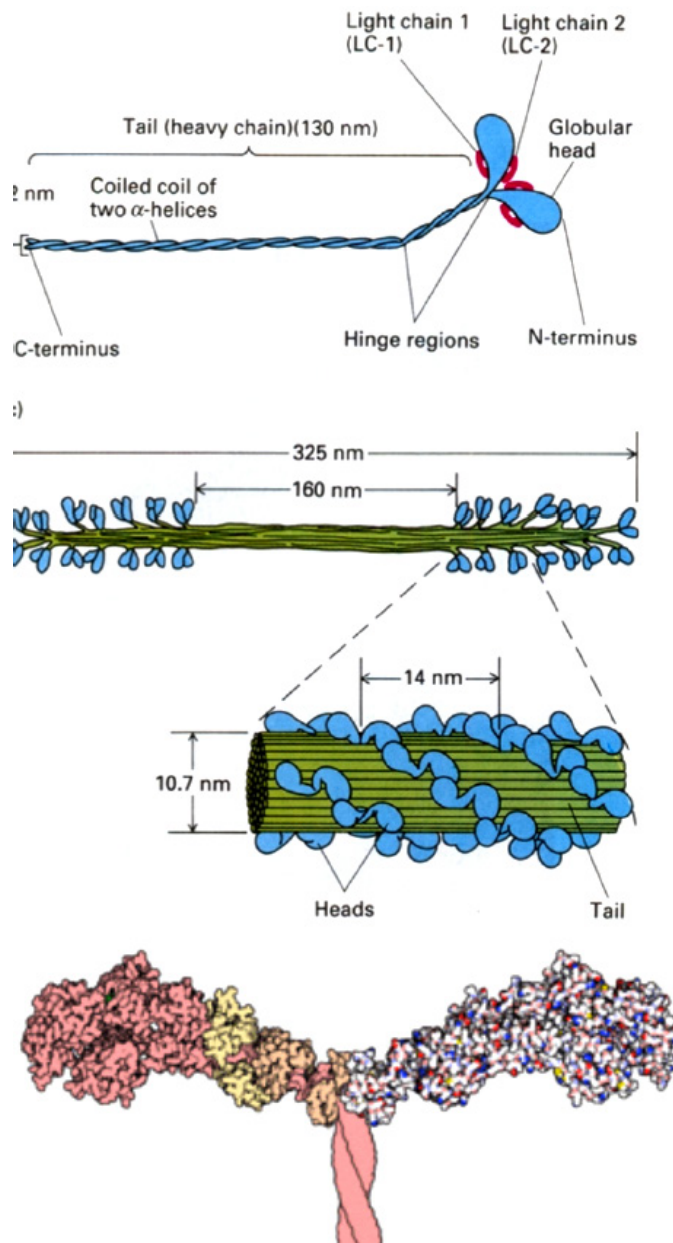
Stromatické (bílkoviny pojivových tkání) – nejsou rozpustné ani ve vodě, ani v solných roztocích a jsou obsaženy ve vlákních pojivových tkání, které ve svalovině tvoří obaly svalových struktur: kolagen, elastin, retikulin, keratin, mucin, mukoid.

Myosin a aktin jsou dvě hlavní bílkoviny (proteiny), které tvoří svaly a jsou zodpovědné za jejich stahování (kontrakci). Představ si je jako dvě různé součástky v „motoru“ svalu.

Myosin – „motorický protein“

- **Myosin** je protein, který vypadá trochu jako golfová hůl, skládá se z hlavičky a dlouhého „krčku“ (spodní části).
- Existuje mnoho typů myosinu (17 tříd), ale nejdůležitější pro svalový pohyb je **myosin II**.
- Myosin II je složený ze šesti polypeptidových řetězců:
 - 2 dlouhých **těžkých řetězců** (MyHC), které tvoří základní tvar myosinu.
 - 4 krátkých **lehkých řetězců** (MyLC), které pomáhají regulovat pohyb myosinu.

- Jeden těžký řetězec a dva lehké řetězce tvoří jednu podjednotku myosinu. Když se spojí dvě tyto podjednotky, vznikne celý komplex myosinu.
- Celá molekula myosinu má asi **167 nanometrů na délku**, přičemž většinu délky tvoří „tělo“ (159 nm) a hlavička s krčkem má asi **17 nm**.

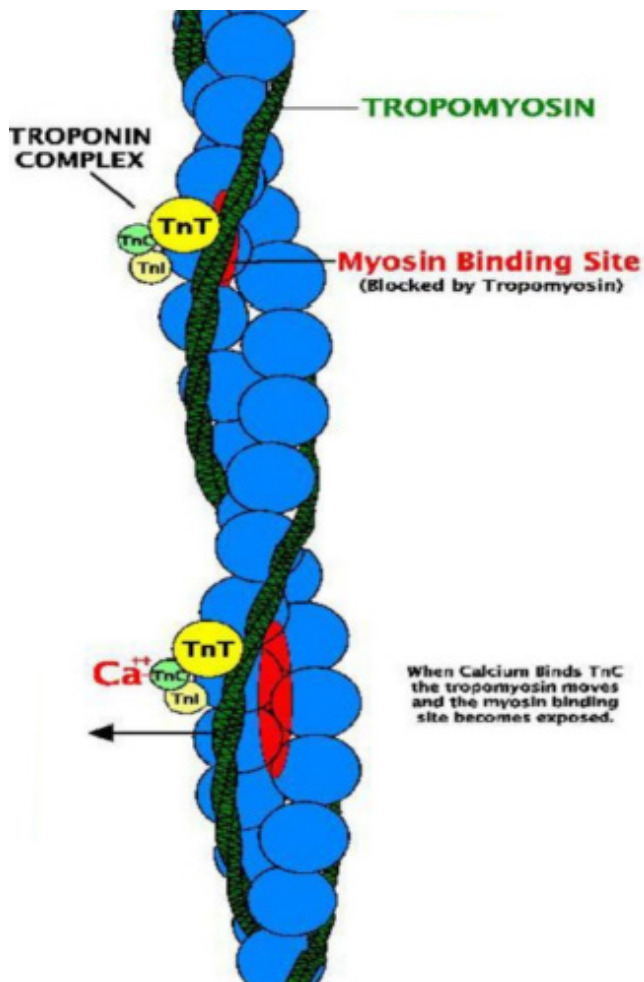


Obr. Struktura Myosinu

- Myosin má schopnost pohybovat se a „klouzat“ po aktinu díky aktivitě enzymu **ATPáza**, který využívá energii z ATP (molekuly, která poskytuje energii pro buňky).

Aktin – „dráha pro myosin“

- **Aktin** je druhý klíčový protein ve svalech a je součástí „**aktinového myofilamentu**“ – jakési dlouhé vlákno, které je součástí svalu.



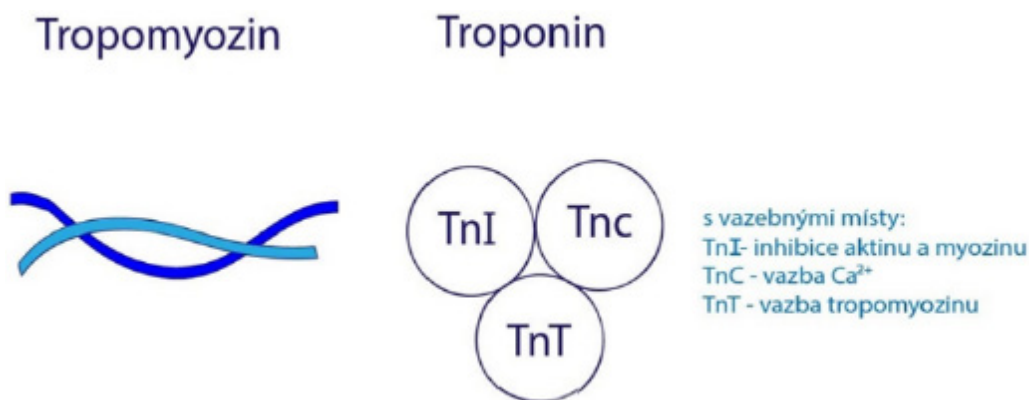
Obr. Aktinová myofilamenta, hlavní dvoušroubovice aktinu je obtočena bílkovinou Tropomyozinem (také ve složené ze dvou podvláček), na které jsou globulární bílkoviny Troponin, pomáhající vázat vápenaté ionty a odblokovat místo pro myozinovou hlavici.

- Základní stavební kámen aktinového vlákna je **G-aktin**, malá molekula, která se spojuje s dalšími a vytváří dlouhou dvojitou spirálu, nazývanou **F-aktin**. Tato spirála je dlouhá asi **1 mikrometr (μm)** a obsahuje přes 400 molekul G-aktinu.
- Každá molekula G-aktinu má speciální místo, které umožňuje **hlavě myozinu** se k němu připojit. Toto je klíčové pro svalový stah.



Obr. Jednotky aktinu

- Ve stavu uvolnění (když se sval nestahuje) je toto aktivní místo na aktinu blokováno dalším proteinem zvaným **tropomyosin**. Když dojde ke svalovému stahu, tropomyosin uvolní aktivní místo, takže hlavička myosinu může „vstoupit do hry“ a navázat se na aktin. (Kapitola 1.1.1)
- **Tropomyosin** je tvořen dvěma polypeptidovými řetězci obtočenými vzájemně kolem sebe. Nese vazebné místo pro troponin.
- **Troponin** je proteinový komplex obsahující **tři podjednotky**



Obr. Schema tropomyozinu a troponinu

Mechanismus svalového stahu

Svalový stah je složitý proces, ale dá se vysvětlit poměrně jednoduše. Zkus si představit, že svalové vlákno je jako malá továrna, kde se vše musí správně načasovat a sladit, aby sval mohl fungovat.

Na povrchu každého svalového vlákna je ochranná blána (sarkolema), která je obalena pojivovou tkání s cévami a nervy. Uvnitř vlákna je prostor (sarkoplazma), kde jsou jádra buňky, a hlavně velmi důležité myofibrily – to jsou struktury, které umožňují svalový stah. Myofibrily jsou tvořeny „filamenty“ dvou bílkovin – **aktinu** (tenké vlákno) a **myosinu** (tlusté vlákno). Tyto bílkoviny se navzájem posouvají a tím se sval stahuje nebo uvolňuje.

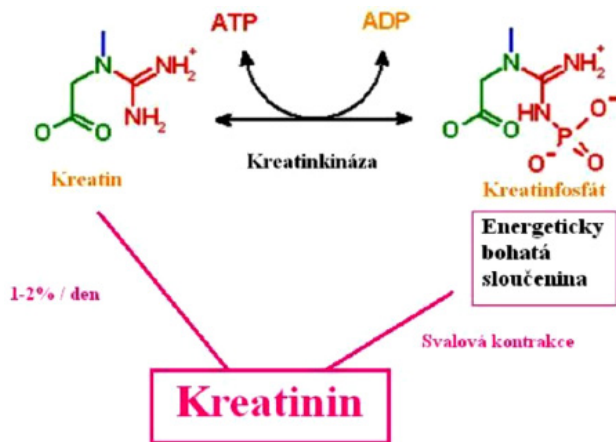
Základní jednotkou myofibrily je sarkomera – je to takový malý úsek mezi dvěma Z liniemi (Z linie jsou hranice sarkomery). Když se sval stahuje, sarkomery se zkracují.

Celý proces začíná signálem z mozku nebo míchy. Ten se přenese motoneuronem (nervem) do svalu, kde se na nervosvalové ploténce uvolní látka zvaná **acetylcholin**. Acetylcholin způsobí, že na povrchu svalu (sarkolemě) vznikne akční potenciál – něco jako elektrický signál. Tento signál se šíří skrz T-tubuly (speciální kanálky v sarkolemě) až k sarkoplazmatickému retikulu (sklad vápníku ve svalové buňce).

Sarkoplazmatické retikulum pak uvolní ionty **vápníku (Ca^{2+})** do sarkoplazmy. Tyto ionty se navážou na bílkovinu **troponin**, která se nachází na aktinovém vlákne. Když se vápník naváže na troponin, změní se jeho tvar a tím se odhalí aktivní místa na aktinu, ke kterým se mohou připojit hlavy myosinu.

Myosinové hlavy se tedy připojí na aktinová vlákna a začnou po nich „klouzat“. Při tomto pohybu přitahují aktinová vlákna k sobě, a tím se zkracuje sarkomera – sval se tak stáhne. Pro tento pohyb je potřeba energie, kterou myosin získává ze štěpení molekuly **kreatinfosfátu, fosforylovaném molekulami ATP** (adenosintrifosfát), která je hlavním zdrojem energie pro svalové buňky.

Molekuly **Kreatinfosfátu** se ve svalech generují ATP fosforylací molekul kreatinu. Kreatinin je potom odpadní produkt vylučovaný močí



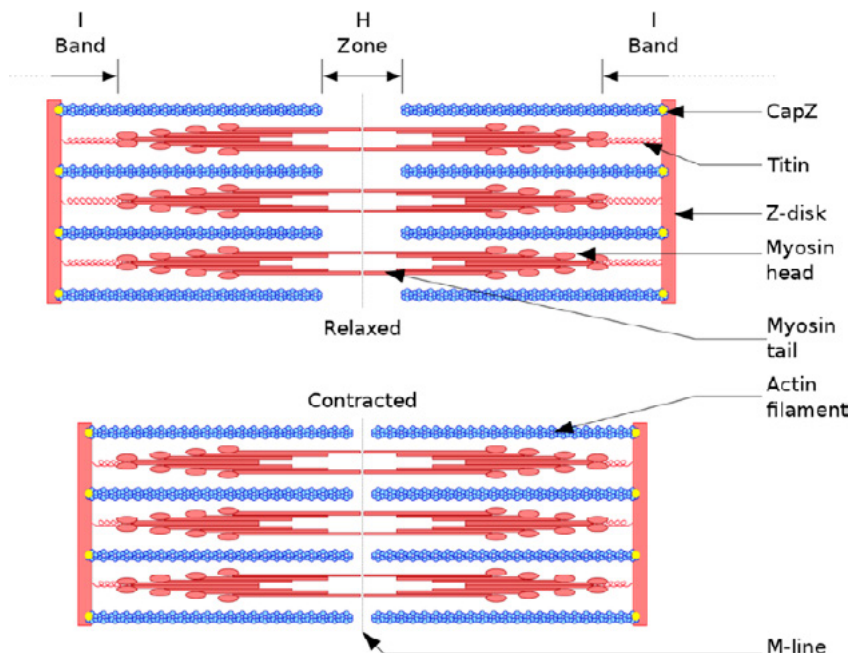
Obr. Cyklus fosforylace kreatinu na kreatin fosfátu, molekuly pohánějící svalovou kontrakci.

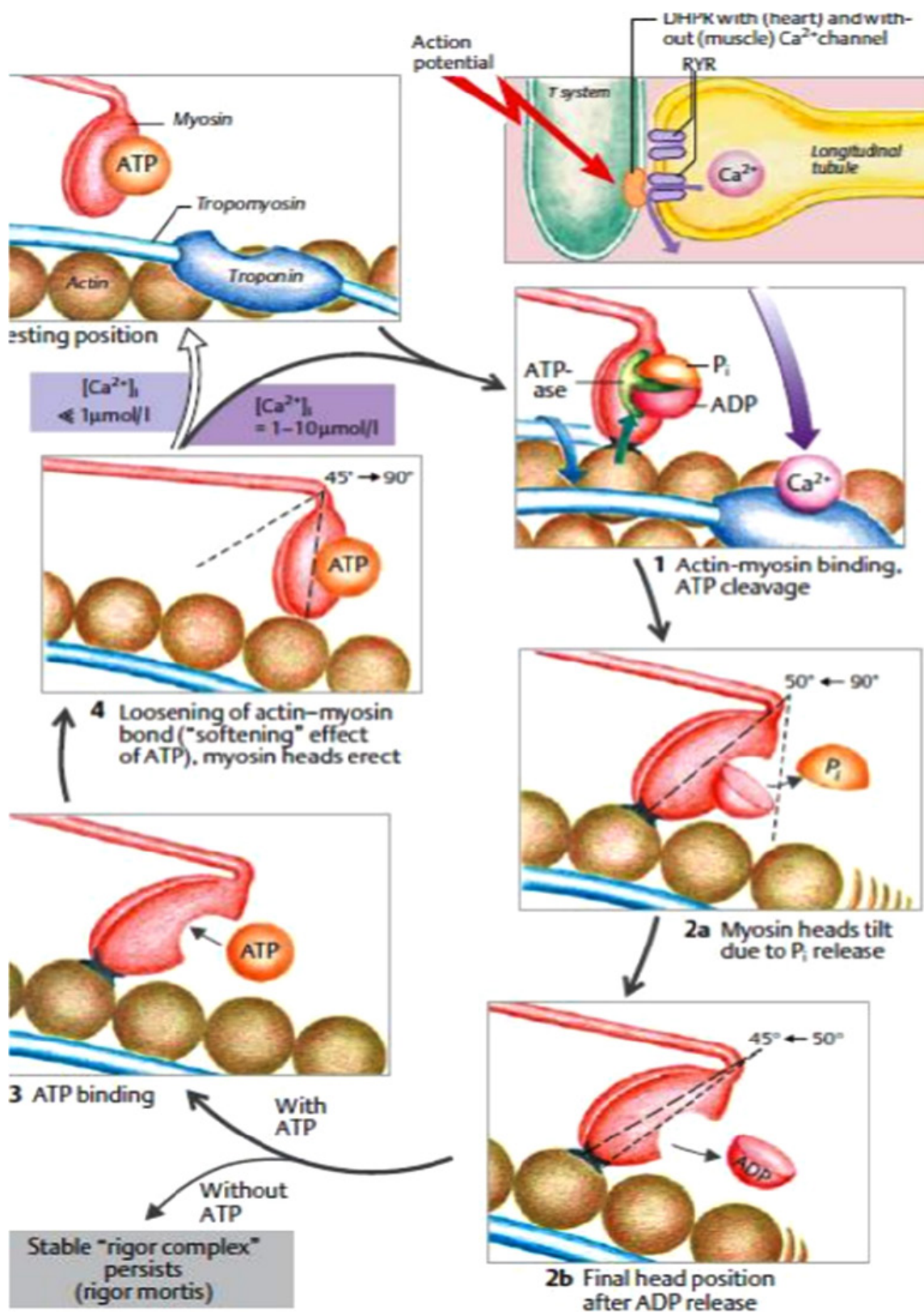
Když svalový stah skončí, ionty vápníku jsou pumpovány zpět do sarkoplazmatického retikula a myosin se uvolní z aktinu. Tím se sval uvolní a vrátí do původního stavu, dokud nedorazí další signál ke stahu.

Shrnutí:

1. Signál z mozku/míchy → uvolnění **acetylcholinu**.
2. Akční potenciál → uvolnění **vápníku** (Ca^{2+}).
3. **Vápenaté kationty** odhalí aktivní místa na **aktinu**.
4. **Myosinové hlavy** se připojí k aktinu a kloužou po něm, čímž sval zkrátí.
5. **ATP** dodává energii pro pohyb myosinu.
6. **Vápenaté kationty** se vrátí zpět → sval se uvolní.

Ve zkratce: **Myosin** funguje jako „motor“, který se pohybuje po „dráze“ tvořené **aktinem**. Když je sval v klidu, připojení myosinu k aktinu je blokováno tropomyosinem. Při svalovém stahu se toto blokování odstraní, a myosin může „klouzat“ po aktinu, což způsobuje kontrakci svalů.





Obr. Mechanismus pohybu myosinu po aktinových vláknech při svalovém stahu

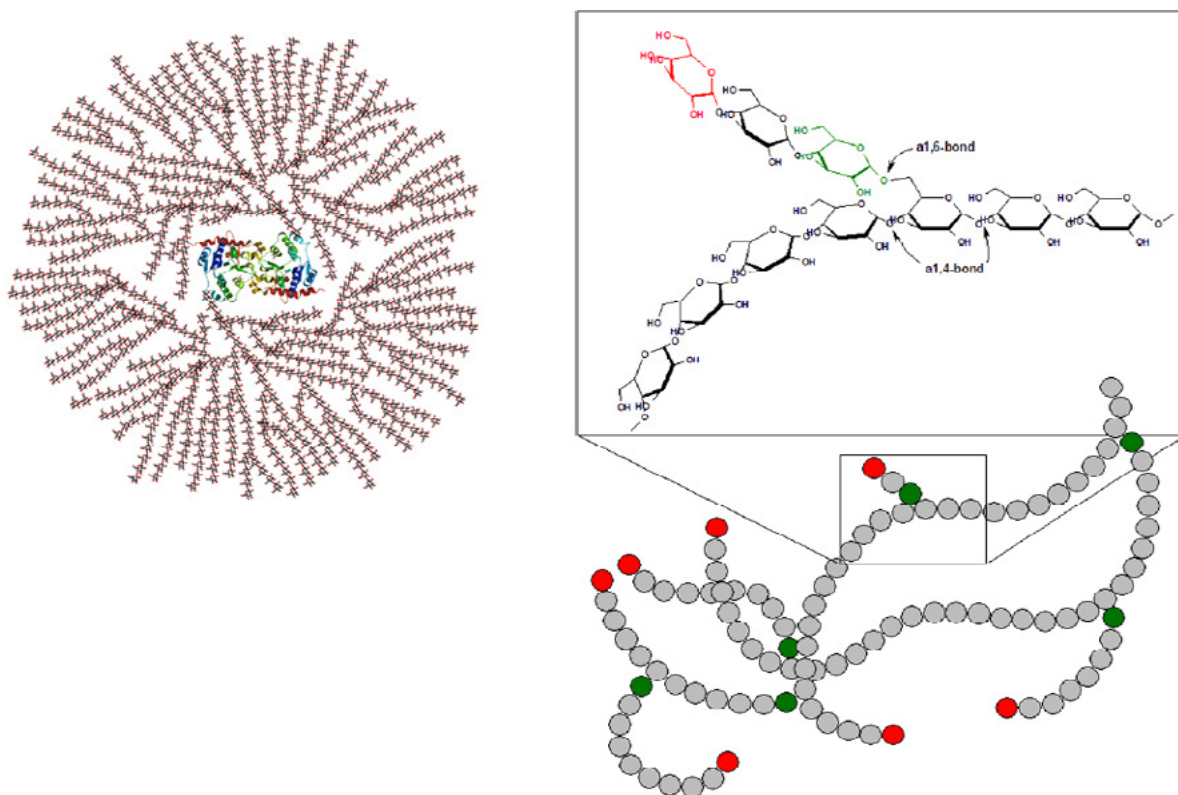
Kolagen

Další bílkovinou vyskytující se v ve šlachách a svazech je **Kolagen, který je obecně je hlavní bílkovina pojivových tkání. Jeho složení je popsáno v kapitole Složení vazivové tkáně, u zpracování kůže.** Zajímavost: Když se kolagen zahřeje ve vlhkém prostředí, vzniká z něj **želatina**, což je látka používaná například při vaření a výrobě sladkostí. Chemicky dojde k tzv. **denaturaci bílkovin**. Kdy popraskají vazby fixující sekundární, terciální a kvartetní strukturu. Želatina je tedy denaturovaný kolagen. (Základ sulců)

1.2.5 GLYKOGEN, POLYSACHARID, DODÁVAJÍCÍ ENERGIE ŽIVOČICHŮM

Glykogen (tzv. živočišný škrob), je polysacharid: vysoce větvený polymer tvořený glukosami (polyglukan). U živočichů se jedná o překlenovací energetickou složku organismy mezi přísuny potravy. Syntetizuje se po přísunu živin do těla a degraduje při hladovění a výdeji energie. Ukládá se v tkáních, zejména v játrech a svazech. Jedná se o pohotový a rychle vyčerpatelný zdroj glukosy.

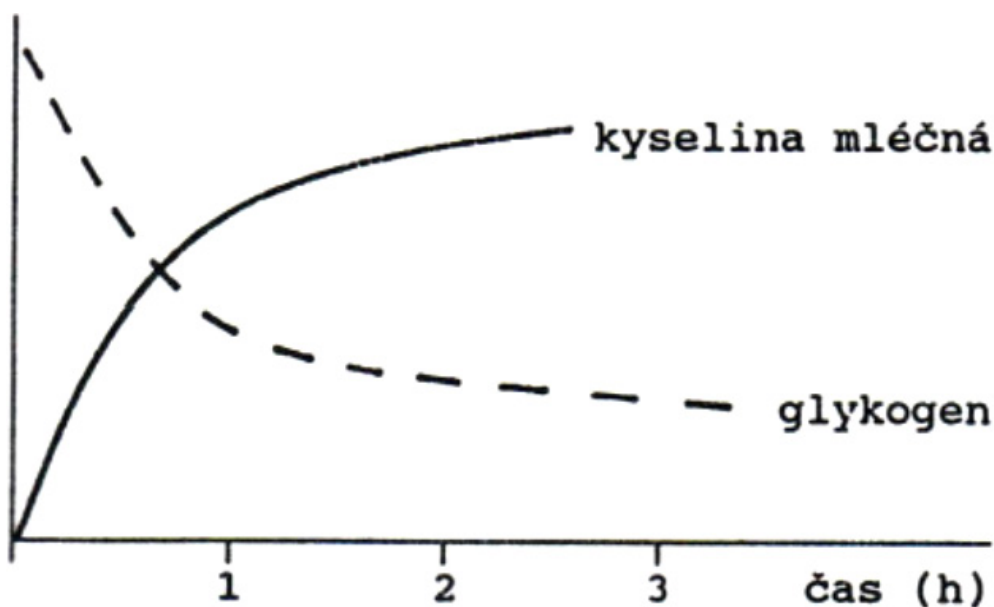
Strukturně je glykogen složen z až 120 000 molekul D-glukosy spojených navzájem $\alpha(1,4)$ -glykosidovou vazbou a po 8-12 jednotkách větvení $\alpha(1,6)$ -glykosidovou vazbou. Zastává podstatnou roli v procesech regulace hladiny glukosy v krvi a udržování energetické homeostasy v těle. Za dostatečného přísunu kyslíku se glykogen u živých zvířat odbourává v na jednotky glukóz, které se glykolýzou odbourávají na pyruvát a dále za vzniku makroergických sloučenin až na acetyl CoA. U zastřelených zvířat ovšem již přísun kyslíku není, a glykogen se v prvních posmrtných fázích odbourává anaerobně na kyselinu mléčnou (alias laktát).



Obr. Glykogen, fixovaný na centrální bílkovině glykogeninu, a detail polyglukanového řetězce

1.3 POSMRTNÉ ZMĚNY V MASE

Zastřelením zvířete se nativní svalová tkáň přeměňuje na maso. Průběh posmrtných (postmortálních) změn ovlivňuje kvalitu masa. Při usmrcení dojde k přerušení přívodu kyslíku, ve svaích začnou převládat **anaerobní procesy** nad aerobními. Při anaerobní glykolýze se z glukózy, původně uložené v glykogenu tvoří kyselina mléčná (laktát) místo kyseliny pyrohroznové (pyruvátu), na kterou se odbourává glukóza glykolýzou u žijícího zvířete..



Obrázek 14: Posmrtné změny v maso

Posmrtné změny mají 4 fáze, které se liší biochemickými ději a následnými změnami pH.

- 1) *prae-rigor* (období teplého masa)
- 2) rigor mortis
- 3) zrání masa
- 4) hluboká autolýza

1. Prae-rigor

Na počátku je dostatečné množství ATP (molekuly energeticky dotující všechny děje v tělech živočichů), bílkoviny aktin a myosin jsou v této fázi udržovány disociované tedy oddělené. Hodnota pH se pohybuje v rozmezí 6,9 – 7,2. Je zastaven přístup kyslíku a glykogen není doplňován resyntézou v játrech, začínají převládat pochody anaerobní glykolýzy. Postupně klesá koncentrace ATP. V této fázi má maso vysokou vaznost vody.

2. Rigor mortis

Snížení ATP po určitý limit, vede ke vzniku aktin-myosinového komplexu (Nelze už udržet aktin a myosin v disociovaném stavu a dojde k jejich spojení). Svalovina se zpevňuje, ztrácí svoji pružnost, stává se tuhou. Nástup rigor mortis závisí na teplotě. Při rychlém dosažení nízkých teplot před nástupem rigor mortis dochází ke zkrácení svalových vláken. Nejdříve tuhnu svaly hlavy (3-6 hodin po porážce). Po ca 20 hodinách nastává kompletní rigor mortis trvající 24-48 hodin. Nástup je závislý na rychlosti spotřeby ATP ve svalovině a rychlosti poklesu pH. Maso vykazuje v této fázi velmi nízkou vaznost vody a vysokou tuhost a nejde zpracovávat.

3. Zrání masa- stadiu u zvěřiny ideální ke zpracování

Dochází k postupnému uvolňování ztuhlosti svalu, zlepšuje se vaznost vody, mírně se zvyšuje pH a zlepšují senzorické vlastnosti, maso je chutnější a voňavější. Dochází k degradaci kyseliny mléčné a disociaci aktin-myosinového komplexu na aktin a myosin. Dále dochází ke štěpení kolagenu. Zvyšuje se rozpustnost bílkovin, narůstá koncentrace degradačních produktů bílkovin – peptidů a aminokyselin. Vytváří se typická chuťnost a aroma zralého masa a maso je křehké. Optimální zrání probíhá při teplotě 0 °C po dobu 10 až 12 dní.

Technologicky se můžeme setkat se suchým a mokřím zráním masa. **Suché zrání** probíhá obvykle 14-21 dní při optimální teplotě v rozmezí 0-1 °C za konstantní vlhkosti 70-80 % a proudění vzduchu.

Mokré zrání probíhá obvykle 7-14 dní při optimální teplotě v rozmezí 0-1 °C, kdy je maso zabaleno do obalu nepropustného pro vlhkost a vzduch za konstantní vlhkosti a proudění vzduchu.

4. Hluboká autolýza

Tato fáze je nežádoucí. Bílkoviny a jejich degradační produkty z fáze zrání se dále odbourávají na nižší peptidy a na aminokyseliny, a dokonce až na konečné rozkladné produkty (amoniak, aminy, sulfan a merkaptany) → nepříjemné smyslové vlastnosti. Tuhy podléhají hydrolytickému a oxidačnímu žluknutí. Pomnožení kontaminujících mikroflóry a následné kažení.

DFD a PSE maso, Abnormální průběh posmrtných změn v mase následkem chybné techniky lovu.

Co se děje s glykogenem v těle zvířete při lovu? Pokud je lovené zvíře vystavené stresu, např. tím, že ihned po odstřelu není usmrceno, se odrazí na kvalitě masa. Stres způsobený výstřelem v období od zranění po smrt vede k akumulaci glykogenu v mezibuněčném prostoru. V době smrti zvířete tvoří zvýšené množství nerozpuštěného glykogenu základ pro tvorbu kyseliny mléčné, která se tvoří u živočichů procesem příbuzným glykolýze, ovšem za nedostatku kyslíku. (vzpomeňte na namožené svaly po námaze, kdy v nich máte větší množství tzv. laktátu, alias kyseliny mléčné) a je-li v mase více kyseliny jeho pH klesá, to způsobí světlejší barvu masa a zvýšenou schopnost zadržovat vodu, která má vliv na následná zrání masa. Pro takové maso existuje termín **PSE maso**“ (z angličtiny „Pale, Soft, Exudative“), což znamená světlé, měkké a vodnaté maso, které vzniká z krátkodobého stresu zvířete a rychlého poklesu pH.

Někdy při odlovu nastane opačná situace, kdy zvíře mělo již vyčerpanou rychlou zásobu glykogenu a nedojde tedy k poklesu pH ani přirozenou posmrtnou hodnotu a pH bude spíše vyšší, výsledkem je poté maso velmi tmavé barvy, tuhé a suché konzistence. **DFD maso**“ (z angličtiny „Dark, Firm, Dry“), což znamená tmavé, tuhé a suché maso, které má horší trvanlivost, protože je náchylné ke kažení.

1.4 HYGIENA ZVĚŘINY

Cílem lovců je zasáhnout lovený kus na komoru bez porušení celistvosti zažívacího traktu. Při zásahu trávicího ústrojí hrozí masivní kontaminace svaloviny mikroorganismy z trávicího traktu. Znečištěné části svaloviny při vyvrhování lze odstranit odřezáním. Ulovený a prvotně ošetřený (vyvržený a čistou vodou vypláchnutý) kus umístit do chladírny. I při -5 °C se bakterie *E. coli* mohou množit.

Dalším zdrojem kontaminace může být půda, kde je zvíře vyvrhováno nebo při pozdním dohledání následný vývrh. Při přepravě musí být přepravní plocha čistá a vydezinfikovaná a dobře větraná. Při nakládce, překládce a vykládce zvěře nesmí dojít ke znečištění, zhoršení organoleptických vlastností a kontaminaci chemickými a jinými látkami. Těla spárkaté zvěře a medvědů musí být přepravována vždy pouze v jedné vrstvě. Do zpracovatelského závodu musí dovezena do 24 hodin od usmrcení. Malá srstnatá pernatá zvěř musí být vždy zavěšena.

Druh zvěřiny	Teplota	Max. doba skladování
Spárkatá zvěř v kůži	-1 °C až + 1 °C	15 dní
	1 °C až + 7 °C	7 dní
Drobná zvěř	-1 °C až + 4 °C	15 dní

1.4.1 MIKROBIÁLNÍ KAŽENÍ MASA

Mikrobiální kažení masa je proces, který se projevuje několika klíčovými znaky, mezi které patří nepříjemný zápach, změny textury a změny vzhledu. Hlavním faktorem ovlivňujícím mikrobiální kažení masa je jeho **vodní aktivita** (*a_w*), která u masa činí přibližně **0,95**. Maso tedy patří mezi potraviny s vysokou vlhkostí (**HMF – High Moisture Foods**). Aktivita vody je ukazatelem množství volné vody, která není vázána na jiné složky potraviny a je tedy dostupná pro růst mikroorganismů a jiných nežádoucích organismů. Z technologického hlediska je vodní aktivita definována jako poměr tlaku vodních par dané potraviny k tlaku

vodních par destilované vody při stejné teplotě.

Minimální hodnota aktivity vody pro

- Bakterie 0,90 - 0,91
- Kvasinky 0,87 - 0,94
- Plísňe 0,70 - 0,80

Procesy mikrobiálního kažení

V průběhu zrání masa dochází k **autolýze**, což je rozklad tkání vlastními enzymy. Tento proces podporuje vznik mikrobiální **proteolýzy**, tedy rozklad bílkovin mikroorganismy, což vede k různým formám kažení masa:

- **Povrchové osliznutí:** Povrch masa je pokrytý slizkým povlakem, který je výsledkem růstu bakterií.
- **Povrchová hniloba a povrchová plíseň:** Na povrchu masa dochází k rozkladu způsobenému hnilobnými bakteriemi nebo růstu plísní.
- **Hluboká hniloba:** Rozklad se šíří hlouběji do tkání masa, což vede k jeho výraznému znehodnocení.

Zvláštní formy kažení masa

Existují také specifické formy kažení masa, které mohou vzniknout za různých okolností:

- **Ložisková hniloba masa:** Vzniká lokálně ve svalovině, často v důsledku špatného ošetření nebo kontaminace masa.
- **Kažení masa od kosti:** Proces hniloby začíná v oblasti u kosti a šíří se do okolní svaloviny.

Příčiny mimořádně rychlého kažení masa

Některé situace vedou k rychlejšímu kažení masa:

- **Pozdní dohledání či dosledování zvěře:** Pokud se ulovené zvíře najde po delší době, zvyšuje se riziko kažení.
- **Nekvalitní ošetření po ulovení:** Špatné ošetření povrchu masa a jeho kontaminace mohou vést k rychlému znehodnocení.
- **Vyčerpání zvěře po chybném zásahu:** Pokud zvíře utrpí chybný zásah a je následně dlouho stresované, dochází k vyššímu riziku mikrobiální kontaminace.
- **Chladírenské pochybení:** Nedostatečné nebo nevhodné chlazení masa může urychlit jeho kažení.
- **Pozdní zpracování a nesprávná hygiena:** Zpoždění při zpracování masa nebo nedodržení hygienických zásad vede ke zvýšenému riziku kontaminace.
- **Nevhodný kulinářský postup:** Nesprávné zpracování masa v kuchyni může způsobit jeho znehodnocení a růst škodlivých mikroorganismů.

Pro zamezení mikrobiálního kažení masa je tedy zásadní jeho správné ošetření, rychlé chlazení a dodržování hygienických postupů při manipulaci a zpracování.

1.4.2 NEJČASTĚJŠÍ VADY USKLADNĚNÍ MASA

Při skladování masa se mohou vyskytnout různé vady způsobené nesprávnými podmínkami chlazení, zpracování nebo okolními teplotami. Mezi nejčastější vady patří:

Zapaření masa

Zapaření vzniká v důsledku **vysoké vnější teploty** a nedostatečného nebo opožděného zchlazení zvěřiny, což vede k nadměrné aktivitě enzymů, které zhoršují kvalitu masa. **Příčina zapaření** spočívá často v opožděném vyvržení zvěřiny nebo v nedostatečně rychlém zchlazení po ulovení. Tento proces se projevuje **měděno-červenou barvou** svaloviny, nepříjemně nasládlým zápachem a tím, že maso je měkké a ochablé. Zapaření negativně ovlivňuje konzistenci a senzorickou kvalitu masa.

Chladový šok

Chladový šok je způsoben **příliš rychlým zchlazením** zvěřiny, což brání proběhnutí požadovaných chemických reakcí, které se odehrávají při nižších teplotách. Tento šok způsobuje **kontrakci svalů** a následné poškození svalových buněk, což vede k tomu, že maso je **nevratně tuhé**. Tento stav snižuje kvalitu masa, které ztrácí svoji šťavnatost a stává se méně křehkým a chuťově méně přitažlivým.

Nežádoucí promrznutí

Nežádoucí promrznutí vzniká, když dochází k vyvržení zvěřiny při venkovních teplotách **pod bodem mrazu**. Tento jev se projevuje zejména poškozením **tenkých částí těla**, jako jsou **žebra, břišní stěna nebo obnažený povrch svaloviny**. Promrznutí těchto částí vede k jejich poškození a následnému zhoršení kvality masa po rozmrazení. Maso je pak náchylnější ke ztrátě šťavnatosti a celkově se zhoršuje jeho textura.

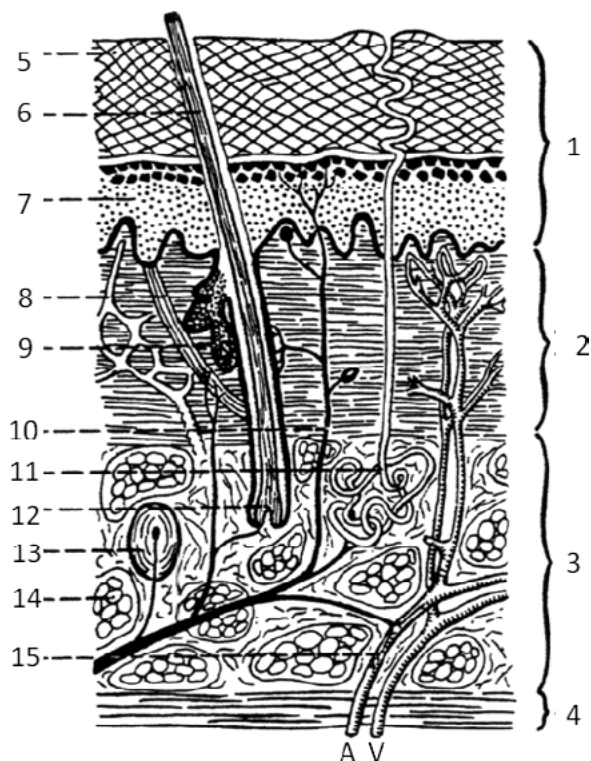
2 ZPRACOVÁNÍ KŮŽE

Pokud necháte neošetřenou kůži volně bez procesních úprav za příznivých klimatických podmínek (teplo a sucho), pravděpodobně vyschne, ale ztratí svou elasticitu a ztvrdne. Za nepříznivých klimatických podmínek začne velmi rychle degradovat, pouštět chlupy, následně hnije a láká okolní konzumenty na hostinu. První pokusem jak ochránit kůži před degradací bylo vmasírování zvířecího tuku. Takto „upravená“ kůže se dala použít jako část oblečení, náhodně mohlo dojít k zakouření kůže a jejímu dalšímu „zakonzervování“, ale začneme náš příběh pěkně od začátku. Z dávné historie nemáme téměř žádné nálezy, protože neošetřená kůže rychle degraduje a nedochovala se. Jednou z mála výjimek je mumie z alpského ledovce zvaná Ötzi, datace asi 3300 př. n. l. Mezi dokázané historické procesy zpracování kůží patřilo promazávání kůží tukem, tedy nahrazení vody v materiálu tukem, bylo pravděpodobně první snahou o činění dosud surového materiálu. Kromě tukočinění neboli zámišnictví se používaly i jiné způsoby činění kůží jako je činění kamencem (jirchářství; síran draselno-hlinitý), činění třísly. Třísloviny obsahují plody, listy či kůra nejrůznějších rostlin, např. jisté druhy akátů, dub, granátovník, smrková kůra, dubové listí a duběnky). Pokud je kůže zpracována na useň pomocí zámišnictví, jirchařství nebo třísločinění, odolává lépe vlhkosti a zároveň nevysychá. Výše zmíněné způsoby jsou historické dnes se využívá podobný chemický princip, ale modernější postupy.

2.1 KŮŽE ULOVENÉ ZVĚŘE:

Kůže je pokryvem těla chránící živočichy před vlivem prostředí, ale podílí se především na látkové výměně. Kůže je u obratlovců tvořena **pokožkou, škárou a podkožním vazivem** (viz Obrázek 15). Kožní původ mají i rohovité útvary: nehty, drápy, rohy, kopyta, chlupy a žlázy (mazové, potní, pachové). Kůže může být spojena s tělem volně, aby nebyla omezena pohyblivost kloubů (loket, kolen, kotníků, ramen) nebo naopak pevně, jak je tomu v případě chodidel.

2.2 STAVBA KŮŽE U ZVÍŘAT



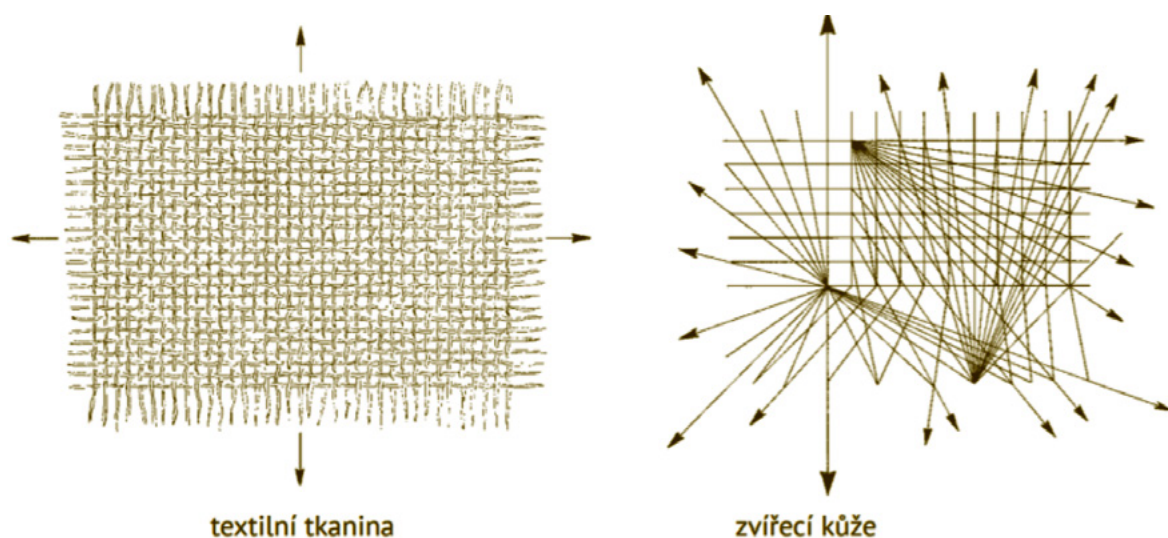
Obrázek 15: Stavba kůže (Dylevský a Ježek, 2012) 1. pokožka (epidermis) 2. škára (korium) 3. podkoží 4. podkožní fascie 5. zrohovatělá vrstva pokožky 6. vlas, chlup 7. germinativní vrstva pokožky 8. svalové snopce napřímovače chlupu 9. mazová žláza 10. kožní receptory 11. potní žláza 12. vlasová cibulka 13. kožní receptor (hmat) 14. tukový lalůček 15. cévní zásobení kůže (A – tepna V – žíla)

Kůže (cutis, derma) je největším plošným orgánem těla, skládající se ze tří vrstev: z povrchové pokožky, škály a podkožního vaziva (Dylevský a Ježek, 2012).

Pokožka (epidermis) se skládá z několika vrstev plochých buněk, které na povrchu odumírají, rohovatí a olupují se. Zrohovatělé buňky, které se odlučují, jsou nahrazovány rychle se dělícími buňkami z hlubších vrstev epidermis. Z hlubších vrstev se doplňují defekty vznikající v kůži drobnými oděrkami a povrchovým zraněním kůže. Buňky pokožky obsahují i bílkovinu, která je těžko rozpustná ve vodě. Kůže je proto pro vodu prakticky nepropustná (Dylevský a Ježek, 2012).

Škára (corium) je vazivovou částí kůže. Skládá se z vazivových buněk a elastických vláken, které se v podkoží kříží. Mezi proplétajícími se vlákny je také množství tukových buněk. Elastická vlákna škály jsou orientována do určitých směrů, odpovídajících převládajícímu směru mechanického zatížení kůže v dané krajině. Elastická vlákna zajišťují pružnost, roztahitost, pevnost a štěpitelnost kůže (Dylevský a Ježek, 2012).

Podkožní vazivo je tvořeno sítí kolagenních a elastických vláken, mezi kterými jsou roztroušeny vazivové buňky. Poměrně řídké podkožní vazivo umožňuje posun kůže. Podkožní vazivo je potenciální tukovou tkání schopnou ukládat v buňkách velké množství tukových kapének (Dylevský a Ježek, 2012).



Pevnost textilní tkaniny a kůže: Vláknem může odolávat tlaku nebo tahu pouze v tom směru, ve kterém narostlo/bylo utkáno, takže pletivo zvířecí kůže, kde vlákna rostla všemi směry, je mnohem odolnější než jednodušší stavba textilní tkaniny.

2.3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ KŮŽE

- **Voda** tvoří **50–70 %** celkového obsahu, přičemž asi 40 % této vody je tzv. voda koloidní, která je pevně vázána na bílkovinná vlákna kůže a není možné ji odstranit mechanickými postupy. Zbývajících 60 % představuje voda kapilární, která je volná a mezi-vláknitá, a lze ji mechanicky odstranit.
- **Bílkoviny** tvoří **33–35 %** a dělí se na globulární a fibrilární. Globulární bílkoviny zahrnují **albumin a globulin**, zatímco mezi fibrilární bílkoviny patří **kolagen, keratin a elastin**.
- **Obsah tuků a vosků** se pohybuje v rozmezí od **0,5 % do 50 %**. Tuky jsou zejména přítomny v podkožním vazivu, což je typické především pro kůži vepřovou. Vosky se nacházejí převážně u kůží skopových.
- **Minerální látky**, nazývané také popeloviny, tvoří přibližně **1 %** obsahu a zahrnují alkalické kovy, kovy alkalických zemin, různé kovy, síru a fosfor.

2.3.1 HLAVNÍ BÍLKOVINY OBSAŽENÉ V KŮŽI

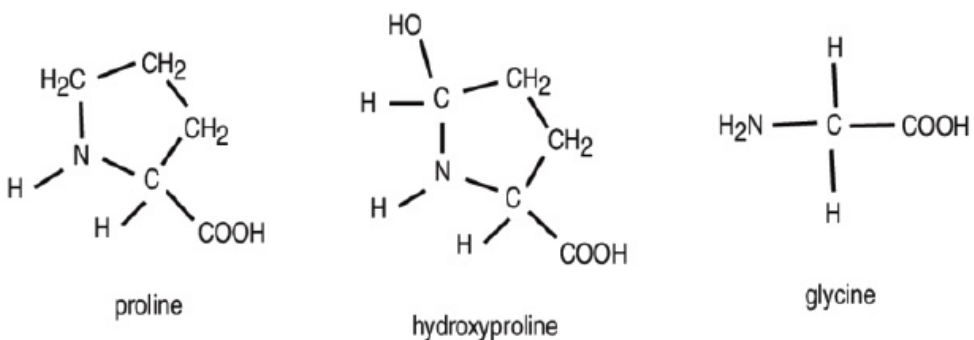
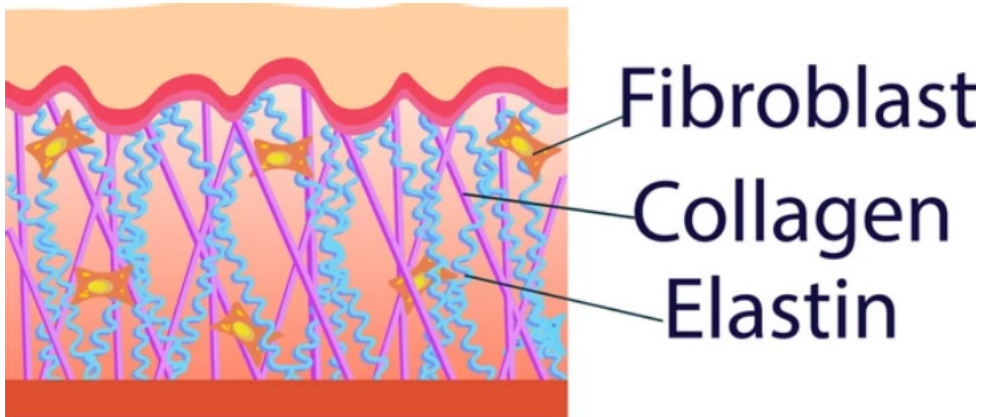
Bílkoviny obsažené v kůži jsou globulární (převážně albumin, globulin) a fibrilární (kolagen, keratin a elastin).

Kolagen

2.3.1.1 CHARAKTERISTIKY KOLAGENU

Kolagen tvoří základní „lešení“ těla savců – je zodpovědný za pevnost a pružnost struktur, jako jsou kosti, chrupavky, šlachy, vazy a další tkáně. Kolagen se také nachází v **cévních stěnách** (podporuje pevnost cév), **bazálních membránách** (část tkání) a **rohovce oka** (zajišťuje průhlednost a pevnost).

Představuje téměř **30 % všech bílkovin v těle savců**, což z něj činí nejrozšířenější bílkovinu v těle zvěře. Existuje mnoho typů kolagenu (asi 27), ale všechny mají podobnou základní funkci – podporovat a posilovat strukturu těla. V kůži se nejvíce nachází typ kolagenu I, který je složený z aminokyselin jako **glycin, prolin, hydroxyprolin a hydroxylysin**. Kolagen patří mezi skleroproteiny, což jsou vláknité bílkoviny, které nejsou rozpustné ve vodě. Kolagen se nachází mimo buňky, je extracelulární bílkovina, což mu umožňuje vytvářet lešení mezi buňkami a strukturu tkání.



Obr: aminokyselinové složení kolagenu: **Glycin:** Malá aminokyselina, která se vyskytuje v nejvyšším množství. **Prolin a hydroxyprolin:** Dávají kolagenu jeho speciální strukturu a pevnost. **Hydroxylysin:** Přispívá k propojení kolagenových vláken, což zvyšuje jejich pevnost.

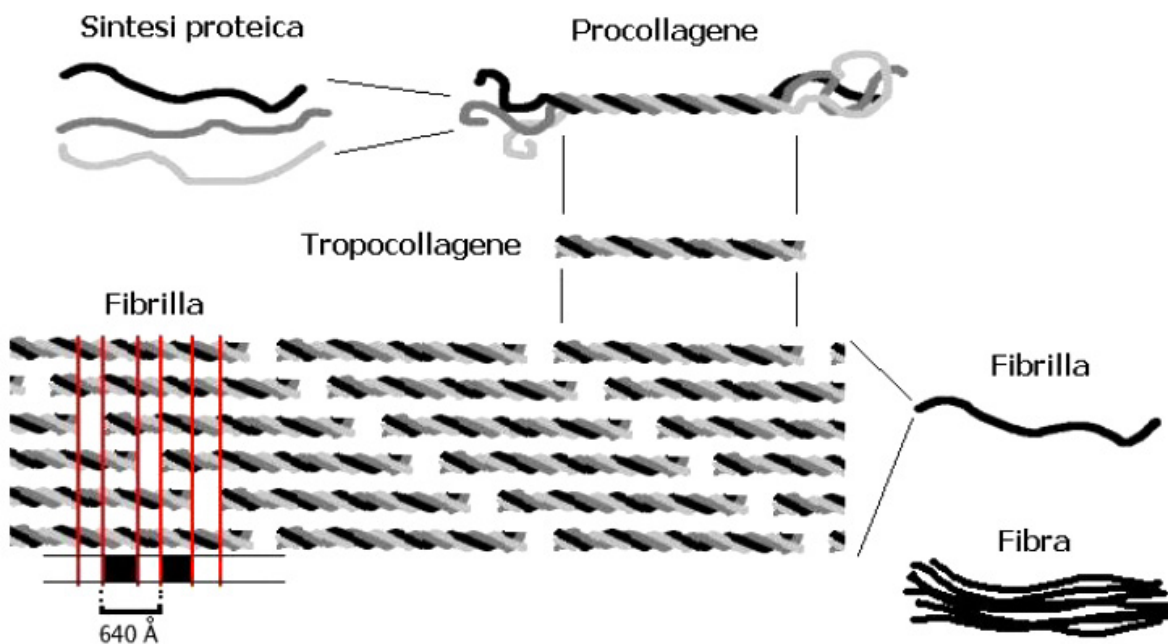
2.3.1.2 STRUKTURA A BIOSYNTÉZA KOLAGENU

Kolagen má uspořádání **kolagenních mikrofibril**. Tyto mikrofibrily mají čtyři úrovně struktury. Nejprve buňky vytváří jednoduchý řetězec aminokyseliny (polypeptid), což je jeho primární struktura. Na začátku tohoto řetězce je část zvaná **prokolagenový peptid**, která pomáhá spojit tři tyto polypeptidy dohromady. Tak vzniká dlouhý levotočivý řetězec ve tvaru spirály, tzv. **α -helix**. Toto uspořádání se nazývá sekundární strukturou.

Následně se **tři α -helixy** spojí do trojitě spirály zvané **tropokolagen**, což je terciární struktura kolagenu. Tato trojitá spirála má délku 290 nanometrů a šířku 1,4 nanometru. Na její stabilitě se podílí aminokyselina glycin, která díky svému malému tvaru umožňuje, aby se tři šroubovice pevně spojily. Celé spojení drží hlavně slabé vodíkové vazby mezi určitými skupinami atomů v těchto řetězcích.

Mikrofibrily mají pravidelné uspořádání a vykazují příčné pruhování, což znamená, že se střídají světlé a tmavé proužky s periodicitou 64 nm. Toto pruhování je způsobeno organizací molekul tropokolagenu v mikrofibrilách – tropokolagen se v nich řadí paralelně, přičemž každá následující řada je posunuta o čtvrtinu délky předchozí řady.

Z mikrofibril, které mají šířku přibližně 75 nm, se tvoří kolagenní fibrily o šířce kolem 0,5 μm . Tyto fibrily se následně spojují do kolagenních vláken, jejichž šířka se pohybuje mezi 1 a 20 μm . Nakonec vznikají svazky těchto vláken, které mohou mít šířku až 150 μm a mohou být viditelné pouhým okem.



Obr. urovně uspořádaání podjednotek v mikrofibrilách kolagenu.

Specifickou vlastností kolagenu, kterou lze vhodně využít při zpracování kůže, je jeho **schopnost bobtnat**. Bobtnání spočívá v přijímání vody, ale také zředěných alkalických roztoků do struktury kolagenu, ty se vážou na karboxylové či aminové skupiny bílkovin a tím od sebe vzdalují jednotlivé helixy tropokolagenu.

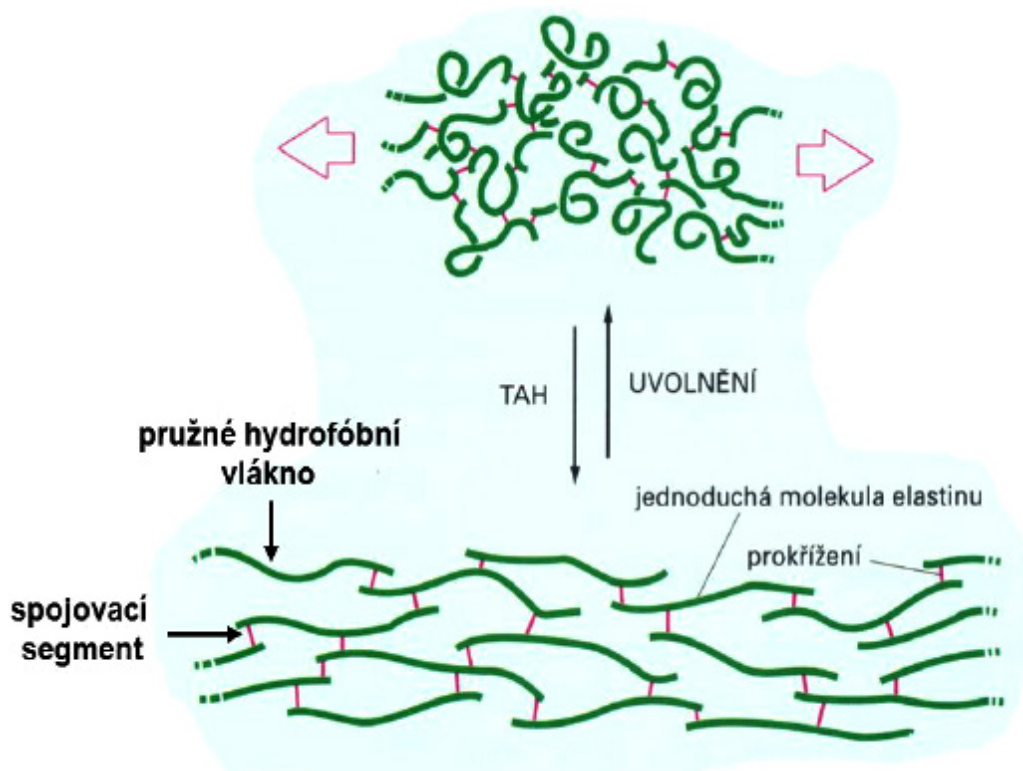
Elastin

2.3.1.3 CHARAKTERISTIKA A SLOŽENÍ ELASTINU

Elastin je další strukturální skleroprotein, jehož úkolem je zajištění roztažnosti kůže, ale také vazů a chrupavek. Molekula bílkoviny elastinu se vyznačuje vysokou roztažitelností a ohebností, což umožňuje její výskyt v pružných tkáních, jako je kůže, stěny cév nebo plíce. Elastin má velmi nízký metabolický obrát, což znamená, že se v těle téměř nemění a jeho zralá forma je velmi stálá. V jeho struktuře převládají nepolární aminokyseliny, jako jsou glycin, alanin a valin. Zajímavým rysem elastinu je také to, že neobsahuje žádné sacharidové jednotky.

Můstky mezi jednotlivými vlákny tvoří speciální aminokyselina isodesmosin, desmosin (na obrázku jako spojovací segment), která dovoluje vznik zesíťované struktury a tím podmiňuje mechanickou odolnost elastinu. Isodesmosin resp. Desmosin vzniká oxidací a následnou cyklizací aminokyselinových postranních řetězců lysinu pomocí enzymu lisyloksidaázy.

K pružnému protažení molekuly elastinu dochází již působením malé síly. Elastin neprotážený má neuspořádanou globulární formu a při jeho protažení dochází k uvolňování tepla.



Obr. Struktura a schéma natažení elastinu

2.3.1.4 VZNIK A DEGRADACE ELASTINU:

Biosyntéza elastinu začíná na ribosomech, kde se tvoří základní stavební blok elastinu nazývaný **tropoelastin**. **Tropoelastin** se poté uvolní do extracelulárního prostoru, kde se začne uspořádat a propojovat tvorbou příčných vazeb díky reakcím. Propojení vláken pevnými **kovalentními vazbami** je díky cyklickému **isodesmosinu (desmosinu)**.

Elastin je velmi odolná bílkovina, kterou většina proteáz nedokáže efektivně rozložit. Významněji na něj působí **elastázy**, které jsou produkovány leukocyty nebo buňkami pankreatu. Působením těchto enzymů dochází ke změnám vlastností elastinu nebo k jeho rozpouštění, čehož se využívá při procesu moření kůže. Tento enzymatický proces vede k odstranění elastinové sítě, což napomáhá odstranění pigmentů a zbytků mezivláknitých bílkovin.

Kolagen versus elastin

Kolagen: krystalický α -helix, vytvářející celou hierarchii struktur od primární > sekundární > terciární > kvartérní

Elastin: amorfni zesíťovaný skleroprotein, nevytváří α -helixy ani β -skládané listy

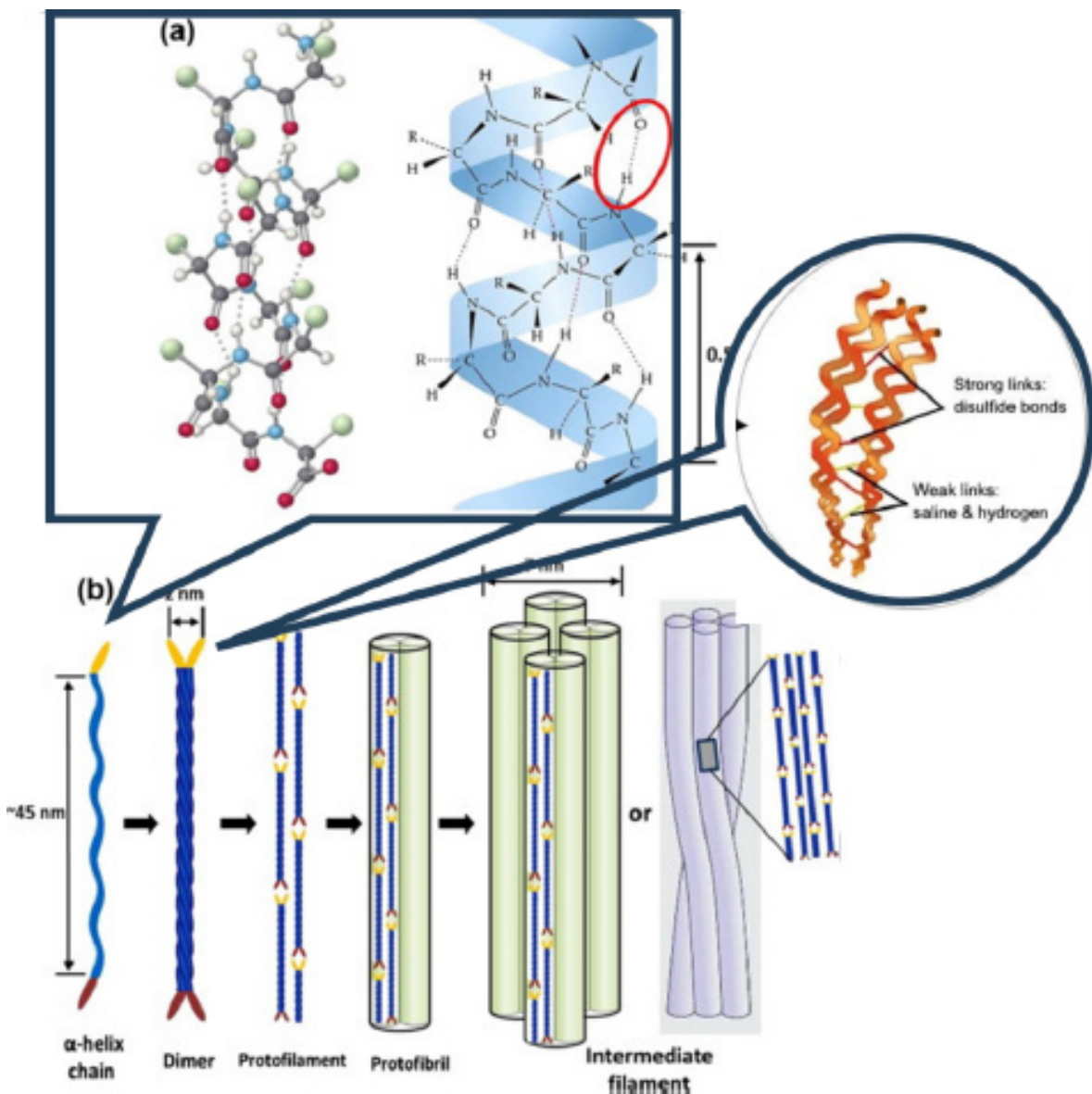
Obrázek 18: Rozdíl mezi kolagenem a elastinem

Keratin

Keratin je strukturní bílkovina alias skleroprotein, která tvoří základní stavební složku kůže, **chlupů, nehtů a rohoviny**. Tento protein je **nerozpuštěný ve vodě**, což mu dodává značnou odolnost vůči působení proteolytických enzymů, ale působením koncentrovaných kyselin či zásad podléhá změnám. Toho se využívá při odstraňování chlupů.

Vysoký obsah aminokyseliny **cysteinu** ve struktuře keratinu umožňuje tvorbu pevných **disulfidických vazeb**, které zajišťují keratinu jeho mechanickou pevnost a stabilitu.

Existují dva hlavní typy keratinů: alfa-keratiny a beta-keratiny. Alfa-keratiny se nacházejí v srsti, vlasech, rozích, nehtech a drápech savců. Beta-keratiny jsou přítomny ve tvrdších strukturách, jako jsou drápy a nehty plazů, krunýře želv, peří a zobáky ptáků, či bodliny dikobrazů.



Obr. Struktura a vazby uvnitř alpha-helixu a mezi helixy u molekul keratinu. Bin Wang, Wen Yang et al. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2015.06.001>.

2.3.2 TUKY A VOSKY 0,5-50 %

Největší množství tuku ve převážně formě triacylglycerolů je nahromaděno v podkožním vazivu u vepřovic, vosků u skopovic. Kůže dále obsahuje jiné třídy tuků jako vosky atp. V pokožce také vzniká lipofilní vitamín D. Dále kůže obsahuje cholesterol, fosfolipidy z buněčných membrán a speciální mazadla jako například lanolin.

2.3.3 MINERÁLNÍ LÁTKY 1 %

Minerální látky neboli popeloviny jsou především kationty Na, K, Ca, Mg, dále organické zbytky jako síra a fosforu.

2.3.4 DALŠÍ ORGANICKÉ MOLEKULY V KŮŽI:

Globulární bílkoviny: Nevláknité globulární bílkoviny plní v kůži různé funkce, například jako enzymy, hormony, bílkoviny krevního séra nebo transportní proteiny.

Glykoproteiny: Tyto bílkoviny obsahují kovalentně vázané oligosacharidy a tvoří důležitou složku extracelulární matrix všech pojivových tkání.

Glykosaminoglykany: Jsou to nevětvené polysacharidy, které obsahují uronovou kyselinu a hexosaminové zbytky vázané přes aminovou skupinu. Příklady zahrnují kyselinu hyaluronovou nebo chondroitin sulfát, které hrají důležitou roli ve struktuře a funkci pojivových tkání.

Pigmenty: především deriváty aminokyseliny tyrosinu jako melanin.

2.4 PROCES ZPRACOVÁNÍ KŮŽE KROK ZA KROKEM

2.4.1 STAHOVÁNÍ A PŘEDPŘÍPRAVA KŮŽE

Nejprve je nutné kůži stáhnout, což spočívá v oddělení kůže od těla zvířete. Proces stahování by měl být zahájen co nejdříve po usmrcení a odkrvení, ideálně tedy za tepla nebo ihned po vychladnutí. Termín „**surová kůže**“ označuje kůži až do okamžiku, kdy je připravena k činění (Myslivost, 2014). Čerstvě stažená kůže je velmi nestabilní surovinou (Vyskočilová et al., 2016).

Existují dva základní způsoby stahování kůže: buď přes hlavu do tzv. pytle, nebo rozříznutím středem břicha a vnitřní stranou nohou. Pro zachování kvality je klíčové kůži stáhnout co nejdříve po usmrcení zvířete, pokud je tělo ještě teplé. Výjimku tvoří zvířata usmrcená jedem (např. lišky), kdy se kůže stahuje až po jejich zchlazení. Důležitou součástí přípravy je sražení krve, přičemž při samotném stahování je snahou neznečistit kůži krví (Šmíd, 2012).

Pro stabilizaci stažené kůže je nezbytné odstranit snadno degradovatelné části, což se provádí mechanickými a chemickými postupy. Tato úprava zvyšuje hydrotermální stabilitu kůže a její odolnost vůči mikrobiální degradaci (Vyskočilová et al., 2016).

Specifickým typem kůže je „**padlice**“, což je kůže z uhynulého obratlovce obsahující sraženou krev. Surová kůže je organický materiál, který snadno podléhá degradaci. Při prvotním opracování kůže dochází k odstranění nepoužitelných částí, jako jsou uši či oháňka, dále k odstraňování zbytků svaloviny z rubu, podkožního tuku a podkožního vaziva. U kožešin se navíc provádí vytírání a pročešávání srsti nebo se čištění a odtučňování provádí tlčením v bubnech.

2.4.2 KONZERVACE KŮŽE:

Hlavním cílem konzervace kůže je zabránit rozkladným procesům, které mohou narušit její strukturu. Rozklad obvykle nastává v částech s nejvyšší metabolickou aktivitou a vysokým obsahem rozpustných bílkovin, jako je krevní plazma v cévách a bílkoviny v kořincích chlupů. Tento proces může způsobit vypadávání chlupů, někdy dokonce i s epidermální vrstvou kůže. Rozklad kůže může být také důsledkem působení latentní kolagenázy, která způsobuje hlubokou destrukci kolagenních vláken.

Způsoby konzervace:

Existuje několik způsobů konzervace kůže, mezi které patří:

- **Sušení:** Suší se při teplotě 30 °C, dokud obsah vody neklesne na 20 %. Během procesu sušení dochází ke koagulaci bílkovin, což přispívá ke stabilizaci struktury kůže.
 - **Solení:** Provádí se použitím pevné soli (chloridu sodného) nebo jejím nasyceným roztokem. Obsah vody v kůži se tímto způsobem snižuje na přibližně 40 %.
 - **Chlazení:** Kůže je zasypana ledem, což zpomaluje rozkladné procesy.
 - **Lyofilizace:** Jedná se o proces vymrazování vody za sníženého tlaku, který kůži stabilizuje a brání degradaci.
- Mezi speciální metody konzervace patří také suchosolení a piklování, které kombinují prvky výše uvedených způsobů.

2.4.3 NÁMOK

Cílem procesu námoku je rehydratace kožní struktury, zejména kolagenu. Tento krok je nezbytný, protože kůže je často dopravována do koželužny po předchozím sušení. Dalšími cíli námoku jsou odstranění konzervačních prostředků, vyčištění kůže od nečistot a extrakce nevláknitých bílkovin, jako jsou albuminy. Námok se provádí namáčením kůže ve vodě o teplotě okolo 20 °C s přidáním povrchově aktivních látek (PAL). Doba trvání námoku závisí na typu konzervace, kterým byla kůže ošetřena.

Námok má dvě fáze: Praní před námokem a vlastní námok: Kůže se nejprve pere, aby se odstranily povrchové nečistoty. Po praní následuje samotný proces namáčení a rehydratace kůže.

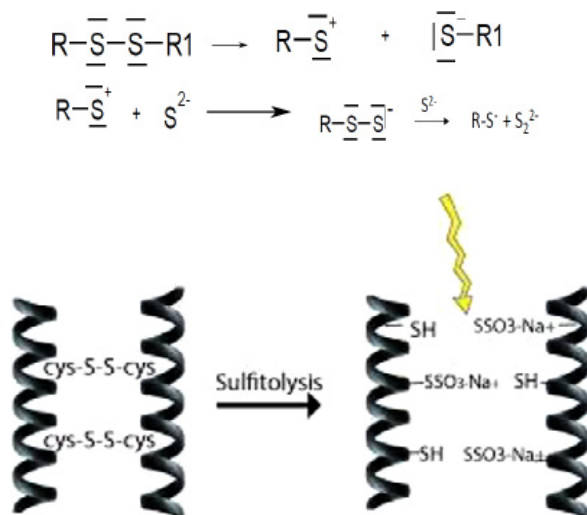
2.4.4 LOUŽENÍ

Primárním cílem loužení je odstranění srsti a epidermis z povrchu kůže. Proces odchlupování je založen na několika přístupech: redukčním či oxidačním rozrušení disulfidických vazeb nebo enzymatickém štěpení peptidových vazeb. Dalším cílem loužení je odstranění části nevláknitých bílkovin, jako jsou globuliny, a zároveň provést chemickou modifikaci kolagenu, což zahrnuje otevření jeho struktury. Loužení také částečně snižuje obsah tuku v kůži.

Během procesu dochází ke **zbožtnání kolagenu**, což usnadňuje následné mechanické operace při zpracování kůže.

Proces loužení spočívá v **namáčení kůže do alkalickosulfidických lázní**, které jsou tvořeny hydroxidem vápenatým ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) a sírou ve formě sulfidů ($\text{Ca}(\text{HS})_2$). Tyto látky způsobují rozrušení srsti a epidermis, usnadňují odchlupování a další úpravy kůže.

V minulosti byly k loužení používány různé přírodní materiály, například lidská moč, popel nebo hašené vápno.



Obr. Rozklad disulfidických vazeb v keratinu

2.4.5 MÍZDŘENÍ

Při mízďření se odstraňuje podkožní vazivo a srovnává se tloušťka kůže. Materiál získaný mízďřením se nazýval klišovka a využíval k výrobě klišu. Výše uvedené postupy přeměnily surovou kůži v tzv. holinu.

2.4.6 MOŘENÍ

Hlavním účelem moření je **odstranění elastinu z holiny pomocí enzymů elastáz**, které rozrušují peptidické vazby v elastinu. Tento enzymatický proces vede k odstranění elastinové sítě a výsledkem je větší měkkost, tažnost a jemnost lícové vrstvy kůže. Moření také odstraňuje pigmenty, pokožku a svalové svazky. Tím vznikají rozpustné peptidy.

Moření se provádí v lázni po odvápňení a využívá různých typů enzymů, mezi které patří:

- Pankreatické enzymy (trávicí, serinové enzymy)
- Bakteriální enzymy (např. z *Bacillus subtilis*)
- Rostlinné enzymy
- Plísňové enzymy (např. z *Streptomyces*)

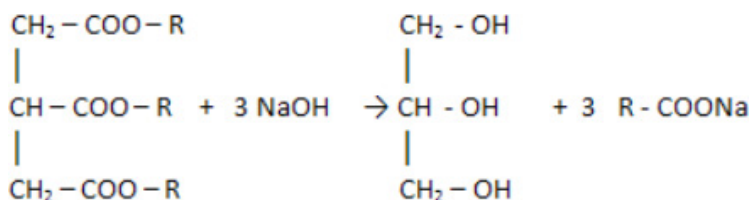
Enzymy, jako je elastáza, štěpí peptidické vazby, přičemž nesmějí štěpit kolagen. Proces probíhá v alkalickém prostředí s pH okolo 8 a při teplotě cca 40 °C. Pro kontrolu účinnosti a aktivity enzymu se používá tzv. kaseinový test jako provozní zkouška.

2.4.7 ODVÁPŇOVÁNÍ, ODTUČNĚNÍ

Odvápňování holiny slouží k úpravě pH kůže na hodnotu vhodnou pro následné technologické operace. Proces odvápňování také zajišťuje odstranění volného i vázaného hydroxidu vápenatého, který byl použit při předchozích krocích zpracování kůže.

K odvápňování se používají různé prostředky, mezi které patří voda, kyseliny, amonné soli a oxid uhličitý. Po chemickém odvápňování následuje praní k odstranění zbytků chemických látek a důkladné vyčištění suroviny před dalšími kroky zpracování.

Kůže může být také chemicky zbavována tuků, a to například procesem zmýdelnění. Zmýdelnění je chemická reakce, při níž dochází k přeměně tuků na mýdla a glycerol, čímž se tuky z kůže odstraní. Tento proces je důležitý pro přípravu kůže na další zpracování, protože odstranění tuků zlepšuje kvalitu výsledného produktu a zvyšuje jeho absorpční schopnosti.



Obr. Zmýdelnění tuků

2.4.8 PIKLOVÁNÍ

Piklování je proces, který připravuje kolagenovou strukturu kůže na příjem činicích látek **snížením pH holiny**. Dochází k izolaci a **stabilizaci kolagenových vláken**, čímž se ovlivňují vlastnosti usně, jako jsou měkkost, pružnost, tažnost a prodyšnost. Kůže je při piklování vystavena **směsi kyseliny a soli**, což zajišťuje rovnoměrné vázání činicích látek.

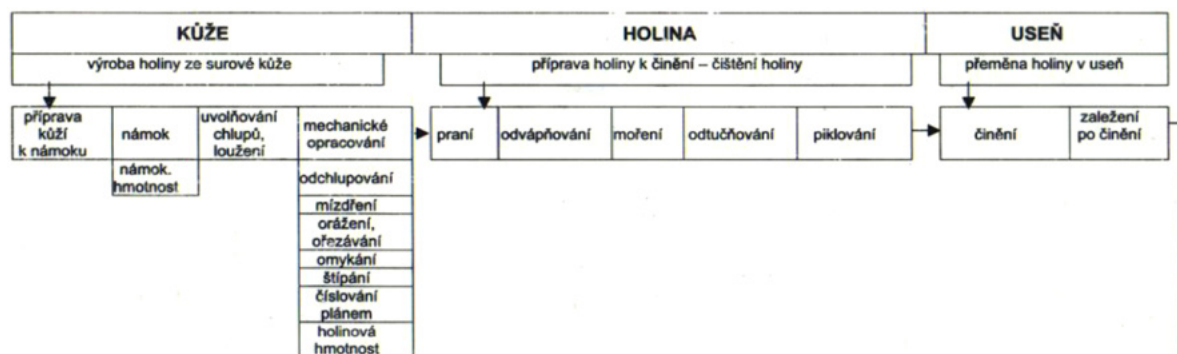
Piklování probíhá ve speciálním roztoku zvaném **pikl (směs kyseliny a neutrální soli)**, obvykle v sudech, kde následně probíhá i činění. Aby kolagenová vlákna v silně kyselém prostředí neobtnala, holina se před přidáním kyseliny nasycuje ochrannou látkou, nejčastěji chloridem sodným. Kyselina (obvykle chlorovodíková, sírová nebo organická) se poté naváže na holinu po zneutralizování alkalických látek.

Příliš mnoho kyseliny nebo nedostatek soli může vést k tvrdému a křehkému líci usně s nízkou pevností a vláčností.

2.4.9 ČINĚNÍ

Je fyzikálně-chemický proces, při kterém se **holina přeměňuje v useň** za přispění činicích látek organického, nebo anorganického původu. Účelem činění je zabránění slepení kolagenových vláken v rohovitou hmotu. Činěním se jednotlivá vlákna udržují ve vzájemně volném a pohyblivém stavu. Useň je při správném ošetřování odolnější vůči vodě, odolává vyšším teplotám, účinkům bakterií a enzymů, působení zředěných kyselin a zásad, zachovává si trvalou pružnost, ohebnost a žádaný omak.

Chemicky jde o **stabilizaci kolagenu vytvořením příčných vazeb mezi jeho funkčními skupinami a činicí látkou**. Tím se dosáhne požadovaných užitkových vlastností usně, které ji odlišují od neupravené kůže. Proces činění zvyšuje odolnost usně vůči mikroorganismům, chemickým a hydrolytickým činidlům a teplotě. Dále zlepšuje mechanické a organoleptické vlastnosti usně po usušení, jako jsou měkkost, tažnost, ohebnost a pevnost.



Činicí látky

Činicí látky musí být schopny srážet kolagen a vytvářet příčné můstky, které stabilizují jeho strukturu. Tyto látky se dělí na anorganické a organické.

Anorganické činicí látky zahrnují **koordinační sloučeniny kovů, jako jsou chrom, hliník, zirkonium nebo železo. Patří sem také iso- a heteropolykyseliny fosforu, křemiku či wolframu.**

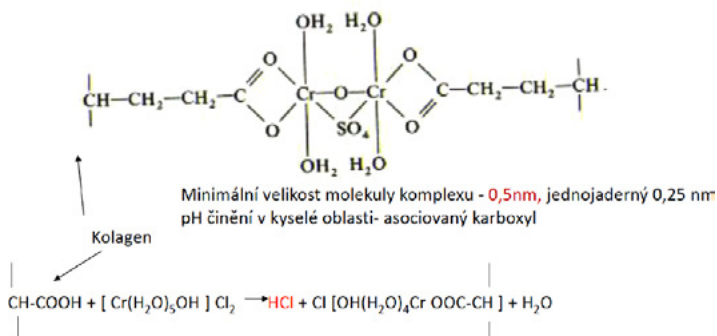
Mezi organické činicí látky se řadí **rostlinné trísloviny, používané při trísločinění, syntetické činicí látky známé jako syntany, dále aldehydy, chinony a sulfochloridy.**

Chromočinění

Počátky využití chromu pro činění kůží spadají do poloviny 19. stol. Při chromočinění se využívá chrom, který má v oxidačním stupni III činicí vlastnosti. U chromočinění je činidlem síran chromitý

Chrom v tomto stupni tvoří komplexní sloučeniny s reaktivními skupinami kolagenu, konkrétně s karboxylovými skupinami vedlejších řetězců kyselin glutamové a asparagové.

Příčná vazba Cr(III) komplexu a kolagenu

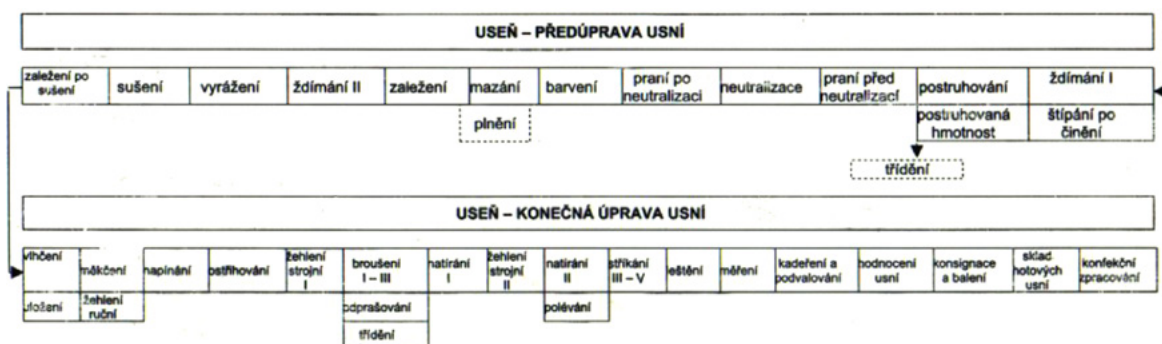


Technologie Chromočinění může být **jednoláznová** nebo **dvouláznová**.

Činění syntany

Syntany jsou syntetické náhrady rostlinných tříslovin. Jde o relativně nízkomolekulární polymery s vyčiňujícími schopnostmi. Dnes se používají fenolové sloučeniny, fenoly a kresoly. Obsahují 3 až 5 aromatických jader a podle obsahu dalších složek se dělí na alifatické syntany, heterocyklické a aromatické syntany. Aby byly syntany schopné reagovat s kolagenem holiny musí se upravovat sulfonací.

2.4.10 KONEČNÉ ÚPRAVY USNÍ



Barvení

Barvení usně slouží ke zlepšení jejích vizuálních vlastností dodáním požadovaného barevného odstínu. Tento proces může zahrnovat podbarvení, což je základní barvení podkladu, nebo probarvení, tedy celkové nasycení barvou.

Používaná barviva mají konjugované systémy dvojných vazeb a obsahují složky jako chromogen, který tvoří základní barevnou jednotku, chromofor, což je funkční skupina ovlivňující barvu, a auxochrom, jenž zvyšuje barvicí schopnosti. Barviva lze rozdělit podle jejich chemické povahy na kyselá, přímá, bazická, mořidlová a oxidační. Dále je lze klasifikovat podle jejich struktury, a to **na azobarviva, antrachinonová, arylmetanová, chinoniminová a indigoidní barviva**.

Každý z těchto typů barviv přináší specifický barevný odstín a má různé vlastnosti, které ovlivňují konečný vzhled a kvalitu obarvené usně.

Mazání

Mazání patří mezi nejdůležitější koželužské procesy, jelikož dodává usni její charakteristické vlastnosti, které jsou klíčové pro konečnou úpravu, další zpracování v druhovýrobě i pro samotné použití daného produktu.

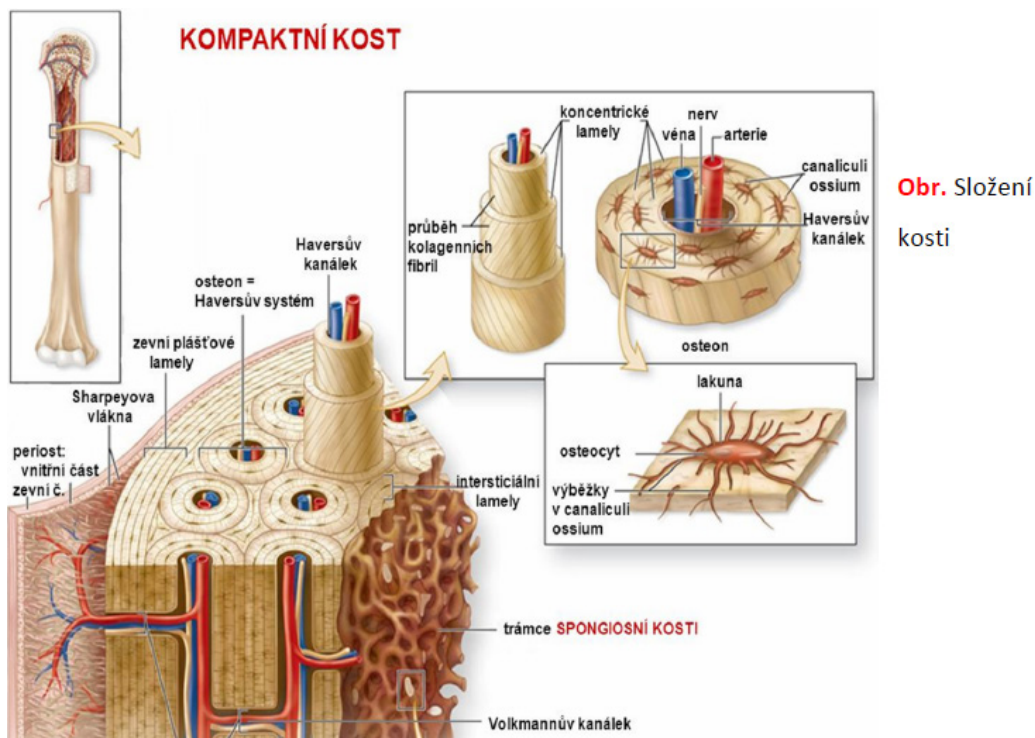
Proces **likrování usní** zahrnuje emulgování tukové emulze ve vodě, čímž vzniká tzv. koželužská mazadla, která zlepšují pružnost, vláčnost a další mechanické vlastnosti usně

3 VYBRANÉ KAPITOLY Z TAXIDERMIE

3.1 SLOŽENÍ KOSTÍ

Kosti se skládají z

1. Organická matrix (~25 %)
2. Anorganická matrix (~65 %)
3. Voda (~10 %)



Obr. Složení
kosti

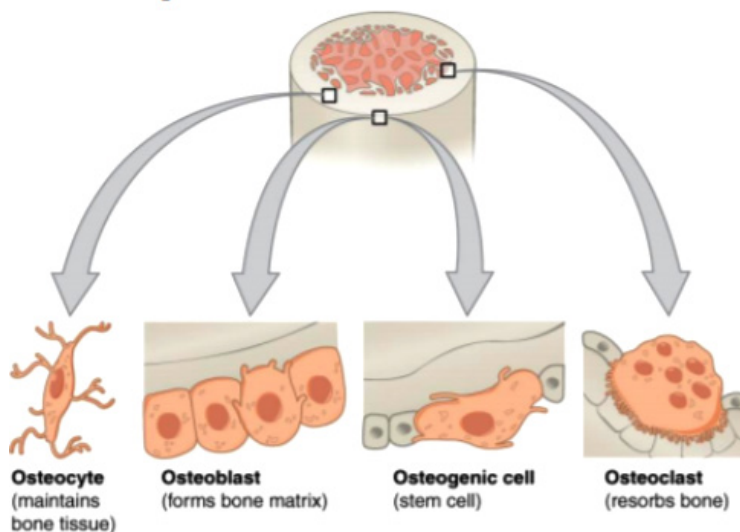
Obr. Složení kosti

Kostní tkáň se dále dělí na dva typy: **vláknitou (primární) a lamelární (sekundární)**. **Vláknitá kostní tkáň**, často označovaná jako nespecializovaná nebo hrubovláknitá, je přítomna zejména v raných stádiích tvorby kosti, jako při růstu nebo hojení zlomenin. Tato forma kosti je méně organizovaná a postupem času se přeměňuje na lamelární kostní tkáň. **Lamelární tkáň** je charakteristická svou vysoce organizovanou strukturou tvořenou vrstvami (lamelami), které jsou uspořádány tak, aby zajišťovaly pevnost, stabilitu a odolnost kosterního systému proti mechanickému zatížení. Tato specializovaná organizace zralé lamelární kosti je klíčová pro její funkční odolnost a pružnost.

3.1.1 KOSTNÍ BUŇKY

Složení kosti zahrnuje **mezibuněčnou hmotu a specializované buňky**, které společně tvoří základní strukturu a funkci kostní tkáně.

Mezi **specializovanými buňkami** kosti nacházíme tři hlavní typy. Prvním z nich jsou osteoblasty, které jsou odpovědné za tvorbu nové kostní tkáně a ukládání minerálních látek, jako jsou vápník a fosfor. Osteoblasty vytvářejí kostní matrix a postupně se v ní zabudovávají, čímž se přeměňují na osteocyty. Osteocyty představují zralou formu kostních buněk; nacházejí se uvnitř kostní matrix, kde udržují kostní metabolismus, regulují výživu kosti a podporují její obnovu. Třetím typem buněk jsou osteoklasty, které mají na starosti odbourávání (resorpci) kostní tkáně. Tento proces remodelace a obnovy je klíčový pro udržení rovnováhy mezi tvorbou a odbouráváním kostní tkáně, což zajišťuje správnou funkci a pevnost kosti.



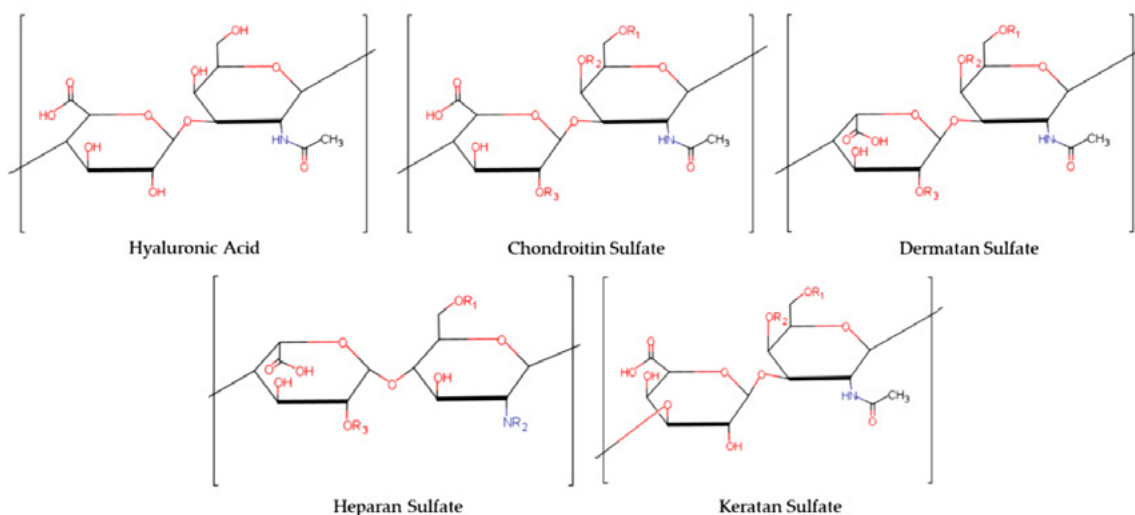
Obr. Kostní buňky

3.1.2 MEZIBUNĚČNÁ HMOTA

Mezibuněčná hmota se skládá ze dvou složek: **amorfní a fibrilární**.

1. Amorfní složka funguje jako základní "cement" kostní tkáně a obsahuje:

- **Proteoglykany:** Obsahují glykosaminoglykany, a chondroitinsulfát a keratansulfát, které přispívají k pružnosti a pevnosti kosti.
- **Strukturální glykoproteiny:** Patří sem osteonektin, sialoprotein a osteokalcin, které mají vazebné schopnosti pro kalciové ionty a přispívají ke správné mineralizaci kosti.
- **Další proteiny v kostech:** Dalšími proteiny přítomnými v kostní tkáni jsou glykosylované proteiny, jako je například alkalická fosfatáza, která hraje významnou roli v procesu mineralizace kosti. Dále jsou to adhezivní glykoproteiny, které umožňují propojení buněk s mezibuněčnou hmotou, což je klíčové pro udržení struktury kostní tkáně. Gama-karboxylované (gla) proteiny, které jsou závislé na přítomnosti vitamínu K, jsou rovněž důležité pro správnou mineralizaci a metabolismus kostí. V kostní matrix se nachází také sérový albumin a $\alpha 2$ -HS-glykoprotein, které se vážou na hydroxyapatit a ovlivňují jeho strukturu a fyzikální vlastnosti, což přispívá k pevnosti a stabilitě kosti.



2. Fibrilární složku tvoří především **kolagen typu I** 9viz. **Kapitola složení masa a kůže**), jehož vlákna tvoří zhruba 95 % organické kostní hmoty. Kolagenová vlákna zajišťují pružnost, pevnost a odolnost kosti proti mechanickému namáhání. A anorganickou složku kostí zastupují zejména ionty **vápníku (kalcia)** a **fosforu (fosfáty)**. Tyto ionty jsou přítomny ve formě krystalů **hydroxyapatitu**, $\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$ resp. $\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_6$, které dodávají kostem tvrdost a pevnost, a přispívají k jejich mineralizaci a mechanické odolnosti.

Dále jsou přítomny **amorfni fosforečnan vápenatý** ($\text{Ca}_9(\text{PO}_4)_6$), který nemá krystalickou strukturu jako hydroxyapatit a představuje méně stabilní formu vápníku.

Dále jsou přítomny disociované ionty: Přítomnost iontů, jako jsou karbonáty (CO_3^{2-}), fosforečnany (HPO_4^{2-}), a hořčík (Mg^{2+}), které ovlivňují mineralizaci a fyzikálně-chemické vlastnosti kostní tkáně.

Iontové složení kostního minerálu (mmol/g suché kostní tkáně bez tuku)

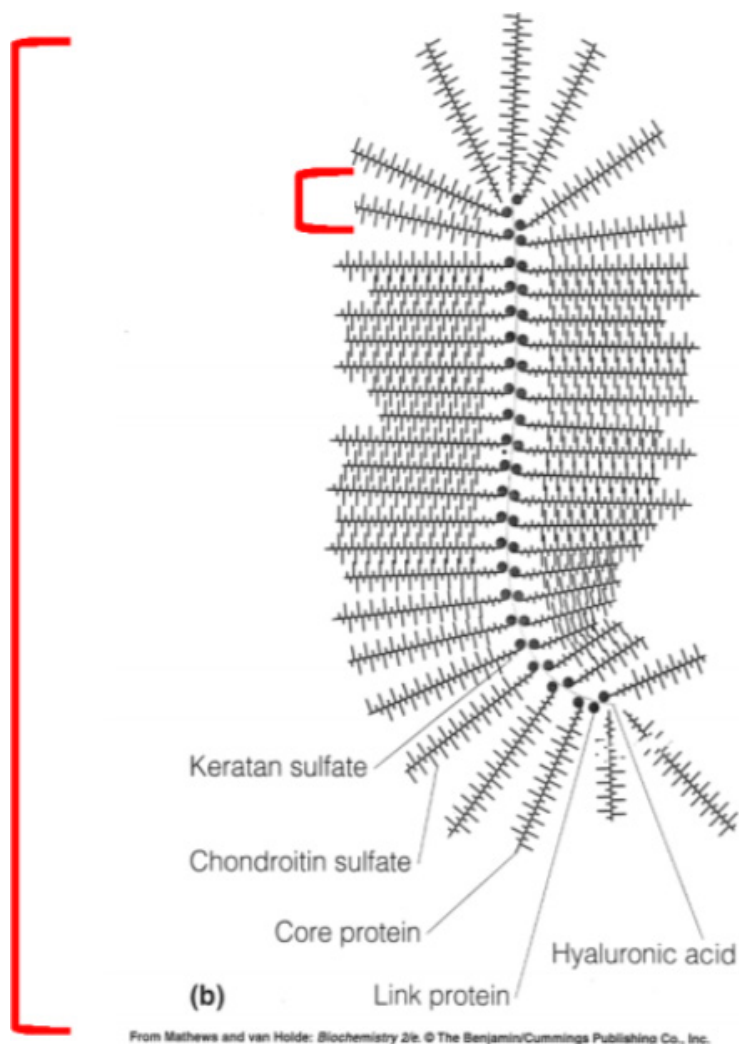
Kationty	množství	Anionty	množství
Ca^{2+}	6.66	PO_4^{3-}	4.02
Mg^{2+}	0.18	CO_3^{2-}	0.79
Na^+	0.32	Citrate^{3-}	0.05
K^+	0.02	Cl^-	0.02

3.1.3 SLOŽENÍ CHRUPAVKY

Chrupavka je tvořena buňkami, tzv. **chondrocyty**, a převažující mezibuněčnou hmotou (matrix), která zajišťuje její mechanické a funkční vlastnosti.

Mezibuněčná hmota chrupavky obsahuje z 60 % vodu a ze 40 % organické látky. Z těchto organických látek je přibližně 60 % tvořeno kolagenem, zatímco zbývajících 40 % představují proteoglykany.

Hydratace chrupavky (obsah vody) hraje klíčovou roli v jejích mechanických vlastnostech, zejména pružnosti. Při mechanickém zatížení chrupavka vykazuje **bifázické chování**, které lze přirovnat k houbě. Voda obsažená v základní hmotě je vázána jen velmi volně, což znamená, že při zatížení chrupavky dochází nejprve k rychlému vytlačení vody, což způsobí změnu tvaru chrupavky (např. její zploštění). Jakmile je většina volné vody vytlačena, začne působit vyšší rigidita vláknité složky mezibuněčné hmoty, která zajišťuje pevnost a pružnost, čímž zabrání další deformaci tvaru chrupavky.



Obr. Schéma proteoglykanového komplexu ve chrupavce a ostatních pojivových tkáních.

3.2 OSTEOLOGICKÉ PREPARÁTY -TROFEJE

Při přípravě osteologického materiálu se můžeme setkat s materiálem obsahující tkáň nebo bez tkáně.

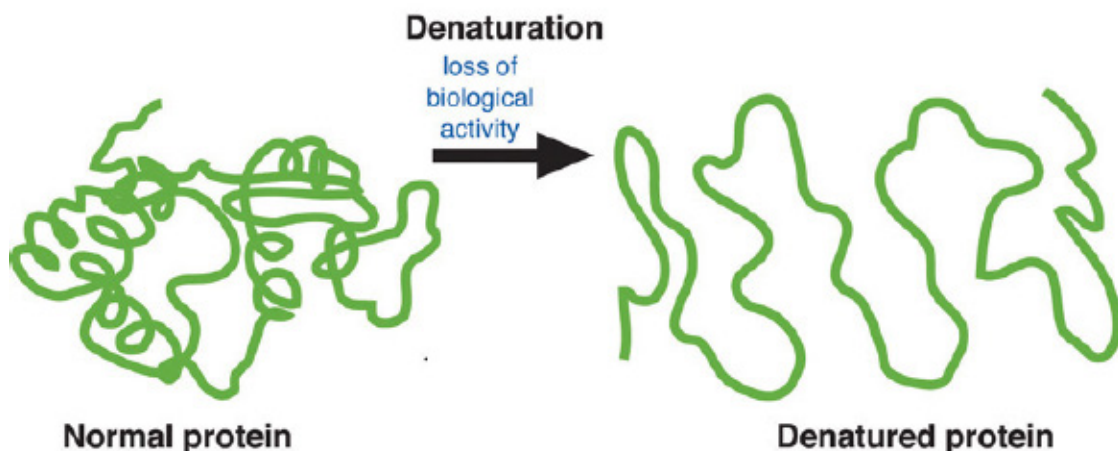
3.2.1 ODSTRANĚNÍ A ROZKLAD BÍLKOVIN Z PREPARÁTŮ

Na základě předchozích kapitol víme, z čeho se skládá maso, pojivové tkáně i kosti. Většina postupů pro přípravu a ošetření osteologických preparátů (trofejí) je založena na reakcích makromolekul, které tyto tkáně tvoří. Při úpravě trofejí je nutné odstranit měkké tkáně a vazivo, přičemž tento proces spočívá zejména na reakcích bílkovin.

V první fázi dochází k denaturaci bílkovin jak z masa, tak z pojivových tkání. Denaturace znamená, že působením přidaných reagentů a zvýšené teploty dochází k narušení vazeb, které fixují sekundární, terciární a kvartérní struktury bílkovin. K rozrušení disulfidických můstků dochází například povařením, působením extrémního pH nebo vysolením. Vodíkové můstky se naruší reakcí s alkoholem, iontové vazby pak změnou pH nebo použitím dalších činidel. Denaturační účinky mají i organická rozpouštědla jako chloroform.

Některé bílkoviny se rozpouštějí ve vodě, či v teplé vodě, jiné až v roztocích solí. Vazivové bílkoviny, označované jako skleroproteiny, jako je kolagen nebo elastin, je nutné odstranit v extrémnějším chemickém prostředí. Podrobnosti o těchto postupech a další informace naleznete například v kapitole o zpracování

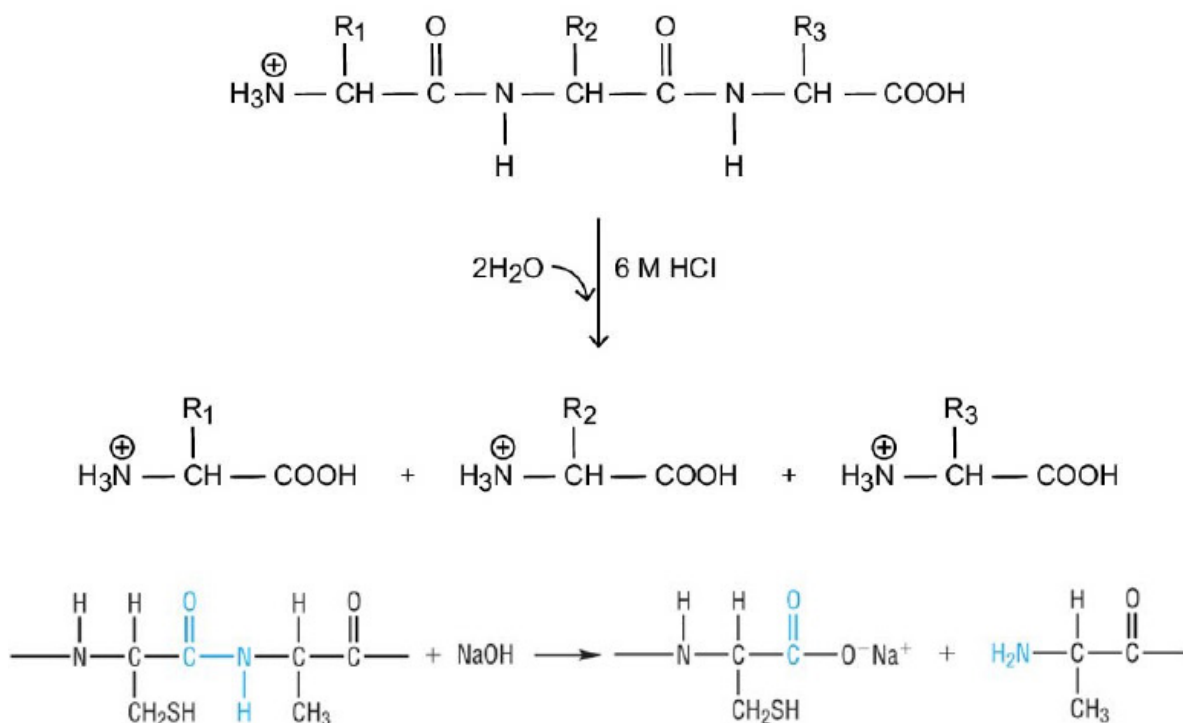
agents: pH, temp, ionic strength, solubility



Obr. Schéma denaturace bílkovin

Abychom se bílkovin zbavili úplně, je nutné hydrolyzovat i jejich primární strukturu, což znamená rozrušit peptidovou vazbu. Peptidová vazba může být rozštěpena působením kyselin, zásad nebo enzymatickou hydrolyzou pomocí proteáz. Různé třídy enzymů mají specifické proteázy; například při zpracování kůží jsme se setkali s elastázami, které hydrolyzují elastin, avšak existuje mnoho dalších proteáz s různou substrátovou specitou.

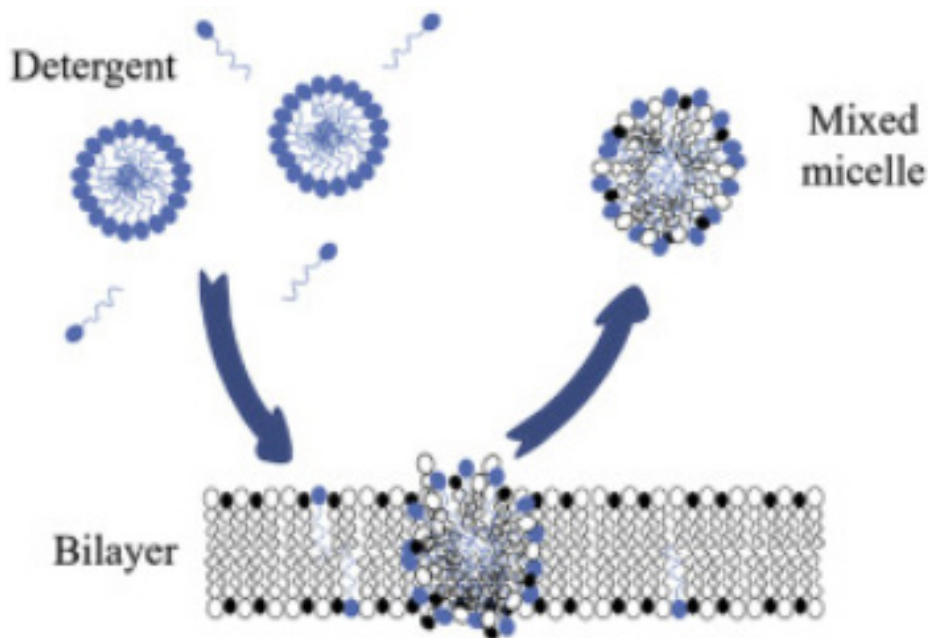
Tímto způsobem dochází k úplnému rozpadu bílkovinných struktur a následnému odstranění zpracovávané tkáně.



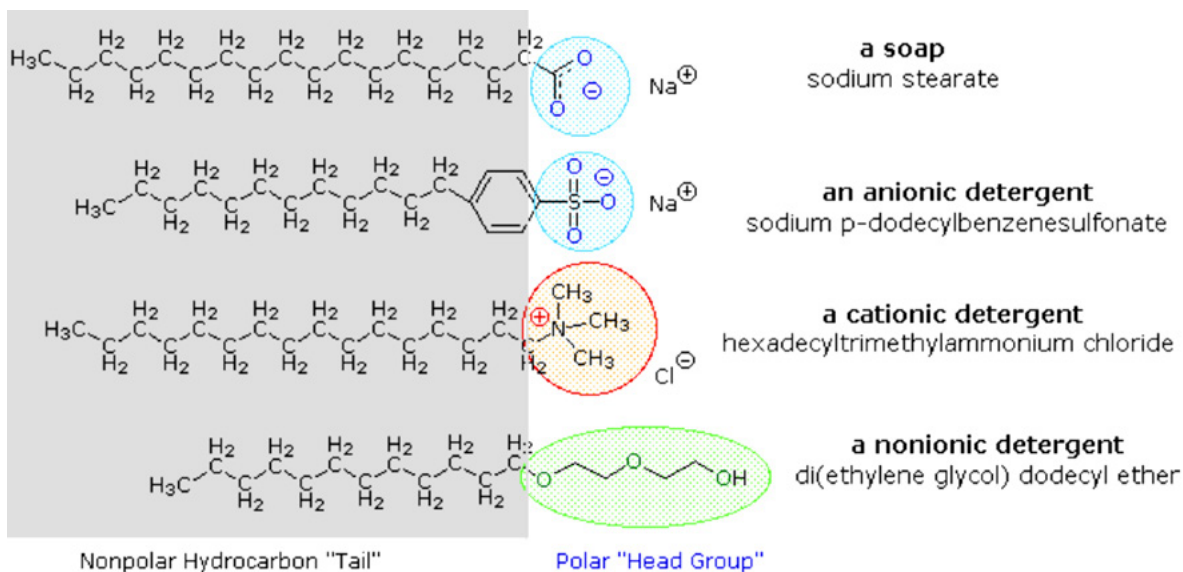
Obr. Kyselé a zásaditá hydrolyza bílkovin.

3.2.2 ODSTRANĚNÍ A ROZKLAD LIPIDŮ Z PREPARÁTŮ

Tuků, neboli lipidů, se lze zbavit několika způsoby. Jedním z nich je podpora jejich rozpustnosti pomocí detergentů, přičemž zvýšená teplota tento proces rovněž usnadňuje. Detergenty snižují povrchové napětí tuků, což umožňuje jejich emulgaci – tedy tvorbu malých micel. Tyto micely jsou stabilní ve vodném prostředí a mohou být snadno vypláchnuty z ošetřovaného preparátu.

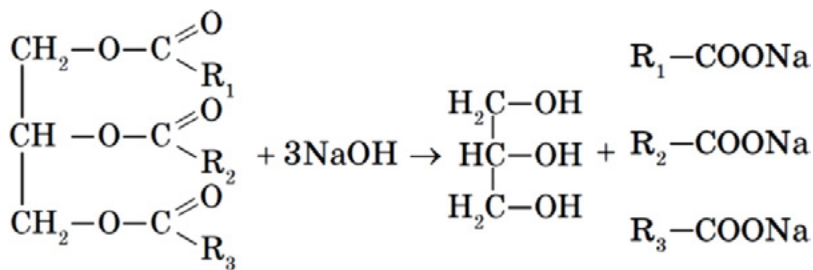


Obr. Tvorba tukových micel ve vodě působením detergentu.



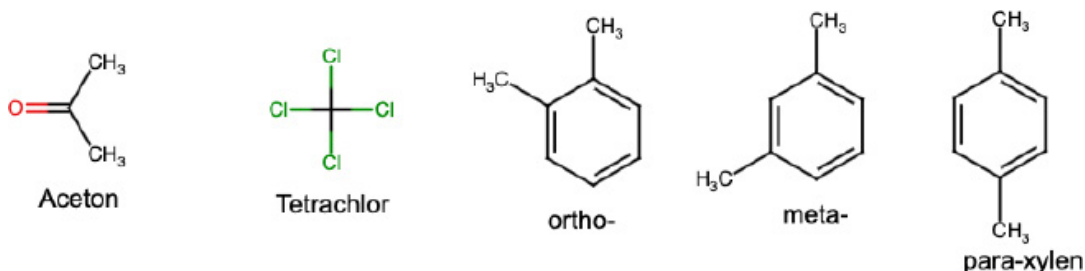
Obr. Detergenty napomáhající při tvorbě micel tuků ve vodném prostředí

Triacylglyceroly reagují s koncentrovaným hydroxidem za vzniku zmýdelnění, při kterém se tuky rozkládají na glycerol a mýdlo (soli mastných kyselin). Oba produkty jsou rozpustné ve vodě, což umožňuje jejich snadné odstranění z preparátů.



Obr. Zmýdelnění triacylglycerolů.

Vzhledem k převážně nepolární povaze tuků je možné je rozpustit také v nepolárních rozpouštědlech, jako jsou aceton, tetrachlor, benzín, petroether nebo xylen. Tato rozpouštědla účinně oddělují tuky od ostatních složek preparátu, což napomáhá jejich odstranění během preparace.



Obr. Odmašťující rozpouštědla

I lipidů se lze zbavit enzymaticky, působením hydroláz hydrolyzujícím esterovou vazbu ve složených tucích, takovými enzymy mohou být lipázy, či esterázy.

3.2.3 ODSTRANĚNÍ PIGMENTŮ A ZBYTKŮ TKÁNÍ OXIDACÍ

Zbytků tkání, lipidů i různých pigmentů se lze zbavit oxidací organických molekul pomocí agresivních oxidačních činidel. Mezi taková činidla patří například peroxid vodíku nebo různá bělidla, která jsou založena na jiných oxidačních látkách. Tato činidla rozkládají organické sloučeniny a umožňují jejich následné odstranění. Oxidace je účinným způsobem pro odstranění barevných pigmentů a zbytků tkání, a proto se často používá při ošetření a bělení trofejí či jiných osteologických preparátů.

H_2O_2 – peroxid vodíku, NaClO – chlornan sodný, alias bleach, Savo

3.2.4 POPISY VYBRANÝCH PRAKTICKÝCH POSTUPŮ PREPARACE TROFEJÍ

Čištění osteologického materiálů s tkání

3.2.4.1.1 Macerace ve studené vodě

- Odstranění tkáně pomocí nože, skalpelů a dentálních instrumentů
- Nemělo by dojít k poškození kostěných částí
- Macerace ve studené vodě (32 °C): tkáně se rozpadnou hnilobným procesem
- Přidání enzymatického čističe BIO-LUX (obsahuje proteázy) nebo amoniaku
- Pokud tkáně odpadávají již samovolně, maceraci ukončíme
- Namáčení v dezinfekčním roztoku: zabití mikroorganismů a bakterií
- Macerace může trvat týdny
- Při maceraci za nízkých teplot může docházet k zmýdelňování

3.2.4.1.2 Macerace v horké vodě (vaření)

- Nutné před začátkem odkrvení kostí (1% roztok NaCl)
- Enzymatický čistič (odmaštění)
- Hodinu vařit a pak udržovat teplotu mezi 75-80 °C po dobu 6-8 hodin
- Neustále odstraňovat nečistoty a mastnou pěnu
- Ukončení macerace, pokud se obnažuje spongiózní kost, prasklá okostice
- Postupné ohlazování studenou vodou, zamezení opětovného nasátí mastnoty kostí (kost zežloutne)
- Dočišťování, sušení při teplotě do 30 °C
- Pozor na převaření – smršťení lebky

3.2.4.1.3 Hydrolýza bílkovin pomocí 1% roztok KOH

- Použití KOH
- Výhodná časová nenáročnost
- 1% roztok KOH pokojové teploty, každý den nový roztok na úplné odkrvení (pokud se roztok už nebarví červeně)
- 1% roztok KOH zahřátý na teplotu 45-55 °C proběhne hydrolýza, odbourání zbytků svaloviny
- Hydrolýza se musí zastavit včas, aby se preparát nerozpadl
- Preparát se dočistí proudem teplé vody a pomocí malého kartáčku
- Studená voda by způsobila ztuhnutí a zrosolovatění šlach
- Následuje sušení

3.2.4.1.4 Brouci

- Brouci rodu *Dermestes*: kožojedi, muzejní brouci
- Efektivnější je použití larev než dospělých jedinců
- Založení „kolonie kožojedů“ potřeba asi 1000 jedinců. U mršin vysbírat pouze dospělé jedince a larvy (3 páry končetin, tmavší barva, zřetelná hlava a výrazné „ochlupení“), vyhýbat se „létajícím larvám“, které jsou beznohé, světlejší a nemají zřetelnou barvu
- Preparát do nádoby s miskou vody (zajištění vlhkosti), ideální teplota 26,7 °C, uzavřít proti úniku hmyzu
- Larvy se živí kreatinem a dalšími bílkovinami, nedokáží osteologický materiál odmastit.



Dočištění osteologického materiálů bez tkáně

- Očištění od bláta různými preparačními nástroji (dřevěné a plastové)
- Vyvarujeme se kovových nástrojů – mohlo by dojít k poškození struktur kosti (zářezy, škrábance)
- Následné očištění teplou vodou
- Roztok vody, smáčedla a změkčovadla (krystalická soda)
- Jemný kartáček, nechat uschnout na vzduchu, zabrání se vzniku prasklin
- Namočení do ethanolové koupele (50 %, 75 % a 95% roztok)

3.2.4.1.5 Bělení preparátů

Běžně se používá H_2O_2 nebo prášek Bělotropix, který navíc i preparát odmastí. Bělení by mělo být prováděno pouze v plastových nádobách. Peroxid vodíku bělí i zuby, proto se doporučuje před bělením preparátu překrýt zuby voskem. Peroxid se ředí na koncentraci 3–4 % a bělení se provádí po dobu 48 hodin

3.2.4.1.6 Odmašťování preparátů

Pokud po bělení zůstává preparát lokálně mastný setřeme acetonem. V extrémních případech mastnoty ponoření na 24 hodin do čistého acetonu. Odmašťovadla: aceton, benzín, tetrachlor nebo xylén.

Konzervace osteologického materiálu

Preventivní

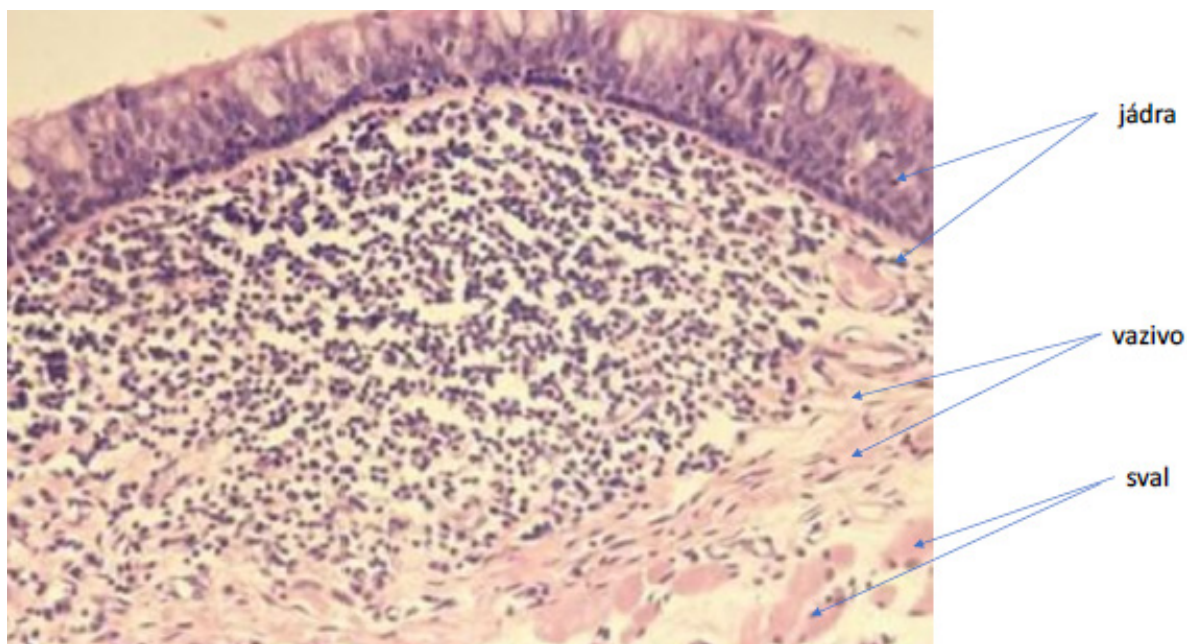
- Optimální relativní vlhkost 55 % (45–60 %), $t=18\text{ °C}$ (bez kolísání)
- Rohovina, kost i slonovina citlivé na světlo – optimum 200 lx
- Ochrana před kyselými polutanty – oxidy síry a dusíku (uvolnění Ca z kostí)
- Vysoká vlhkost – nebezpečí plísní a hub

Sanační

- Ochrana pomocí přímého zásahu
- Zpomalení degradačních procesů

3.3 PŘÍPRAVA HISTOLOGICKÝCH PREPARÁTŮ

Histologie (histos – tkáň a logos – nauka): je vědní disciplínou zabývající se studiem mikroskopické struktury tkání. Rozvoj histologie úzce souvisí s vývojem světelné mikroskopie, fixace, krájení, a především barvení tkání. Živočišné tkáně nelze pozorovat v mikroskopu v nativním stavu, buňky ihned podléhají degradačním procesům a ve světelné mikroskopii bez obarvení jsou „nerozlišitelné“. Nejvyžívanějším histologickým barvením je **barvení H&E** (Obrázek 2;). Aby bylo možné tkáň barvit, musí být zafixována (zachováme tak strukturální vlastnosti pomocí 10% roztoku formaldehydu). Fixovaná tkáň se následně **dehydratuje** pomocí alkoholu. Po dehydrataci následuje vyprání v xylenu a parafínu. Do parafínu je následně celá tkáň do něj zalita. Po zalití nakrájena pomocí mikrotomu a obarvena v hematoxylinu a eosinu (**H&E**).



Obrázek 16: Barvení H&E (jádra modrá až modročerná, cytoplazma růžová, svalovina červená, kolagenní růžová)

Kombinace dvou barviv, bazického hematoxylinu a acidického eosinu barví buněčné elementy dle jejich bazofilní, acidofilní nebo neutrofilní povahy. Po barvení jsou jádra buněk modré, cytoplazma a vazivo růžové, svalstvo a erythrocyty červené barvy.

Hematoxylin je nažloutlý krystalický prášek rozpustný ve vodě. Roztok hematoxylinu barví až poté, co je oxidován na hematein. Oxidaci zprostředkuje oxidační činidlo. Oxidovaný roztok ještě nebarví tkáň dostatečně. Přidáním kamence (mořidla) vzniká barevný lak, ten obarví preparát. Nakonec se sklíčka opláchnou, dehydratují pomocí stoupající koncentrace alkoholu. Připravená skla se zamontují a vznikne trvalý preparát.

3.4 PAROHY A PANTY- SLOŽENÍ, PRINCIP LÉČIVÝCH ÚČINKŮ PANTŮ U JELENÍ ZVĚŘE

Panty jsou měkké rostoucí parohy. Pojem panty je odvozen z čínského „pan-tui“. Orientální medicína využívá panty více jak 2000 let. Jejich špička a střední část se používá jako tonicum v dětské medicíně. Horní a střední část se používá při revmatoidní artritidě a zánětu kostní dřeně a dolní část proti stařecké osteoporóze a ztrátě vápníku v kostech. V 15. století na území dnešního Ruska jsou záznamy o „zlatém paroží“.

Panty jako „lék na vše“: anémii, osteoartritidě, nespavosti, ztrátě paměti, posílení svalstva, hojení povrchových ran stimulace imunitního systému, snížení krevního tlaku, mírnění bolestí, neplodnost, krvácení a impotence.

Do 17. a 18. století se získávaly panty ze zabitých jelenů. Cena pantů se rovnala ceně zlata. V carském Rusku se jeleni chovaly za tímto účelem cíleně. Nejcenější panty jsou z jelenů sika, maralů, wapiti a axis. Na konci 19. století v oblasti Altaje asi 200 jeleních farem. Postupně se rozšiřuje na Nový Zéland, Austrálii, Kanadu, USA, Čínu, Koreu a Tchaj-wan.

Dnes se vyprodukuje v Číně asi 180 tun/rok, na Novém Zélandě 350 tun/rok a v Rusku 90 tun/rok. Tradiční zpracování paroží probíhá několikanásobným ponořením do vařící vody a následným sušením při teplotě 60-70 °C. Při moderním zpracování dochází ke zmrazení a vysušení ve vakuové sušičce.

Léčivý účinek je připisován krvi obsažené v rostoucím paroží. Odřezané parohy se uchovávají ve svislé poloze špičkou dolů. Tence nařezané plátky se zpracují do tablet, kapslí, prášku, tinktury, mastí nebo injekcí ve formě vodných nebo alkoholových roztoků.

V Asii je dosud silná tradice a víra v léčivé účinky nejen pantů, ale i rohů nosorožce, kostí tygra a žluči medvěda. V Evropě převládá skepticismus.

Při konzervaci pantů ve vroucí vodě musí zákonitě docházet k denaturaci bílkovin, peptidů a AMK.

Panty jsou nejrychleji rostoucí tkáň u savců. Denní přírůstek u jelena wapiti může být až 2 cm/den. Růst lýčí, chrupavky, nervů, cév a kostí je řízen komplexním mechanismem. Zahrnuje růstové hormony, steroidy, vitamín D, prostaglandiny, enzymy a jejich přenašeče. Dochází k masivní produkci tuků, polysacharidů, kolagenu, sulfátů a kyselin.

V čelistní chirurgii byly úspěšně použity štěpů. Nejslibnější tkání je rostoucí vrchol zvaný mesenchym. Obsahuje rychle se množící buňky, podobné tkáním embrya. Mesenchym pantů vykazuje charakter kmenových buněk, které se mohou přetvářet do tkání kůže, chrupavky, kostí i krevních cév. V době růstu pantů je tkáň bohatá na minerály, hormony, enzymy a AMK.

Paroží se hodnotí 60 dní po ulovení – standardizace přirozeného vysoušení trofeje. Podobné chemické složení jako paroží je i chemické složení kostí.

- Vlhkost 6-8 %
- 39 % organických látek
- 61 % minerálních látek (Ca, P, Na, Mg, K, Fe, Zn, Mn, Cu, I)

4 CHEMICKÁ KOMUNIKACE MEZI ŽIVÝMI ORGANISMY „CHEMICKÁ EKOLOGIE“

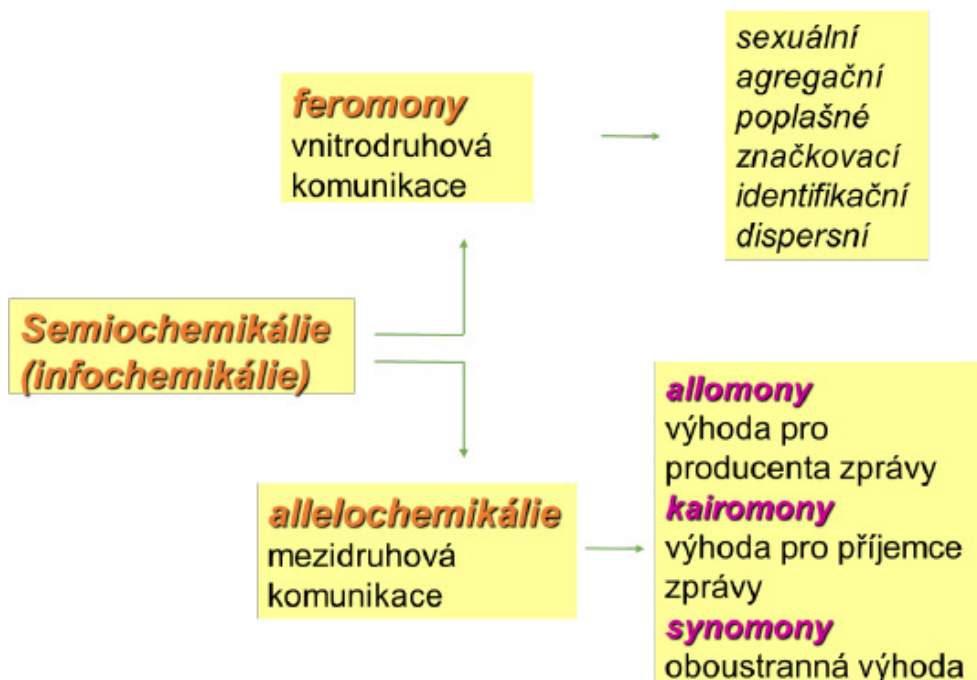
4.1 VYSVĚTLENÍ POJMŮ

Ekologie se zabývá vztahy mezi organismy či skupinami organismů a jejich prostředím. Komunikace je výměna informací (signálů). Chemická ekologie studuje chemicky zprostředkované informace mezi organismy. Práce chemického ekologa vyžaduje velmi dokonalou znalost biologie živočichů (etiologii, cirkadiánní cykly, biologické testy) a znalost chemie (isolace aktivních sloučenin, chemickou analýzu a znalost struktur, syntézu).

Způsoby komunikace zvířat se neomezují pouze na **chemické signály**, ale zahrnují signály:

- **Optické:** pohyby, posunky, mimika, výrazné zbarvené části těla
- **Akustické:** zpěv ptáků, bubnování, stridulace hmyzu, vytí, štěkání
- **Taktilní:** kontaktní signály při páření, péče o tělní pokrýv
- **Elektrické:** rejnoci

Chemické signály (přenášené prostřednictvím **infochemikálií**; **semiochemikálií**) jsou emitovány ze sekretů **exokrinních žláz**. Jejich poselství je rychlé, jednoduché a jednoznačné. Jsou to informace nezbytné pro život.

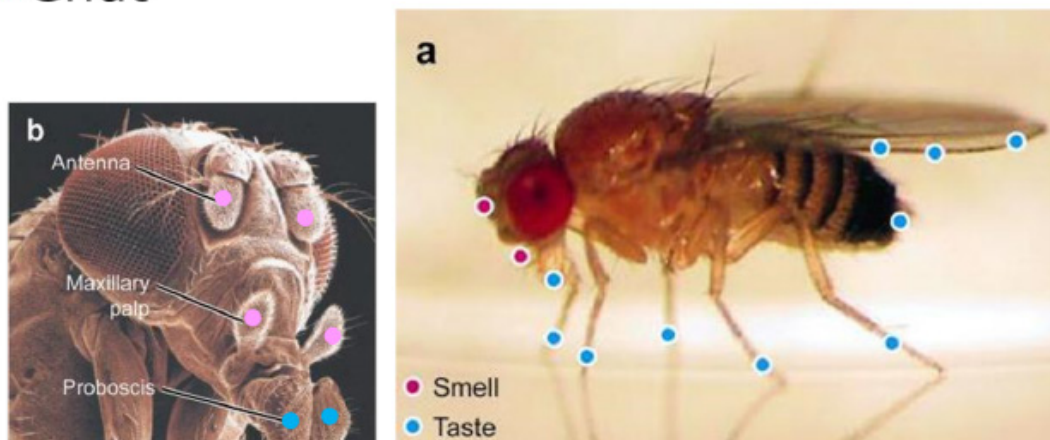


Obr. Klasifikace infochemikálií, alias semiochemikálií

Ke studium chemické ekologie patří i **obránné látky** vylučované organismy za účelem odehnání nebo ublížení nepřátelskému druhu. Považují se za krajní typ chemické komunikace.

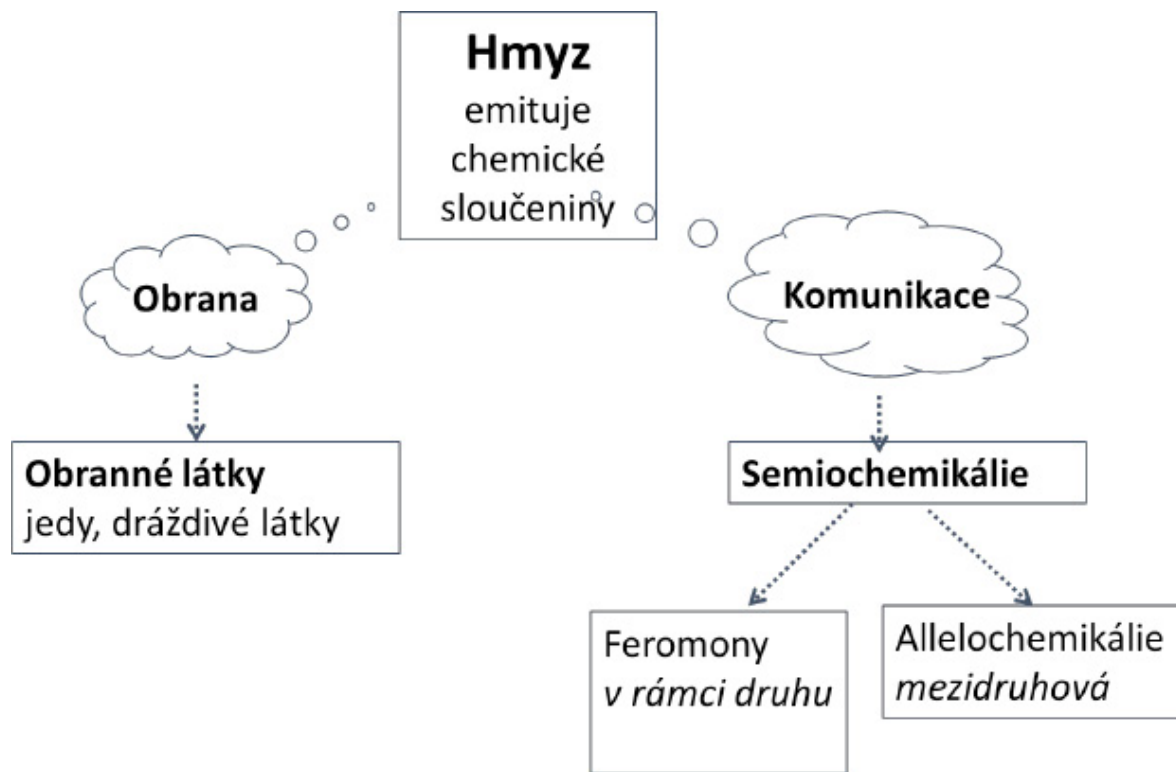
Chemická komunikace je nejstarší typ dorozumívání mezi organismy. Rozlišujeme chemickou komunikaci kontaktní (**chuť**) a chemickou komunikaci na dálku (**čich**). Chuťové podněty vyvolávají látky rozpuštěné ve vodě. Čichové podněty vyvolávají těkavé látky šířící se vzduchem. Mírné genetické, dietní a ekologické rozdíly pravděpodobně způsobují, že kterékoli dva různé organismy neprodukují zcela identickou směs chemických komunikačních sloučenin. Pravděpodobně díky produkci těkavých látek jsou zvířata schopna identifikovat své potomky nebo členy své vlastní skupiny ve velkém seskupení jiných zvířat. Skupiny pachových látek jsou často druhově specifické a indikují sexuální nebo vnitrodruhové informace. Čichové vnímání je důležité pro druhové přežití.

- Čich
- Chuť



Obr. Označení čichových a chuťových senzil u drozofily?

Nejvíce je chemická ekologie zkoumaná u hmyzu, neboť za 1. na zprávy zprostředkované semiochemikáliemi reagují ultimátně, 2. mezi hmyzem je velké množství škůdců, kteří by mohli být pomocí chemické ekologie kontrolováni, nebo monitorováni, 3. hmyz jako biologický pokusný objekt nespadá pod žádnou z ochranných konvencí.



4.2 FEROMONY

Feromon (*pherein* – přenášet a *hormon* – stimulovat) je chemický signál produkovaný jedním organismem za účelem ovlivnění chování jedinců stejného druhu. Termín feromon byl poprvé použit kolem roku 1959 Peterem Karlsonem a Martinem Lüscherem. Feromony jsou vylučovány v celé živočišné říši, jedná se o ektohormony, jež jsou vylučovány do okolí jedincem určitého druhu a jiný jedinec téhož druhu na ně reaguje specifickou změnou chování nebo fyziologickou reakcí. U jednotlivých živočišných druhů je složení feromonu vrozené a je odrazem fylogenetického vývoje. U hmyzu feromony vyvolávají nejen stereotypní behaviorální reakce, ale i změny ve fyziologii (mateří látka u včel inhibuje vývoj ovarií dělnic). U všech živočichů závisí odpověď na feromony na aktuálním fyziologickém a zdravotním stavu jedince. Prvním identifikovaným feromonem byl bombykol, který vylučují samičky bource morušového (*Bombyx mori*), jenž může být samečkem zaznamenán až na vzdálenost 11 km. K získání 6 mg čistého bombykolu (10,12-hexadekadien-1-ol) bylo zapotřebí extrahovat feromonové žlázy 500 000 samic.

Různé funkce feromonů, jako prostředků pro mezidruhovou komunikaci:

4.2.1 SEXUÁLNÍ FEROMONY

Sexuální feromony mají funkci lákání a stimulace kopulačního chování u opačného pohlaví. Jsou to chemické signály, které zajišťují přitažlivost mezi jedinci různých pohlaví, podporují reprodukční chování a zajišťují úspěšné páření.

4.2.2 AGREGAČNÍ FEROMONY

Agregační feromony jsou emitovány za účelem přivábění dalších jedinců téhož druhu. Jejich funkce může zahrnovat:

- **Shlukování před zimováním:** Jedinci se seskupují, aby přečkali nepříznivé podmínky.
- **Sdružování na potravě:** Feromony vedou další jedince ke zdrojům potravy, což usnadňuje její nalezení a využití.
- **Masový atak a prolomení obrany hostitele:** Společná činnost jedinců usnadňuje překonání obranyschopnosti hostitele nebo kořisti.

4.2.3 STOPOVACÍ FEROMONY

Stopovací feromony jsou využívány členy sociálních kolonií (např. mravenci, včely) k označení cest vedoucích k potravě. Díky těmto chemickým značkám mohou ostatní jedinci následovat danou trasu a efektivně tak najít zdroje potravy.

4.2.4 POPLAŠNÉ FEROMONY

Poplašné feromony jsou produkovány sociálním hmyzem v případě ohrožení. Tyto feromony slouží jako varování a vyvolávají obranné reakce v kolonii, jako je útok nebo únik, čímž chrání jedince a kolonii před nebezpečím.

4.2.5 ZNAČKOVACÍ FEROMONY

Značkovací feromony mohou mít dva hlavní účely:

- **Paraziti k označení hostitele:** Parazit pomocí feromonů etiketuje hostitele, aby se zabránilo násobnému obsazení jinými parazity stejného druhu.
- **Ochrana teritoria:** Některé druhy používají feromony k vymezení a ochraně svého teritoria před ostatními jedinci.

4.2.6 IDENTIFIKAČNÍ FEROMONY

Identifikační feromony hrají roli při odlišení jednotlivých kolonií sociálního hmyzu. Každá kolonie má specifickou domovskou vůni, která umožňuje jedincům rozpoznat členy své vlastní kolonie od cizinců.

4.2.7 DISPERSNÍ FEROMONY

Dispersní feromony fungují jako signál k rozptýlení nebo úniku. Mohou být využívány například pro rychlé opuštění oblasti v případě nebezpečí nebo pro rozptýlení jedinců do nových lokalit.

Feromony mohou být syntetizovány *de novo*, nebo jsou získávány z externích zdrojů (např. agregační feromon kůrovců obsahuje komponenty získané z hostitelského stromu a látky produkovány symbiotickými bakteriemi ve střevě) nebo vznikají bakteriální modifikací primární sekrece (u savců). Tento chemický signál může působit s jistým časovým zpožděním, dokáže obcházet bariéry a může být unášen na velké vzdálenosti (pomocí proudu vzduchu, proudu vody). Feromony předávané kontaktem například u mravenců a ovocných mušek, fungují při bezprostřední vzdálenosti. Jedná se o tzv. identifikační signály, které například u mravenců se liší nejen mezi koloniemi, ale i kastami v rámci jedné kolonie.

4.3 ALLELOCHEMIKÁLIE SLOUŽÍ NA ROZDÍL OD FEROMONŮ K MEZIDRUHOVÉ KOMUNIKACI.

4.3.1 ALLOMONY

Allomony jsou chemické látky produkované jedním organismem a poskytující výhodu především jemu samotnému. Slouží k různým účelům, jako je lov, obrana nebo konkurence. Níže jsou uvedeny příklady využití allomonů:

- **Pavouk bolas (*Mastophora cornigera*):** Tento pavouk produkuje směs chemických látek, které napodobují sexuální feromony některých můr. Tímto způsobem láká samce můr, kteří jsou přilákáni „feromonem“, a stávají se tak jeho kořistí. Pavouk tak využívá chemickou mimikry k získávání potravy.
- **Kukla slunéčka (*Epilachna borealis*):** Kukla tohoto hmyzu je pokryta dutými vlásky, ze kterých se vylučuje lepkavá směs alkaloidů. Tato směs funguje jako chemická obrana před predátory, protože alkaloidy jsou toxické a odrazují potenciální konzumenty od požití kukly. Tento mechanismus slouží k ochraně jedince před napadením.

4.3.2 KAIROMONY

Kairomony jsou chemické signály, které poskytují výhodu primárně příjemci zprávy – tedy jinému organismu, který tyto signály detekuje. Příklady kairomonů zahrnují interakce mezi kořistí a predátory nebo hostiteli a parazitoidy:

- **Mšice a poplašný feromon:** Mšice při ohrožení produkuje poplašný feromon známý jako *E-β-farnesen*. Tento feromon slouží jako varování pro ostatní mšice, ale zároveň přiláká predátory, jako je například slunéčko, které mšice loví. Z tohoto chemického signálu tak těží slunéčko jako predátor.
- **Vztah mezi lumčíkem (*Microplitis croceipes*) a housenkou (*Spodoptera exigua*):** Housenka *Spodoptera exigua* produkuje specifické chemické signály, které ji činí „viditelnou“ pro parazitoidy. Tyto signály mohou být tvořeny látkami vylučovanými tělem housenky nebo jejím trusem. Lumčík (*Microplitis croceipes*), což je druh vosy, využívá tyto chemické látky jako vodítko k lokalizaci svého hostitele. Tento mechanismus umožňuje vosám přesně vyhledat a parazitovat housenky v jejich přirozeném prostředí.

4.3.3 SYNOMONY

Synomony jsou chemické signály, které přinášejí výhodu oběma zúčastněným organismům – jak producentovi, tak příjemci signálu. Často se jedná o vztahy typu mutualismus:

- **Vztah mezi rostlinami a opylovači:** Rostlina produkuje nektar, který přitahuje hmyz. Tento hmyz, jako jsou včely nebo motýli, opyluje květy rostliny během sběru nektaru. Tímto způsobem rostlina zajišťuje svou reprodukci prostřednictvím opylení a hmyz získává zdroj potravy v podobě nektaru.

4.4 OBRANNÉ LÁTKY

4.4.1 TOXINY ŽIVOČICHŮ

Toxiny jsou chemické látky produkované některými živočichy, které slouží k obraně nebo k zasažení kořisti. Tyto toxiny mohou být velmi účinné a často mají specifický mechanismus působení:

4.4.2 OBRANNÉ SEKRETY

Obranné sekrety jsou látky vylučované živočichy jako reakce na ohrožení nebo stres. Mohou být aplikovány na tělo nebo vystřikovány směrem k predátorovi či nepříteli a které mohou způsobovat podráždění, bolest nebo jiné negativní reakce u predátorů. Příklady zahrnují: **alkaloidy, kyseliny, zásady, oxidačně redukční činidla, látky vážící se a blokující biomakromolekuly, rozkladné enzymy apod.**

Sliz a jiné sekrety: Některé druhy obratlovců nebo měkkýšů vylučují slizovité látky, které mohou mít obranné vlastnosti (např. ulpívání na predátorovi, znechucení).

Mnohé organismy vyvinuly **komplexní chemické obranné strategie**, které synergicky kombinují různé chemické látky a mechanismy k zajištění efektivní ochrany před širokou škálou hrozeb.

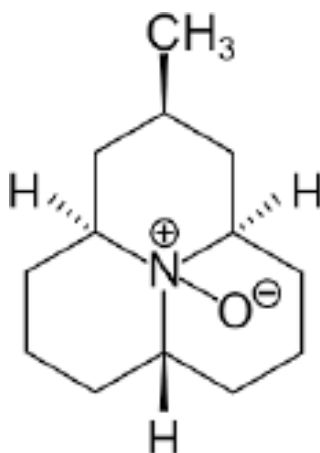
Příklady: Chemická obrana ploštic (Heteroptera)

Většina ploštic se brání pomocí **intenzivně páchnoucích sekretů**, které jsou produkovány specializovanými žlázami. Tento obranný mechanismus slouží k odpuzování predátorů a obsahuje komplexní směs těkavých organických sloučenin. Složení těchto sekretů se může lišit mezi jednotlivými druhy, ale často zahrnuje různé kyseliny, aldehydy, ketony, estery a alkoholy. Složení chemické obrany se u jednotlivých druhů ploštic liší. U druhu **Coreus marginatus** (vroubenka smrdutá) obsahuje sekret směs těkavých organických sloučenin. Mezi hlavní složky patří kyseliny, konkrétně kyselina octová a hexanová. Dále se zde nacházejí aldehydy, jako jsou hex-2E-enal, oct-2E-enal a hexanal. Sekret rovněž obsahuje estery, mezi něž patří hexyl acetát, hexyl butenoát a hexyl hexenoát. Mezi alkoholy zastoupené v této směsi patří hexan-1-ol a oktan-1-ol. Tato pestrá kombinace látek tvoří specifický pachový profil, který efektivně odrazuje potenciální predátory.



Obranné mechanismy slunéček rodu Coccinella

Slunéčka rodu *Coccinella* využívají specifický obranný mechanismus známý jako **reflexní krvácení**. Při podráždění nebo ohrožení vylučují z kloubních spojů svých končetin kapky lymfy, které obsahují obranné látky. Tyto látky jsou silně odpudivé a chrání slunéčka před útokem predátorů. Hlavní aktivní složkou těchto obranných látek je **alkaloid coccinellin**, který je účinný proti mnoha predátorům. Tato látka se biosyntetizuje přímo v organismu slunéčka, což zajišťuje jejich stálou chemickou ochranu. Díky této účinné obraně jsou slunéčka schopná efektivně odradit většinu potenciálních predátorů a zvýšit tak své šance na přežití.



4.5 METODY V CHEMICKÉ EKOLOGII

Semiochemikálie jsou produkovány většinou ve velmi malých množstvích. To samo o sobě činí jejich analýzu a identifikaci nesnadnou. Podobně jako identifikace jiných biologicky aktivních látek i identifikace semiochemikálií zahrnuje nejen vlastní chemickou analýzu, ale také informace o biologické aktivitě izolovaných látek. Nezbytná je úzká spolupráce chemiků a biologů. Klíčovou úlohou chemiků je izolovat, identifikovat a syntetizovat cílové sloučeniny, práce biologů zahrnuje především ověření jejich biologické aktivity. Podstata identifikace semiochemikálií je tak založena na komplexní chemické analýze kombinované s behaviorálními testy srovnávanými biologickou aktivitu identifikovaných sloučenin a jejich směsí s původním zdrojem signálu (emitujícím organismem).

Práce chemicko-ekologického týmu



Obr. Schéma chemicko-ekologického výzkumu

V minulosti vyžadovaly metody izolace a stanovení chemické struktury infochemikálií velké množství výchozího biologického materiálu (viz bombykol). V současnosti moderní analytické metody umožňují analýzy nesrovnatelně menších počtů jedinců (hmyz).

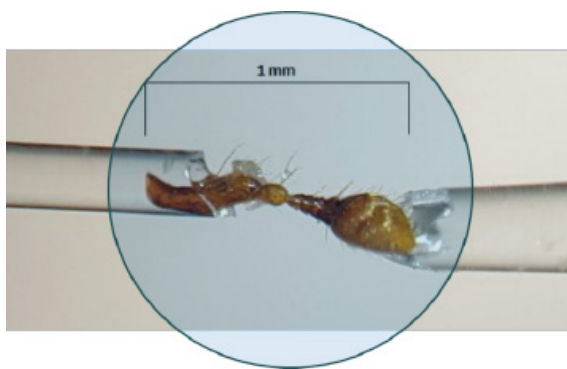
4.5.1 DOSTUPNÉ METODY ZÍSKÁNÍ VZORKŮ U HMYZU

Vzorky feromonů můžeme získat extrakcí feromonových žláz rozpouštědly, mikroextrakcí uvolněných feromonů pevnou fází (SPME), technikou zachycování těkavých látek na adsorbent a následnou elucí rozpouštědlem (tzv. headspace). Vzorky jsou dále zpracovávány plynovou chromatografií, hmotnostní spektrometrií a případně nukleární magnetickou rezonancí.

4.5.2 ELEKTROANTENOGRRAFIE – TECHNIKA, SPECIÁLNĚ VYVINUTÁ PRO CHEMICKOU EKOLOGII

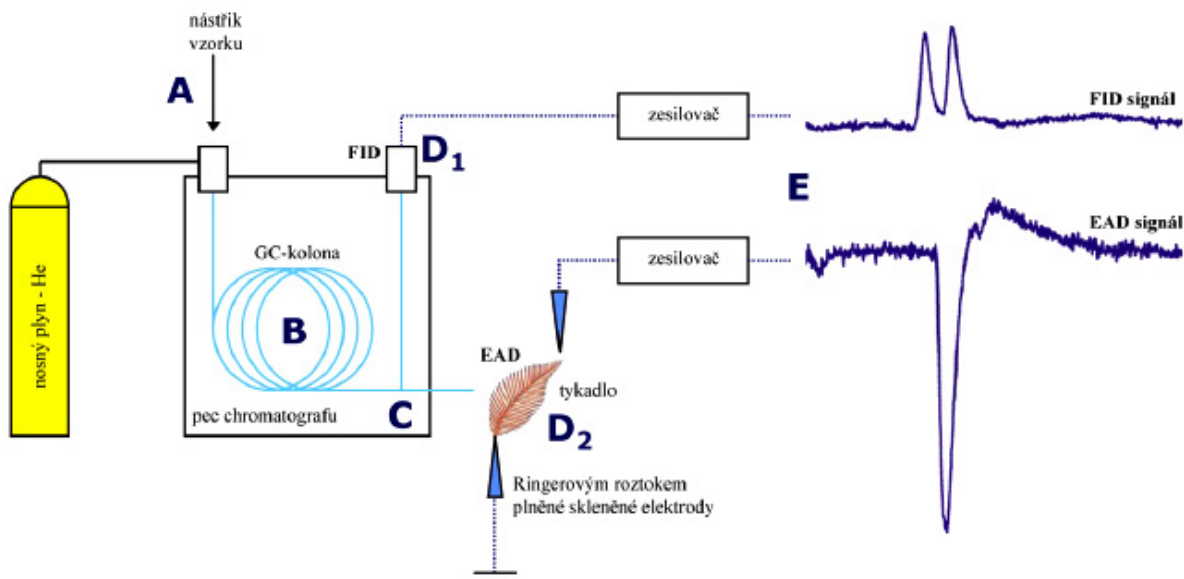
Hmyz cítí tykadly, na tykadlech má většinu čichových senzil a na nich specifické bílkovinné čichové receptory, na které se selektivně váží molekuly semiochemikálií. Pokud se molekuly semiochemikálií úspěšně naváží na receptory, změní se jako při vedení nervového vzruchu na tykadle elektrický potenciál. Na měření této změny po reakci tykadla na konkrétní látku je založena elektroantenografie (EAG). EAG je neurofyzilogická technika vyvinutá přibližně před 60 lety Schneiderem. Tato technika se používá také jako biologický detektor u plynového chromatografu, na kterém se rozdělí komplexní směs vyextrahovaná z přírodního materiálu. a ke studiu čichových mechanismů u bezobratlých, pro strukturální charakterizaci složení sexuálních feromonů a atraktantů a také pro stanovení koncentrací feromonů. EAG představuje souhrn bioelektrických (receptorových) potenciálů, jež vznikají na mnoha antenálních čichových receptorech, které reagují v daném čase na dané podráždění současně. Pro tuto techniku je důležité zmínit několik obecných poznámek:

- jako biologického detektoru se využívá tykadel hmyzu zapojených do snímacího obvodu pomocí elektrod (skleněné kapiláry s mikrohrotem naplněné Ringerovým roztokem, do kterého jsou vsunuty stříbrné drátky spojené se zesilovačem)
- tykadlo v klidu má klidovou aktivitu
- po podráždění vzniká negativní elektrický potenciál trvající po dobu jeho podráždění
- amplituda odráží změnu elektrického potenciálu a kopíruje intenzitu stimulu exponenciálně, krátce po skončení stimulu se potenciál vrací k výchozí hladině
- tykadla obou pohlaví nesou na svém povrchu receptory různých typů a tudíž mohou odpovídat na různé vůně rozdílně



Obr. Tykadlo kůrovce zafixované mezi dvěma elektrodami

Pro analýzu semiochemikálií se používá plynového chromatografu (princip popsán v kapitole X) vybavené FID (plamenově ionizační detektorem) a EAD (Obrázek). U GC-EAD je kolona GC rozdělena „splitterem“, jedno rameno směřuje k plamenově ionizačnímu detektoru a druhé k tykadlu. Obě ramena by měla být vyrobena z deaktivované křemenné kolony o stejné délce a průměru, to umožňuje souběžné sledování FID a EAD odpovědi. Do „splitteru“ je přiváděn pomocný plyn (N₂, tzv. „make-up“), který kompenzuje pokles průtoku v rozdělených ramenech kolony a brání kondenzaci eluátu.



Obrázek 27: Schéma GC-EAD: A nástržník analyzované směsi, B dělení sloučenin na kapilární koloně, C rozdělení proudů z kolony, přičemž jedna polovina putuje k ionizačnímu detektoru (FID) a druhá polovina směřuje na hmyzí anténu, D1 FID dává signál úměrný množství těkavých látek vycházejících z kolony, D2 rameno směřující na tykadlo je vyvedeno mimo pec GC a končí ve směsné komůrce, kam je přiváděn vzduch. Obohacený vzduch o eluované látky směřuje na tykadlo. Při eluci aktivní látky tykadlo změní elektrický potenciál (mV). Signál je veden do PC. Tam jsou signály FID a EAD společně vyhodnoceny a následně zobrazeny. E zesílení elektrických impulsů v čase.

4.5.3 BIOTESTY A METODY PRO TESTOVÁNÍ BIOAKTIVITY LÁTEK

Plánování biotestu a biologická pozorování

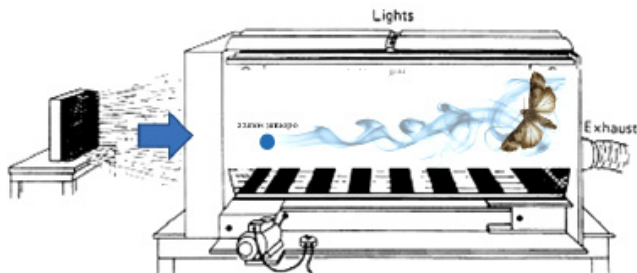
Úspěšné testování bioaktivity látek vyžaduje detailní návrh a plánování biotestu. Klíčové body zahrnují:

- **Jasně definované otázky:** Stanovit cíle a otázky ohledně vlivu látek na zkoumaný organismus.
- **Jednoduché a kontrolované podmínky:** Zajistit jednoduché uspořádání testu a udržovat stabilní environmentální podmínky.
- **Výběr experimentálních jedinců:** Použít dostatek jedinců stejného vývojového stádia k minimalizaci variability.
- **Dostatek opakování:** Pro zajištění spolehlivosti výsledků je důležité provést dostatečný počet opakování.
- **Nezávislé veličiny:** Zajistit, aby nezávislé proměnné byly dobře definované a ovlivňovaly pouze odpověď na testovanou látku.
- **Dokumentace a digitalizace:** Pečlivě zaznamenávat průběh experimentu pro následnou analýzu.
- **Negativní a pozitivní kontroly:** Používat kontroly k ověření správnosti výsledků a eliminaci kontaminací.
- **Statistická analýza:** Správně zvolené statistické metody jsou nezbytné pro vyhodnocení a interpretaci výsledků.

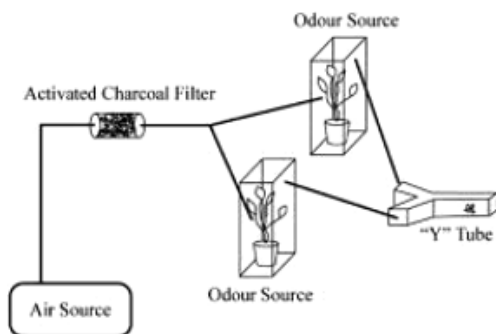
Typy biotestů a bioesejí

1. **Testování těkavých stimulů – olfaktometrie:** Slouží k pozorování reakcí organismů na těkavé látky. Sleduje se pohyb testovaných jedinců vůči různým stimulům (kontrolním, neutrálním, pozitivním, negativním).

Trubicový olfaktometr (průletový větrný tunel): Používá se ke sledování reakcí organismů na chemické stimuly, např. sexuální feromony (aktivace, orientace, hledání zdroje).



Y-tube olfaktometr: Pozoruje reakce organismů na dvě různé chemické dráhy.

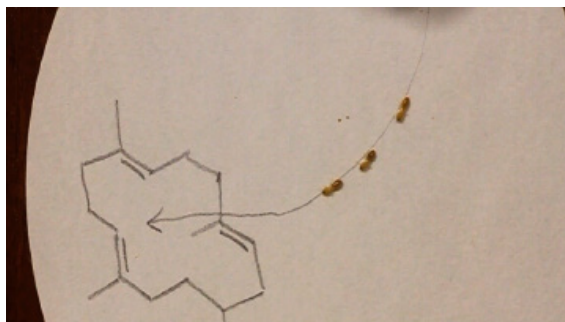


Výběrový olfaktometr pro kůrovce (Walking assay): Pozoruje se chování kůrovce vůči testovaným látkám na základě jeho pohybu.



2. Testy pro stopovací feromony, chodící biotesty:

Vytvoření stopových drah s testovanou látkou a sledování pohybu organismů (např. mravenců) po těchto drahách pro studium preferencí.



V biotestech mohou být využity figuríny:

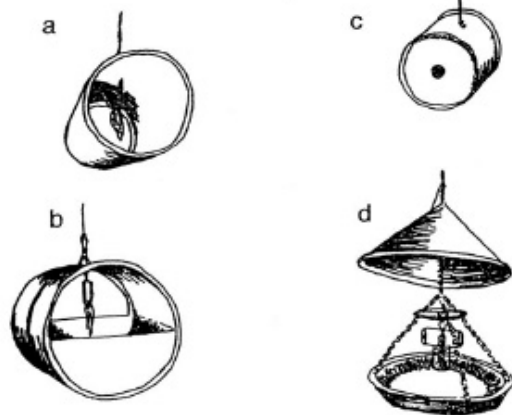
Umělé listy/části rostlin: Simulace pro studium interakcí rostlin s hmyzem, **Konspecifičtí a heterospecifičtí jedinci, Umělé samice:** Simulují partnery pro studium sexuálního chování.

Testování kandidátních semiochemikálií v polních pokusech

Různé designy feromonových odpárníků a různé designy feromonových pastí pro různé druhy hmyzu se využívají k monitorování a kontrole cílových druhů v přirozeném prostředí.



Pheromone traps



4.10 PŘÍKLADY CHEMICKÉ KOMUNIKACE U LESNÍCH ŠKŮDCŮ A U LESNÍ ZVĚŘE NEBO JEJICH PŘÍBUZNÝCH DRUHŮ

4.10.1 LÝKOŽROUT SMRKOVÝ (IPS TYPOGRAPHUS)

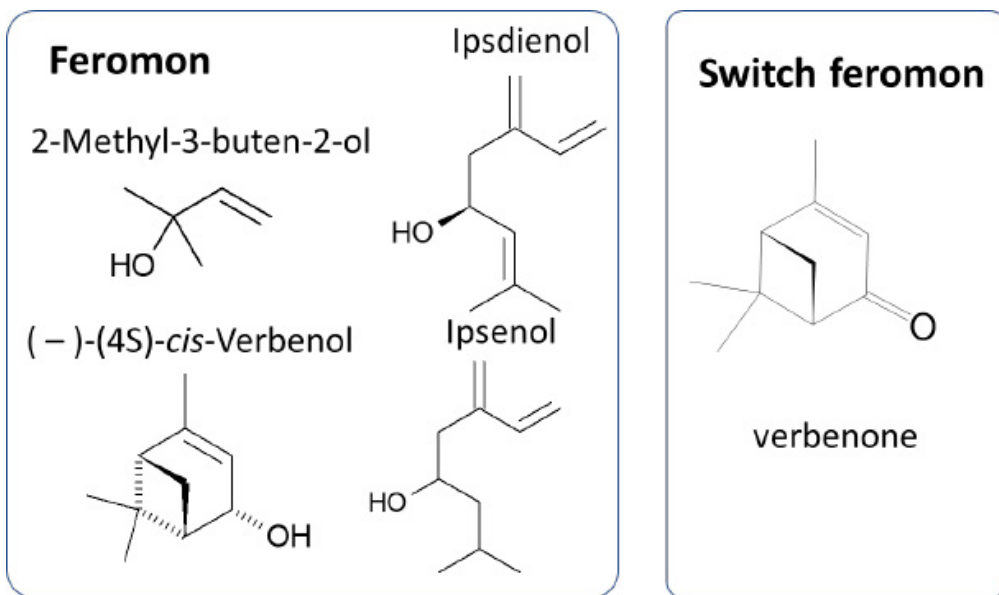
Lýkožrout je typickým sekundárním škůdcem. Přednostně napadá čerstvě odumřelé stromy (polomové dříví, dříví z těžeb), stromy silně stresované suchem nebo z jiných příčin odumírající stromy. Při přemnožení, kdy nenalézá dostatek vhodného materiálu pro další množení, pak napadá i stromy zdravé. Z pohledu způsobu poškození je lýkožrout fyziologickým škůdcem.

Ekologie lýkožrouta smrkového – výběr habitatů a kolonizace stromu

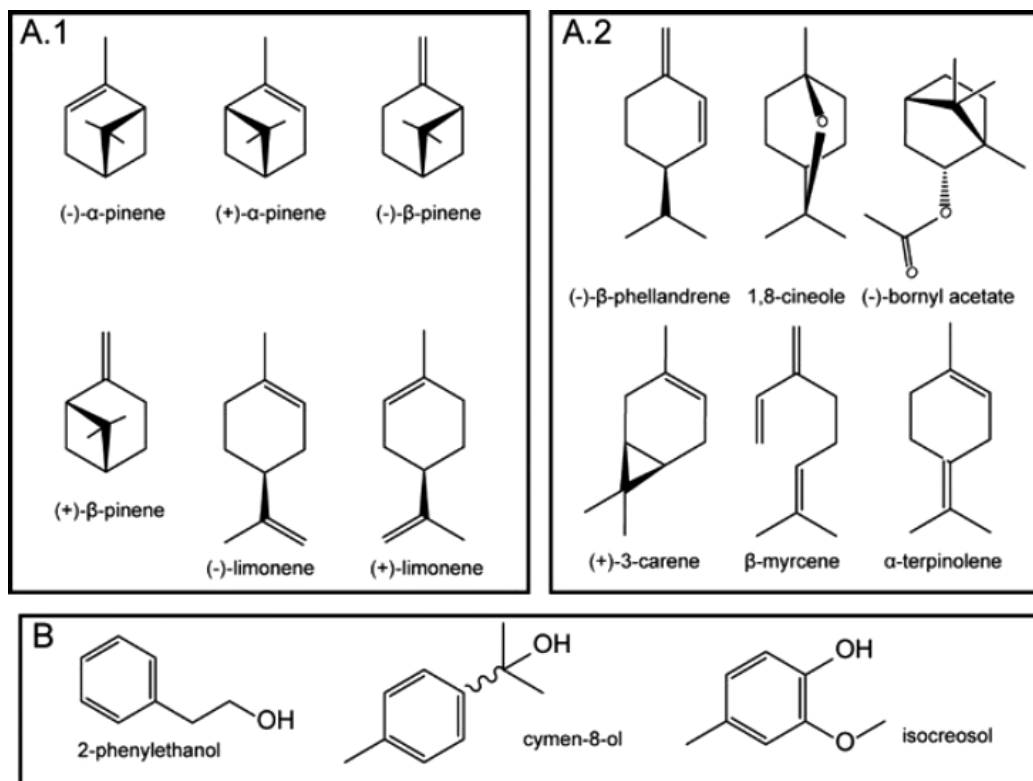
U lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) je tzv. **pionýrským pohlavím samec**, který vyhledává vhodný habitat pro založení nové generace. Při výběru vhodného makrohabitatu se brouci orientují především pomocí čichu, tedy tykadel. Jsou schopni rozpoznat **terpenické látky** vylučované jehličnany, které indikují vhodný cíl. Naopak látky produkované listnatými stromy na lýkožrouty působí odpudivě.

Po přiblížení k vhodnému stromu usedají lýkožrouti na jeho kůru a následně vyhodnocují situaci. Rozhodují se, zda se pokusí prokousat kůrou, nebo zda strom není vhodný (např. kvůli nevhodnému pachu) a odletí. Pokud se lýkožrouti rozhodnou prokousat kůrou, začíná **boj mezi obranou stromu a brouky**. Strom se snaží lýkožrouty mechanicky zneškodnit pomocí pryskyřice, kterou zalévá jejich vstupní otvory. Lýkožrouti zároveň hodnotí obsah toxických obranných látek stromu, jako jsou např. fenoly, a také nutriční hodnotu dřeva.

Pokud několik průkopnických brouků překoná obranné mechanismy stromu a usoudí, že strom je vhodným hostitelem, začnou produkovat **agregační feromon**, který slouží ke svolávání dalších jedinců druhu. Cílem je zmasivnění útoku – čím více brouků napadne strom současně, tím větší je šance, že obrana stromu selže a lýkožrouti ho zcela přemůžou. Agregační feromon tohoto druhu je složen ze čtyř látek. Nejdůležitější je **2-methyl-3-buten-2-ol**, který brouci tvoří tzv. de novo, další složkou je **cis-verbenol**, vznikající z pinenu obsaženého v kůře stromu. Tato fáze trvá zpravidla 2–4 dny.



Obrázek: Složení feromonu lýkožrouta smrkového



Obr. Složení pryskyřice a těkavé látky ze smrku, podle kterých se lýkožrouti řídí.

4.10.2 VYUŽITÍ AGREGAČNÍCH FEROMONŮ U DALŠÍCH KŮROVCŮ Z RŮZNÝCH RODŮ

Agregační feromony jsou široce studovány a využívány při monitoringu různých rodů kůrovců, včetně následujících:

- **Rod Ips:** Kůrovci z rodu *Ips* jsou známí svou schopností rychle kolonizovat stromy. Agregační feromony jsou u nich klíčovým nástrojem v boji proti jejich šíření, protože napomáhají k lepšímu pochopení dynamiky jejich populace a umožňují včasný zásah.
- **Rod Dendroctonus:** Tento rod zahrnuje druhy, které jsou považovány za jedny z nejvýznamnějších lesních škůdců. Například *Dendroctonus ponderosae*, způsobuje rozsáhlé škody v lesních ekosystémech severní Ameriky. Agregační feromony se zde používají pro sledování aktivit dospělých jedinců a pro odhad populace v zasažených oblastech.
- **Rod Scolytus:** Druhy z rodu *Scolytus* jsou také významnými škůdci, zejména u ovocných stromů a jiných listnatých dřevin. Pomocí feromonových pastí lze efektivně monitorovat jejich populaci a minimalizovat škody.
- **Rod Tomicus:** Tento rod zahrnuje druhy kůrovců napadající především borovice. Agregační feromony jsou důležitým nástrojem pro detekci jejich přítomnosti v lese, a to již v raných fázích napadení.
- **Rod Trypodendron:** *Trypodendron lineatum* je příkladem druhu, kde jsou feromony využívány pro monitorování populace v lesních porostech, zejména při managementu lesních zdrojů a prevenci škod.

4.10.3 PŘÍKLAD POUŽITÍ FEROMONŮ U MŮR ŠKODÍCÍCH JAKO DEFOLIÁTOŘI STROMŮ

Limatria monacha – Bekyně mniška

Bekyně mniška (*Limatria monacha*) je jedním z nejvýznamnějších škůdců lesních porostů, především smrkových. Tento je schopen způsobit rozsáhlou defoliaci, což znamená úplné odstranění jehličí z velkých ploch stromů. Napadení mniškou může vést k oslabení stromů a k následné mortalitě, pokud je defoliace dlouhodobá. Mniška způsobuje cyklické epidemie, které se opakují přibližně každých 10 až 30 let. Feromonové pasti se využívají v lesním hospodářství k monitorování populací těchto druhů a k preventivním opatřením proti přemnožení

Limantria dispar – Bekyně velkohlavá

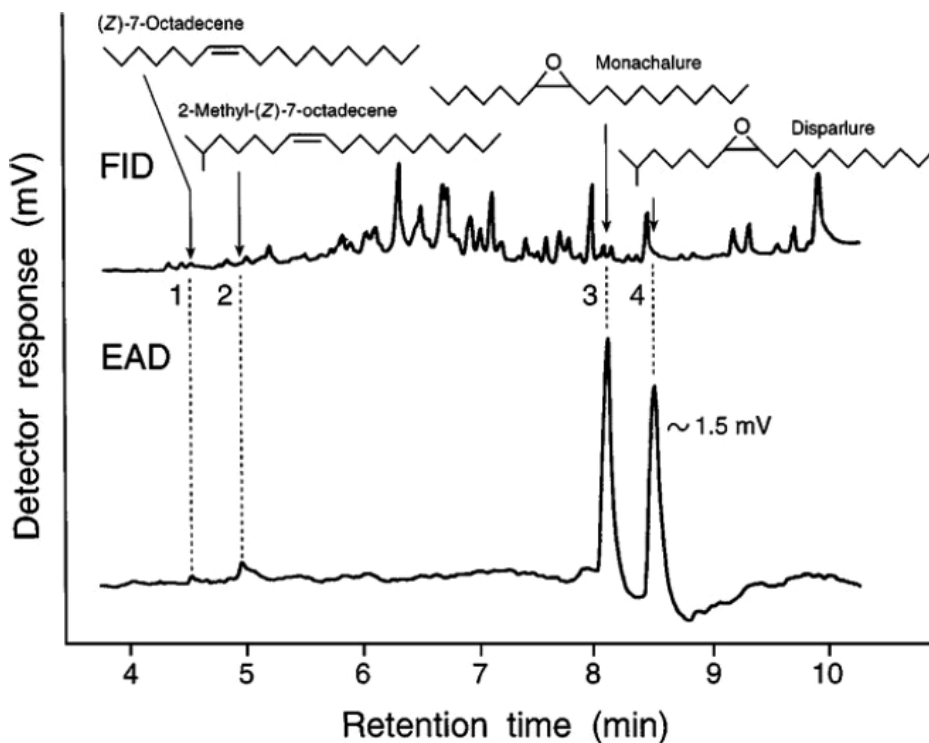
Bekyně velkohlavá (*Limantria dispar*) je příbuzný druh mnišky, ale její housenky se živí především na listnácích, jako jsou duby. Podobně jako mniška může způsobit vážné poškození listových ploch a oslabit stromy.

Feromonová komunikace Bekyní

U obou druhů – bekyně mnišky i bekyně velkohlavé – hraje významnou roli chemická komunikace prostřednictvím feromonů. Feromony emitují samice, které nejsou schopny letu, což je odlišuje od většiny jiných druhů motýlů, kde jsou samice mobilnější. Feromonová signalizace umožňuje přilákání samců na větší vzdálenosti a úspěšné rozmnožování.

Feromony u těchto druhů jsou složeny z:

- **Alifatických oxiranů:** Disparlure a monachlure, které se liší mezi jednotlivými druhy (*disparlure* u bekyně velkohlavé a *monachlure* u bekyně mnišky).
- **Uhlovodíků:** Tyto sloučeniny doplňují složení feromonů a zvyšují jejich účinnost při lákání samců.



Choristoneura fumiferana – Obaleč modřínový

Obaleč modřínový (*Choristoneura fumiferana*) je vážným škůdcem jehličnatých stromů v severní Americe, především smrků a jedlí. Je znám svou schopností způsobit rozsáhlé defoliace.

Samice obaleče modřínového emitují feromon, který přitahuje samce. Tento feromon byl rovněž syntetizován a využívá se jak pro **monitoring**, tak pro metodu **matoucí techniky** (mate disruption). Aplikace syntetických feromonů ve vysoké koncentraci v lesních oblastech narušuje schopnost samců najít samice, což snižuje počet oplodněných samic a následně i počet vajíček a housenek.

4.7 CHEMICKÁ EKOLOGIE U LESNÍCH SAVCŮ

Chemické signály jsou u savců významným prostředkem komunikace a mohou být uvolňovány z různých tělních zdrojů, včetně moči, slin, potu, slz a produktů pachových žláz. Tyto signály hrají klíčovou roli v teritoriálním chování, sociální komunikaci a reprodukčních procesech.

• Moč

Moč je klíčovým nositelem chemických signálů, které savci využívají pro označování teritoria a reprodukční komunikaci. Obsahuje feromony, hormony a metabolické produkty, které informují o pohlaví a reprodukčním stavu, například při estru u samic.

• Sliny

Sliny mohou u některých savců signalizovat emocionální stav nebo zdraví. Primáti a kočky je používají i k označování teritoria.

• Pot

Pot obsahuje mastné kyseliny a těkavé látky sloužící k sociální (emoční stavy, např. stres) a reprodukční komunikaci, například rozpoznávání reprodukčního stavu u primátů.

• Slzy

Slzy mohou v některých případech signalizovat emocionální stav, i když jsou u savců primárně využívány k ochraně očí.

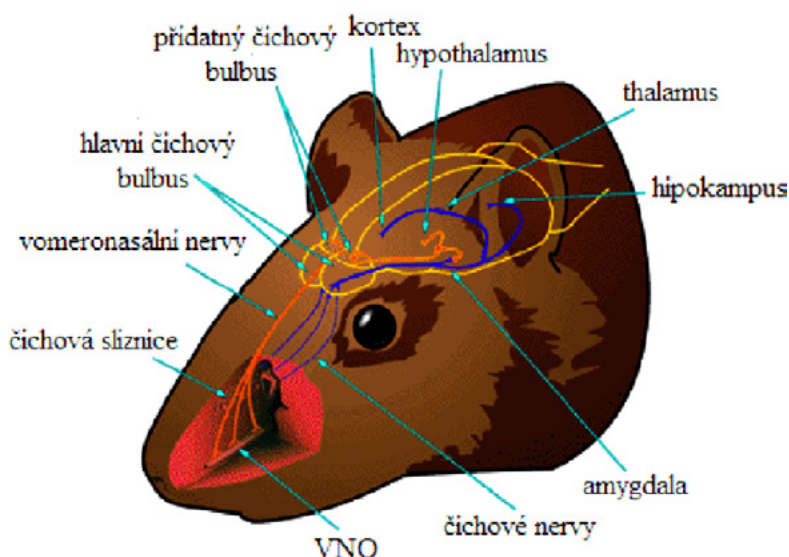
Produkty speciálních pachových žláz

Mnoho savců má specializované žlázy produkující pachové látky, které se používají ke komunikaci. Tyto žlázy produkují látky, které jsou často ukládány do prostředí, aby vysílaly specifické signály ostatním jedincům.

- **Anální žlázy:** U druhů jako jsou skunci, psi nebo fretky produkují anální žlázy silně vonící látky, které se používají k označování teritoria nebo k obraně.
- **Subaurikální žlázy** (žlázy u uší): Například u jelenů produkují tyto žlázy feromony, které jsou používány při sociálních interakcích, zejména při rozmnožování a určování hierarchie.
- **Tarsální žlázy:** Tarsální žlázy se nacházejí u savců, jako jsou jeleni. Produkují chemické signály, které se uvolňují při tření nohou o vegetaci, čímž označují teritorium nebo signalizují přítomnost.

Příjem signálních molekul u savců

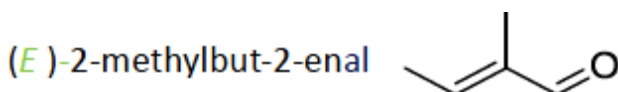
Jacobsonův orgán či také vomeronazální orgán (*organum vomeronasale*) je **dutina s chemoreceptorickým epitelem, která je součástí smyslového ústrojí nižších obratlovců a v omezené míře i savců**. Zvláště dobře je vyvinut u plazů a hlodavců, u člověka je rudimentární. Je to drobný párový chemorecepční orgán v dutině nosní, který slouží k přenosu signálů zprostředkovaných feromony do mozku. Jeho struktura se u různých druhů značně liší, obecně se nachází pod sliznicí nosní přepážky (v její anterobazální části), ústít může nejen v dutině nosní, ale (prostřednictvím *canalis incisivus*) také v dutině ústní.



4.7.1 KRÁLÍK DIVOKÝ A MECHANISMUS STIMULACE NOVOROZENCŮ

Samice savců si během evoluce vyvinuly sofistikované behaviorální a senzorké strategie, které jim umožňují efektivně vést své nezkušené novorozence k mléčné žláze, resp. k bradavce. Tyto mechanismy zahrnují různé formy stimulace, které napomáhají mláďatům orientovat se a nalézt zdroj potravy. Na druhé straně, novorozenci se evolučně vyvinuli tak, aby dokázali na tyto podněty efektivně reagovat a zajistili si tak přístup k mléku nezbytnému pro jejich přežití.

V případě králíka divokého (*Oryctolagus cuniculus*) bylo toto chování podrobně studováno pomocí analýzy vůně mateřského mléka pomocí GC-MS (plynová chromatografie s hmotnostní spektrometrií) a pomocí komplexních behaviorálních testů. V těchto testech byl sledován pohyb hlavy novorozenců směrem ke zdroji vůně, což vedlo k identifikaci specifického chemického signálu, označovaného jako králíčí prsní feromon. Tento feromon hraje klíčovou roli ve vedení mláďat k bradavce, což zajišťuje jejich přežití v raných fázích života.

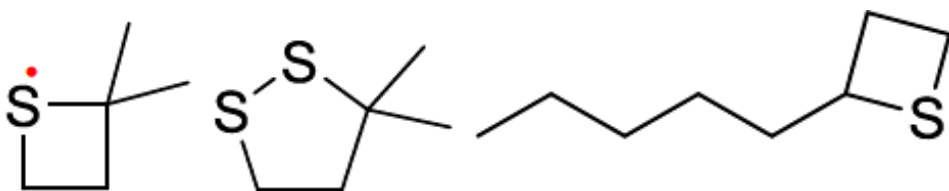


4.7.2 TCHOŘ TMAVÝ (*MUSTELA PUTORIUS*) A JEHO CHEMICKÁ OBRANA

Tchoř tmavý (*Mustela putorius*) patří mezi malé až středně velké masožravce, dosahující délky 40-70 cm. Tento predátor je známý především díky své unikátní schopnosti využívat anální žlázy k produkci extrémně páchnoucího sekretu, který slouží jako obranný mechanismus proti větším predátorům, jako jsou vlci, lišky nebo jezevci. Koncentrace tohoto zápachu je velmi nízká (pouze 2 ppm), přesto je pro většinu suchozemských predátorů velmi účinná.

Tato chemická obrana je však méně účinná proti dravým ptákům, pravděpodobně kvůli jejich slabému čichu. Sekret análních žláz pravděpodobně plní také komunikační funkci, zejména v podobě alarm feromonu a při teritoriálním značení.

Chemické složení tohoto sekretu zahrnuje především sirné heterocyklické sloučeniny, konkrétně thietany a thiolany, které jsou zodpovědné za jeho charakteristický silný zá



4.7.3 PIŽMO – *MOSCHUS MOSCHIFERUS* (KABAR PIŽMOVÝ)

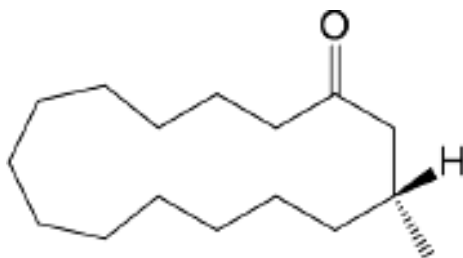
Kabar pižmový (*Moschus moschiferus*), malé zvíře o velikosti srnce, obývá oblasti Himálaje a je známý především díky produkci pižma, cenné suroviny využívané v parfumerii. Pižmo se získává z pižmové žlázy samců tohoto druhu. Aby bylo možné pižmo extrahovat, zvíře je bohužel zabito a žláza je následně odstraněna.

Proces přípravy pižma zahrnuje několik metod: sušení na slunci, na horkém kameni nebo ponořením žlázy do horkého oleje. Pižmo se poté objevuje v obchodu ve dvou hlavních formách:

- „Musk in pod“ – Celé pižmové žlázy jsou sušené a prodávány v neporušeném stavu.
- „Musk in grain“ – Pižmo je extrahováno z žlázy a zpracováno do formy zrníček či prášku.

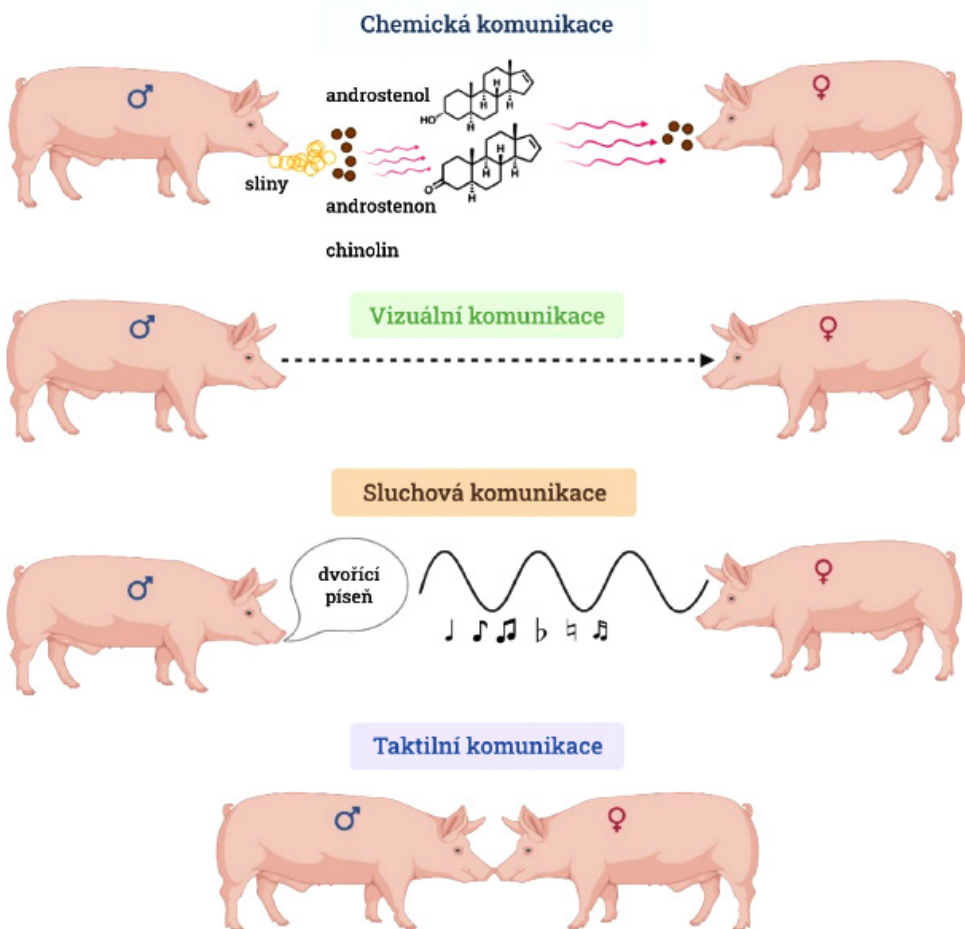
Tento produkt je ceněn pro svou intenzivní a dlouhotrvající vůni, která se používá jako základ v mnoha luxusních parfémecích.

Jsou známy i další druhy pižmových jelenů.



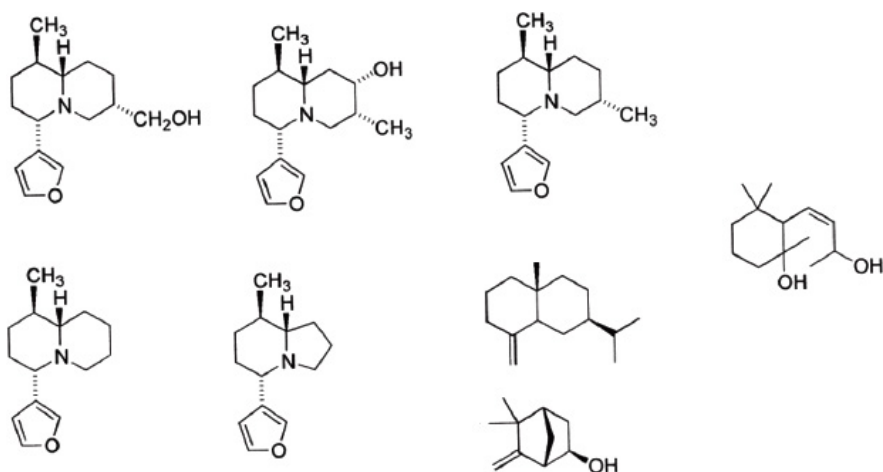
Prase domácí a divoké (*Sus scrofa*)

Prase divoké a domácí patří mezi významná zvířata z hlediska výzkumu etologie a chemické komunikace. Chemická komunikace hraje klíčovou roli v sexuální komunikaci mezi prasaty. Ve slinách kanců byly identifikovány samčí sexuální feromony steroidního typu: 5 α -androstenon a 3 α -androstenol, recentně pak i chinolin. Steroidní feromony jsou silně cítit a někdy způsobují nepříjemný zápach masa kanců. Samčí pach vnímaný pouze samicemi v říji urychlují nástup puberty u mladých samic („kančí efekt“). Kančí efekt je důležitý v komerčních chovech kde expozice kance podporuje připravenost k páření u odstavených samic prostřednictvím feromonálních efektů synergických s jinými podněty (vizuální, hmatové a sluchové).



Bobr evropský (Castor fiber)

Bobr má dva páry sekrečních orgánů (anální a pachové váčky). Pachové váčky obsahují kastoreum (Obrázek 30), kterým si bobr evropský i kanadský značují své teritorium. Má výraznou vůni, připomínající vanilku nebo maliny. Používá se k výrobě parfému, osvěžovačů vzduchu, cukrovinek. Bylo součástí univerzálního protijedu zvaného Mithridate, doporučovalo se jako analgetikum, antipyretikum a abortivum.



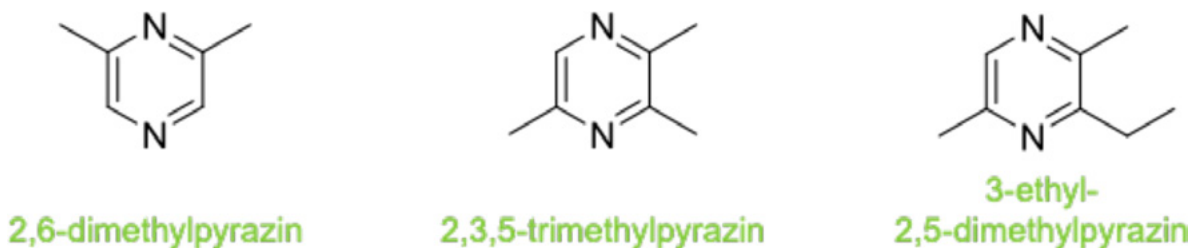
Obrázek 30: Přehled sloučenin obsažených v kastoreu Bobra

4.7.4 MASOŽRAVCI

Pach dravce je obecně chápán jako repelent pro kořist. Organosírové sloučeniny obsažené v moči masožravců mají původ v dietě bohaté na proteiny. Kočkovité šelmy vykazují dva odlišné vzorce chování při močení, a to normální močení a rozprašování. U tygra je v moči obsažen bílý materiál obsahující lipidy (cholesterol, estery vosku, volné mastné kyseliny, steroly a fosfolipidy). Moč lva pustinného má silně odpudivý zápach a je používána v Africe na odhánění divokých psů ze zahrad. Moč geparda je pro člověka bez zápachu (obsahuje diglyceridy, triglyceridy a volné steroly a C_2 - C_8 mastné kyseliny, ale neobsahuje aldehydy a ketony dominantní pro moč tygra a leoparda).

4.7.5 VLK (CANIS LUPUS)

Vlk je vrcholovým predátorem na Severní polokouli, který se živí hlodavci, králíky, kopytníky a mnoha dalšími druhy savců. Při lovu využívá čichu a chemických signálů pro komunikaci s vlastním druhem. Zdrojem chemických signálů je moč, exkrementy a sekret análních žláz. Vlčí smečka si značkuje močením své teritorium, jehož šířka může být až 20 km. Chemie nebyla po dlouho dobu známa, recentně byli ve vlčí moči identifikované pyraziny mající prokazatelně repelentní účinky na potenciální kořist (hlodavci, srnci). Pyraziny obsažené v moči by mohly být využity jako repelent červené zvěře škodící díky přemnožení v lesích („syntetická moč“).



Obrázek: Pyraziny obsažené ve vlčí moči.

4.7.6 ČICH A FEROMONY U PSA DOMÁČÍHO (CANIS LUPUS F. FAMILIARIS)

Pes domácí je nejstarší domestikované zvíře a vyniká především svým mimořádně vyvinutým čichem. U některých plemen je čichový epitel o ploše 30 až 200 cm², zatímco u člověka je tento epitel pouze 3 cm². Čich hraje v životě psa klíčovou roli, ačkoli psí feromon zůstává dosud neodhalen. Takzvaný **uklidňující psí feromon (Dog Appeasing Pheromone, DAP)**, směs esterů mastných kyselin vyskytujících se v okolí mléčné žlázy, je často zmiňován v odborné literatuře. Přestože existuje mnoho studií, patentů a komerčních produktů na bázi DAP, chybí reálné důkazy, že by šlo skutečně o feromon.

Některé sloučeniny s feromonální aktivitou známou u jiných živočichů, jako například **5 α -androstenon** (prase) nebo **(E)-2-methylbut-2-enal** (králík), působí jako **interomony**, tedy látky podobné feromonům, které mohou mít uklidňující účinky na psy.

Kandidáty na sexuální feromon u fen jsou v současnosti analyzované pomocí metod **HS-SPME/GC-MS**, což je kombinace mikroextrakce na pevné fázi a plynové chromatografie s hmotnostní spektrometrií. Vzorky těkavých látek byly odebírány z moči, pochvy, vulvy a anální oblasti fen během různých fází ovariálního cyklu (anestrus, proestrus, estrus a diestrus).

- Během hárání (estrus) vzrostla koncentrace ketonů, jako jsou **2-oktanon**, **2-pentanon** a **3-hexanon**, což naznačuje, že tyto látky mohou být kandidáty na sexuální feromon fenek (*Dog Female Sex Pheromone* – DFSP).
- Naopak koncentrace vysoce páchnoucích organosírných sloučenin, jako jsou **1-methylthiopropán**, **1-methylthiobutan**, **1-methylthiopentan** a **dimethyltrisulfid**, během hárání výrazně klesla.

4.7.7 KOČKA DOMÁCÍ (FELIS CATUS)

U kočky hrají chemické signály ústřední roli v komunikaci a v sociálním chování, mohou poskytnout informace o známosti a sexuálnímu stavu jedince a kočky si vyvinuly několik druhů chování souvisejících s ukládáním a detekcí čichových podnětů/signálů. Kočka značkuje třením se o předměty, třením hlavy/boku těla o jiného jedince. Zdrojem signálů jsou sekrety řady specializovaných žláz (faciální, mléčná, na tlapkách), moč (2 typy močení) a výkaly. Detekce pachů zahrnuje očichávání a flémování (zvláštní chování některých druhů zvířat, při němž ohrnou pysky a nasávají vzduch tlamou. Jeho účelem je zjištění určitých pachů přes tzv. Jacobsonův orgán, který je uložený na horním patře. Flémování obvykle slouží k identifikaci jedinců stejného druhu a k rozpoznávání říje u samic).

V současné době rozdělujeme vnitrodruhové kočičí chemické signály do tří hlavních typů: **kočičí faciální feromony F1-F5 (FFP)**, **kočičí uklidňující feromon (FAP)** a **kočičí interdigitální semiochemikálie (FIS)**

Kočka jako myší predátor: 3-merkapt-3-methylbutan-1-ol (MMB) dává kočičí moči její typický zápach. Prekurzorem pro MMB je felinin, který je syntetizován v moči a poté se pomalu degraduje na těkavý MBB. Myši jsou zápachem MBB (kočičí moči) silně odpuzovány, ale po infekci parazitem *Toxoplasma gondii* jsou naopak přitahovány, což značně zvyšuje pravděpodobnost, že se stanou kořistí a infikují *Toxoplasmou* kočku.

Effekt nepetalaktonu z rostliny Šanty kočičí (*Nepeta cataria*)

Dvě třetiny dospělých koček začnou olizovat, očichávat, jíst, škrábat nebo se převalovat po zdroji nepetalaktonu. Expozice čichových receptorů koček nepetalaktonu indukuje sekreci β -endorfinu do krve a ten aktivuje μ -opioidní receptory jako agonista.

4.8 SEKRECE LIDSKÝCH FEROMONŮ

Sekrece lidských feromonů probíhá několika cestami. **Syntetizace pokožkou**, kdy spodní terminativní vrstva pokožky postupně odumírá, rohovatí a mění se v mrtvou vrstvu, která se začíná odlupovat, a mrtvé buňky s feromony se tzv. deskvamací uvolňují do okolí. Za hodinu se tak průměrně odloučí asi tisíc zrohovatělých buněk na jednom čtverečním centimetru.

Sekrece feromonů v **kožních žlázách**, kdy se jedná především o aromatické potní žlázy nacházející se v okolí genitálu, v podpaží, v nosním vchodu a na očních víčkách atd. Jsou to tzv. apokrinální žlázy. Chemická kvalita vyloučených látek je závislá na bakteriích, které se nacházejí v kůži nebo na jejím povrchu a na bakteriích sliznic. Závisí tedy hodně na osobní hygieně. Kvalita je také ovlivňována hladinou některých hormonů. Funkce hormonů bývá nárazová a je vyvolaná například strachem, sexuálníím vzrušením apod. Látky produkované kožními žlázami jsou velice silné a často bývají dobře registrovatelné i čichem, což je způsobeno přítomností aromatických látek a samotný feromon (pravděpodobně stejně jako většina ostatních lidských feromonů) není vnímán jako zápach nebo vůně (Keverne, 1999).

V roce 1971 poprvé prokázala Martha K. McClintock existenci lidských feromonů. Dokázala to na skupině dívek, které spolu bydlely v jednom pokoji, a po určité době se jim synchronizoval menstruační cyklus. Poprvé byla synchronizace dokázána na hlodavcích a myslelo se, že se jedná o sociální jev. Později se zjistilo, že jde o olfaktorický jev způsobený příměrovými feromony (Lundström, 2005). Látky, které by mohly být lidskými feromony, jsou ze dvou hlavních skupin steroidů, z estrogenů a androgenů (Lundström, 2005). Mezi nejvíce prostudované látky, které působí jako feromony a nachází se většinou například na povrchu těla, v krevní plazmě, v lidském potu nebo ve spermatu, patří 16-androsteny, metabolity mužských pohlavních hormonů neboli androgenů, což jsou mužské feromony (Kohl et al., 2001) a kopuliny, které patří mezi ženské feromony. S menstruačním cyklem dochází ke změně pachu a koncentrace kopulinů (Kohl et al., 2001). Kopuliny jsou krátké alifatické řetězce kyselin vylučované v pochvě žen i samic primátů. Samci je vnímají jak vomeronasálním orgánem, tak i prostřednictvím olfaktorického systému a kladně působí na jejich sexuální vzrušení. Produkci kopulinů řídí estrogény (Rutovski, 1981).

4.9 LITERATURA

- Keverne, B. E. (1999): The Vomeronasal Organ, *Olfaction Review*, sv. 9, s. 280-287.
- Kohl, James V. - Atzmueller, Michaela - Fink, Bernhard - Grammer, Karl (2001): Human Pheromones: Integrating Neuroendocrinology and Ethology, *Neuroendocrinology Letters*, sv. 22, s. 309-321.
- Lundstrom, Johan N. (2005): Human pheromones, Uppsala Universitet (Ph.D. Thesis).
- Rutowski, R.L. (1981): The function of pheromones., *7. Chem. Ecol*, sv. 7, s. 481-483.
- https://www.researchgate.net/publication/5762952_Heil_M_Indirect_defence_via_tritrophic_interactions_New_Phytol_178_41-61/figures?lo=1
- Vyskočilová Gabriela, Orlita Alois, Součková Magda, Ševčík Richard: Kůže, useň, pergamen (Studijní materiály k předmětům C5984, C5985 a C8910) Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno 2016
- Šmíd Vladimír: Zpracování kůží a kožešin činěním www.preppers.cz 2012 staženo 31.7.2023
- Diplomová práce. Martina Řezníková Masarykova univerzita Přírodovědecká fakulta, Ústav Chemie, Brno 2016: Porovnání konzervačních postupů pro archeologické usně
- DYLEVSKÝ, Ivan a Petr JEŽEK. 12. Kožní ústrojí. *Základy funkční anatomie člověka* [online]. [cit. 2023-10-31]. Dostupné z: <https://vos.palestra.cz/skripta/anatomie/index.htm>
- KITTAR, Otomar, et al. Lékařská fyziologie. 1. vydání. Praha: Grada, 2011. 790 s. ISBN 978-80-247-3068-4. (https://is.muni.cz/do/1451/elearning/kineziologie/elportal/pages/zakladni_slozky.html#svaly)
- RAMAKRISHNAN, Rajaran, et al. Metabolomics and transcriptomics of pheromone biosynthesis in an aggressive forest pest *Ips typographus*, *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, Volume 140, 2022, 103680, ISSN 0965-1748
- ISSN 0965-1748
- Prof. RNDr. Jan Žďárek: Neobvyklá setkání 1980, Panorama
- Prof. RNDr. Jan Žďárek: Hmyzí rodiny a státy, 2013, Academia
- Jan Žďárek, Petr Zahradník, Jan Liška Feromony v ochraně lesa, 1993, Ministerstvo zemědělství
- Billen J & Šobotník J (2015). *Arthropod structure & development*. 44. 10.1016/j.asd.2015.08.010.
 - Pheromones and Animal Behaviour, T. D. Wyatt (2014) Cambridge University Press, Cambridge, 2003.
 - Pine Bark Beetles. C. Tittiger and G.J. Blomquist (Eds.) Academic Press Elsevier 2019
 - Techniques in Pheromone Research, Hummel HE and Miller TA (Eds.) (1984) Part of the Springer Series in Experimental Entomology book series (SSEXP) <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-5220-7>

5 VÝŽIVA A PŘIKRMOVÁNÍ ZVĚŘE

Výživa zvěře je souborem pochodů fyziologických a biochemických, příjem, trávení, vstřebávání a metabolismus živin potřebných k udržení všech životních funkcí. Účelem výživy je zásobit živočišný organismus zdroji energie, látkami ke stavebním účelům a látkami se specifickou funkcí.

Přikrmování je předkládání krmiva zvěři v době nouze, převážně v zimním období. Má vyrovnávat rozdíl mezi skutečnou potřebou krmiva a jeho přirozenou dostupností, která je u jednotlivých druhů zvěře rozdílná jak v množství, tak v druhu krmiva (krmná dávka). V intenzivních chovech, kde zvěř nemá možnost si opatřovat v letním období potravu sama, mluvíme o krmení.

5.1 ANATOMIE A FYZIOLOGIE TRÁVICÍHO TRAKTU ZVĚŘE

Sparkatá zvěř, zejména druhy přežvýkavé, se během svého dlouholetého vývoje dokázala přizpůsobit různým podmínkám prostředí, ve kterém žijí a tím pádem i celé řadě potravy. Jako jedni z mála býložravců jsou schopni trávit rostlinnou hmotu s vysokým obsahem vlákniny, která by byla u jiných býložravců s jednoduchým žaludkem těžko stravitelná. Tato schopnost trávit vlákninu je umožněna vyvinutím tzv. předžaludku (bachor), který slouží k nahromadění a uložení potravy. Spárkatá zvěř se neživí přímo tím, co zkonzumuje, ale tím, co z přijatých krmiv vytvoří mikroorganismy žijící v bachoru. Vznikajícími zplodinami metabolismu mikroorganismů jsou **CO₂**, **metan** a **těkavé mastné kyseliny (TMK)**. Vytvořené plyny jsou vylučovány, kyseliny vstřebávány přímo přes stěnu bachoru a v organismu dále metabolizovány. Potřeba energie je ze **70 % zajišťována těkavými MK** bakteriálního původu a **20 % energie** je získáno z **mikrobiální hmoty** vytvořené v bachoru.

Přežvýkavci se postupně přizpůsobili různým životním podmínkám a také se začali specializovat na vybrané složky rostlinné potravní nabídky a tato specializace přinesla různé nároky na kvalitu potravy i stavbu trávicího traktu. Nápadné rozdíly lze nalézt zejména ve velikosti a uspořádání předžaludku, které souvisejí s přizpůsobením jednotlivých druhů různé potravě.

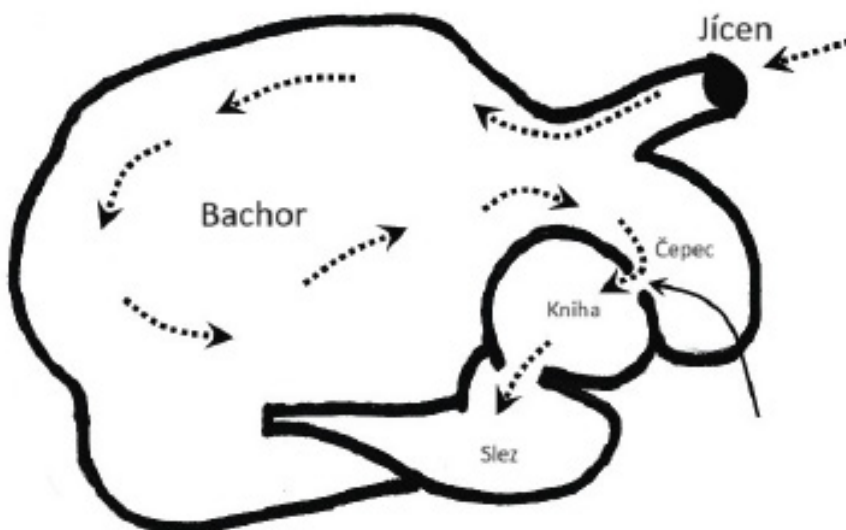
Trávicí soustava u zvěře je tvořena **dutinou ústní, hltanem, jícnem, předžaludkem, žaludkem, tenkým střevem, tlustým střevem, konečníkem a řitním otvorem**. Do trávicí soustavy ústí i velké žlázy – **slinné žlázy, játra a slinivka**.



Obr. 1: Příjem potravy a její zpracování u přežvýkavců (Převzato z penzum.cz).

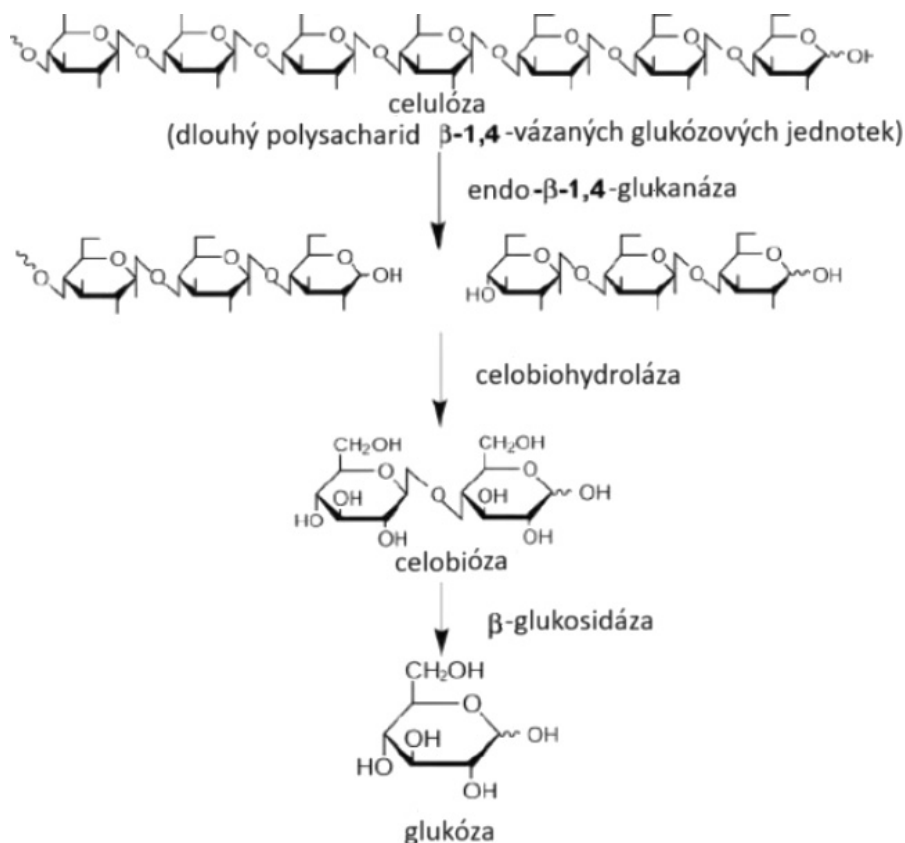
V dutině ústní dochází k mechanickému zpracování potravy pomocí zubů a jazyka. Přijatá potrava se v ústní dutině rozmělnjuje žvýkáním a prosliňuje. Vzniká sousto obalené hlenem a usnadňuje se polykání. Velmi dokonale žvýkají potravu všežravci a nepřežvýkaví býložravci. Nedokonale pak přežvýkavci. K důkladnému mechanickému poškození krmiva u přežvýkavců dochází až při přežvykování. V ústní dutině zpracovávají potravu přežvýkavci pouze krátce a polykají jednotlivá sousta do předžaludku. Následuje fáze přežvykování, kdy se potrava z předžaludku vrací zpět (rejekcí = vyvržení sousta) do dutiny ústní, kde dochází k jejímu důkladnému rozmělnění. Na jedno vyvržené sousto připadá 40 - 60 žvýkacích pohybů. Po důkladném rozmělnění potravy se sousto vrací zpět do bachoru. Tento proces se v průběhu dne opakuje 4 - 6krát, v závislosti na složení krmiva. Sliny mají také celou řadu dalších funkcí, např. zvlhčení potravy, u některých živočišných druhů mají podíl na trávení pomocí enzymů **ptyalinu** a **lipázy**, které umožňují vnímání chuti. Tvorba slin je z větší části nepodmíněným reflexem. Jako podnět mohou sloužit změny v dutině ústní vyvolané příjmem potravy, žvýkáním popř. přežvykováním. Rozžvýkaná potrava ve formě sousta dále putuje hltanem a jícnem do žaludku (u přežvýkavců do bachoru).

V jednodukomorovém žaludku se polknutá potrava zdržuje, promíchává, mechanicky a chemicky zpracovává. Na chemickém zpracování potravy se v žaludku podílí celá řada látek, které jsou součástí žaludeční šťávy např. **kyselina chlorovodíková HCl** a **pepsin**, **chymozina** a **žaludeční lipáza**. Kyselinachlorovodíková se podílí na aktivaci pepsinogenu (neaktivní pepsin), denaturuje bílkoviny na aminokyseliny, má baktericidní účinek a chrání vitamíny rozpustné ve vodě před znehodnocením. **Pepsin** patří mezi enzymy **štěpící peptidickou vazbu** bílkovin v kyselém pH prostředí, je to tedy **proteáza**. Vícekomorový žaludek je uzpůsoben k trávení rostlinného krmiva bohatého na strukturální polysacharid **celulózu** prostřednictvím **enzymů celulózy mikrobiálního původu**. Žádný z býložravců včetně přežvýkavců, není schopen produkovat celulózu a štěpit **beta 1-4 glykosidické vazby**, kterými se celulóza váže. U přežvýkavců se v průběhu fylogeneze vyvinul předžaludek (Obr.) před vlastním žaludkem, kde probíhá mikrobiální trávení celulózy. Jsou tři části předžaludků, a to bachor, čepec a kniha.



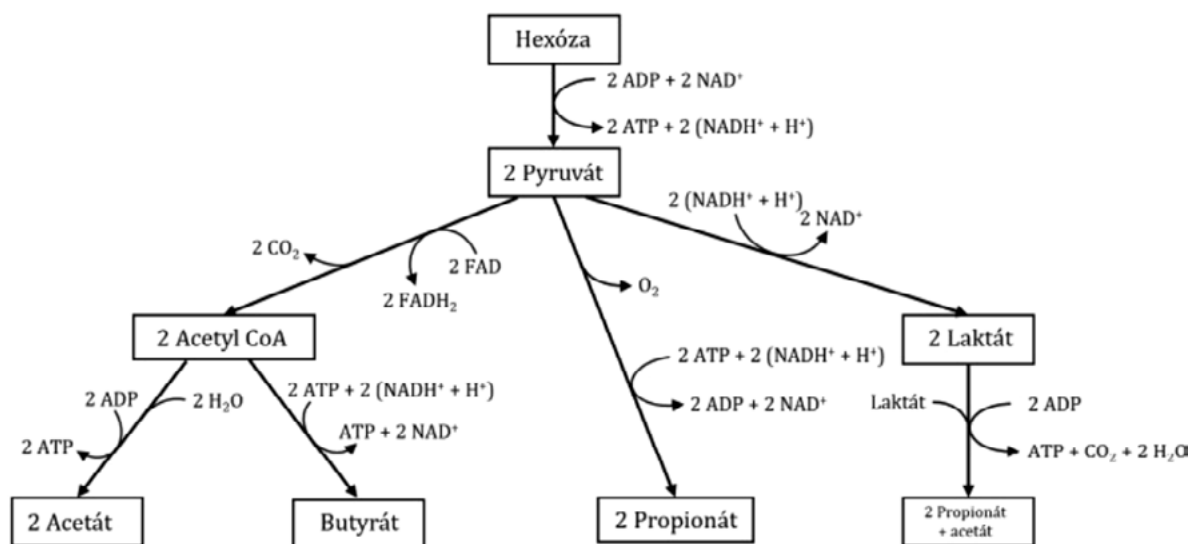
Obr. 2: Rozdělení žaludku přežvýkavců; šipky označují směr trávení (Převzato a upraveno z Veiberg 2007).

V **bachoru** je potrava promíchávána rytmickými pohyby přerušovanými dobami klidu, což je důležité pro stálost bachorového obsahu a posouvání krmiva k dalším částem trávicího ústrojí. Mikrobiální trávení v předžaludku zajišťují z velké části bakterie a to více než 60 druhů. Z hlediska trávení rostlinné potravy jsou nejvýznamnější bakterie **celulolytické**. Jsou nejvíce specializované a produkují **enzym celulózu**. V předžaludku se vyskytují i další druhy mikroorganismů např. **nálevníci** a **anaerobní houby- kvasinky a plísně**. Většina mikroorganismů žijících v bachoru získává energii prostřednictvím fermentace sacharidů (Obr. 3) a dalších složek krmiva.



Obr.: Mechanismus rozkladu celulózy – degradace celulózy enzymem celuláza (Převzato a upraveno z microbiologynote.com).

Meziproduktem při štěpení celulózy (fermentaci sacharidů) je **kyselina pyrohroznová alias pyruvát, jedná se glykolýzu. Pyruvát se dále metabolizuje na** a konečnými produkty jsou krátké **těkavé mastné kyseliny**, (TMK – Obr.), které jsou vlastními zdroji energie pro přežvýkavce.

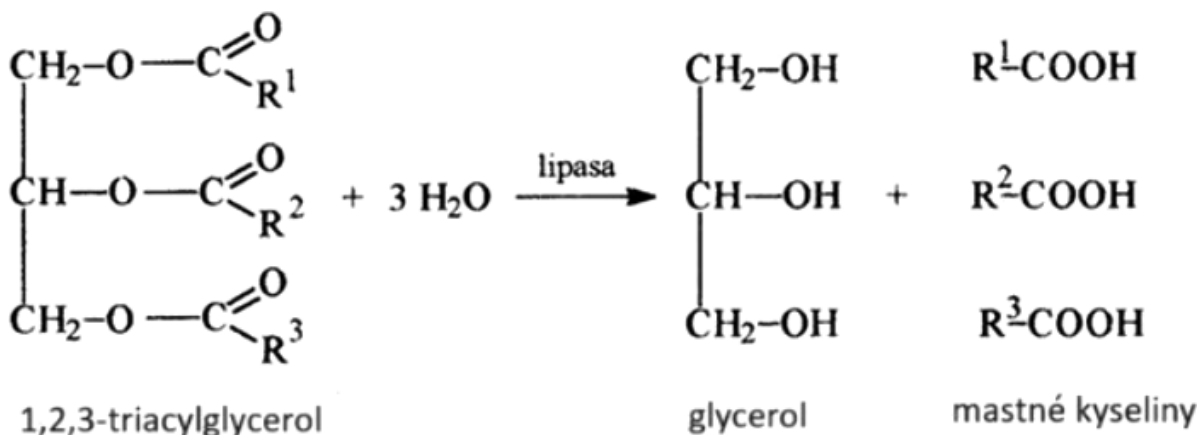


Obr. 4: Tvorba těkavých mastných kyselin v bachoru (Převzato a upraveno z Veterian Key).

Kromě TMK se tvoří také plyny (metan, oxid uhličitý), které jsou odstraňovány krkáním neboli erukací. Největší podíl **TMK** tvoří **kyselina octová** (65 %), dále **kyselina propionová** (20 %), **kyselina máselná (butyrát)** (13 %) a **kyselina valerová (pentanová)** (2 %). Koncentrace kyseliny propionové se zvyšuje při vyšším obsahu rozpustných cukrů a škrobu v krmné dávce, zatímco hladina kyseliny octové se zvyšuje se zvyšujícím se obsahem vlákniny. Kyselina máselná se tvoří především z rychle fermentovatelných sacharidů. **TMK** jsou resorbovány přes stěnu bачoru a dále využity jako zdroj energie, zdroj mléčných složek atd.

Při fermentaci **aminokyselin** jako produktu hydrolyzy bílkovin, dochází také k tvorbě **TMK**, **oxidu uhličitého** a **amoniaku NH₃**, který je využit pro růst mikroorganismů. Složení mikroorganismů v předžaludku je závislé na druhu a kvalitě přijímaného krmiva a na ročním období. Důležité je, aby ke změnám krmné dávky docházelo postupně a ne nárazově.

Bachorová mikroflóra se musí přizpůsobit struktuře krmné dávky, a to nějakou dobu trvá. Při radikální změně krmné dávky může dojít až k takovému stavu, že i při dostatku potravy bude srnčí zvěř hladovět, protože není schopna tuto potravu trávit, tzn., že k tomu nemá uzpůsobenou bachorovou mikroflóru. Tato nárazová změna krmné dávky je často doprovázena metabolickými poruchami a někdy může končit i smrtí zvěře, popř. acidózou bachorového obsahu (nadměrný příjem jádra a následné překyselení žaludku). Touto problematikou se budeme zabývat v další kapitole. Z předžaludku se potrava dostává do vlastního žaludku, kde je dále chemicky a mechanicky trávena. V žaludku probíhá trávení bílkovin, které jsou **pankreatickými proteázami (pepsin)** rozštěpeny až na **aminokyseliny**. Z žaludku poté potrava putuje do první části tenkého střeva – dvanáctníku. Do dvanáctníku je vylučována pankreatická trávicí šťáva. Pankreatická šťáva obsahuje celou řadu enzymů jako **trypsinogen** (neaktivní forma trypsinu) - štěpí bílkoviny, **lipázu-štěpí tuky**, **amylázu** - štěpí škroby a další. Z anorganických látek je to **hydrogenuhličitan sodný** a **fosfátové soli**, které pomáhají k udržování vhodného pH (blížíci se neutrálnímu) a kompenzují tím TMK vznikající v rámci metabolismu. Do dvanáctníku ústí i vývod žlučového. **Žluč** se podílí na neutralizaci kyselého prostředí, zajišťuje **emulgaci tukových kuliček**, umožňuje resorpci vitamínů rozpustných v tucích, zvyšuje motoriku střeva, má baktericidní účinky a detoxikační účinky. Žluč je produkována v jaterních buňkách, odkud je odváděna do žlučového váčku a odtud do dvanáctníku. U jelenovitých žlučový váček chybí a žluč je odváděna z jater přímo do dvanáctníku. V **tenkém střevě** pokračuje **enzymatický rozklad tuků** (Obr. 5) a vstřebávání živin. Potrava dále postupuje do tlustého střeva.



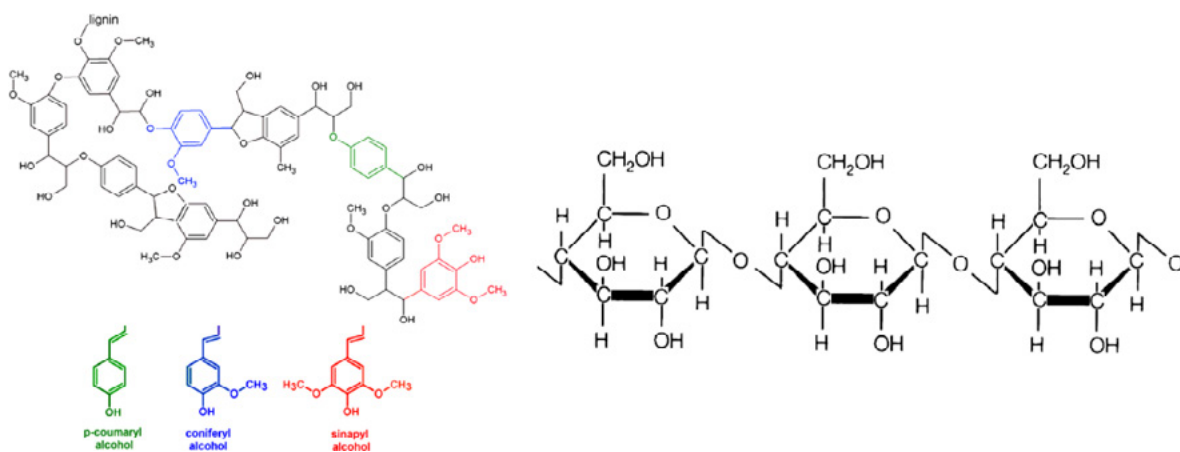
Obr. 5: Rozklad tuků – emulgace žlučovými kyselinami – rozptýleny do mikroskopických kapének – působením **pankreatické lipázy** – rozštěpení na glycerol a mastné kyseliny (Převzato a upraveno z www.chem.latech.edu).

V **tlustém střevě** se **dokončuje enzymatický rozklad potravy** enzymy z tenkého střeva. Probíhá zde **mikrobiální trávení – rozklad vlákniny**. U přežvýkavců se rozloží až 80 % vlákniny už v předžaludku. Postupně ke konečníku se střevní obsah zahušťuje a nabývá povahy výmětů, které jsou vypuzovány ven. Množství výkalů je závislé na množství přijaté potravy. U zvěře se jedná o 30–60 % výkalů z celkově přijaté potravy.

5.2 HLAVNÍ NUTRIČNÍ DOPLŇKOVÉ LÁTKY, CHEMICKÁ PODSTATA, BIOCHEMICKÝ VÝZNAM

Předpokladem optimální výživy je dostatečné a dlouhodobé zásobování těla **energií, bílkovinami, tuky, cukry, vitaminy, stopovými a minerálními prvky**. Čím vyšší je příjem energie, tím vyšší je potřeba vitaminů, minerálů a stopových prvků.

Vláknina není přesně chemicky definovatelná látka, je to směs **celulózy** (chemicky několik stovek až desítek tisíc zbytků **β -D-glukózy**, spojené glykosidovou vazbou přes kyslík, hemicelulózy (polysacharid, který se od celulózy liší nižší relativní molekulovou hmotností a stavbou řetězce. Na stavbě polysacharidového řetězce hemicelulózy se podílí **glukóza** a další monosacharidy - různé **hexózy** (manóza, galaktóza), i **pentózy** (arabinóza, xylóza), **uro-nové kyseliny** a různé cukerné methylderiváty). Dále se mezi vlákninu, nebo spíše zbytky dřeva může počítat **lignin** (stavební jednotkou jsou **deriváty fenylpropanu** (fenylpropanoidy) označované jako prekurzory ligninu; jsou to p-kumarylalkohol, koniferylalkohol a sinapylalkohol (Obr. 6); tyto prekurzory jsou vázány do trojrozměrných struktur etherovými vazbami nebo vazbami mezi dvěma uhlíky), **kutinu** a **křemičitanů**.



Obr. 6: Lignin a celulóza (Převzato z sciencealpha.com).

Vláknina se dělí do dvou podob, a to na rozpustnou a nerozpustnou. Rozpustná vláknina v kombinaci s vodou zvětšuje svůj objem a zajišťuje zvěři pocit nasycenosti. Nerozpustná vláknina se na výživě nepodílí, ale slouží k zahuštění potravy ve střevech.

Vláknina zabezpečuje mechanické nasycení zvířat, podporuje peristaltiku střev a motoriku bачoru, limituje příjem krmiv a stravitelnost krmiva.

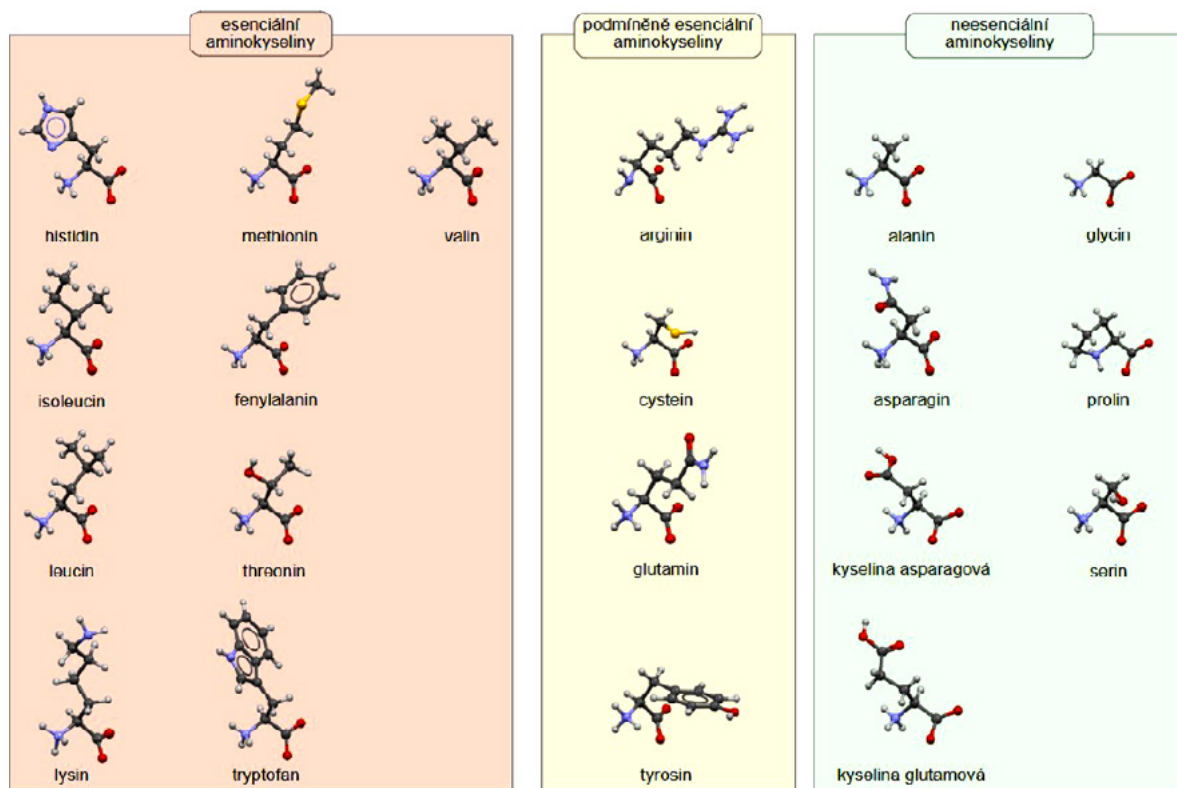
Voda je základní živinou v krmivech. Zvířata přijímají vodu nejen při pití, ale i při samotné konzumaci krmiv. Slouží k rozpouštění živin, vedení tepla (termoregulace) a má transportní funkci. Voda bývá produkována při oxidaci organických živin, jako voda metabolická.

Organické kyseliny jsou produkovány mikroflórou bачoru a využívány jako zdroj energie u přežvýkavců ze 70 %. Řadí se zde kyselina mléčná, octová, mravenčí, propionová, máselná a další.

Lipidy (tuky) jsou pohotovým zdrojem energie. Jedná se o sloučeninu uhlíku, vodíku a v malé míře i kyslíku a skládají se z mastných kyselin a glycerolu. Tuky se podílí na výstavbě buněčných struktur, a to buněčné membrány a nervové tkáně. Jsou základem pro vznik některých hormonů, mají izolační schopnosti a v tucích dochází k rozpouštění vitaminů A, D, E, K, které jsou poté dostupnější pro zvířata.

Sacharidy (cukry) jsou zdrojem snadno využitelné energie, podílí se na stavbě orgánů a jsou to bezdušikaté sloučeniny uhlíku a vodíku bohaté na kyslík. Sacharidy se rozdělují na jednoduché tzv. monosacharidy (glukóza, fruktóza) a složité tzv. disacharidy (sacharóza, laktóza), oligosacharidy (rafinóza) a polysacharidy (škrob, celulóza, glykogen). Přežvýkavci jsou schopni v bачoru fermentovat většinu polysacharidů buněčných stěn a veškeré intracelulární sacharidy přítomné v krmivu, které přeměňují na TMK s krátkými řetězci s následnou absorpcí.

Proteiny (bílkoviny) jsou významným stavebním materiálem, který je tvořen z jednotlivých aminokyselin (AMK). AMK dělíme na esenciální/nezbytné, neesenciální/postradatelné a semi(polo)esenciální (Obr. 7). Jsou důležité pro tvorbu hormonů, fungování imunitního systému i pro transport.



Obr. 7: Dvacet základních AMK a jejich chemická struktura (Převzato z nzip.cz)

Prežvýkavci jsou schopni prostřednictvím syntézy plně pokrýt potřebu esenciálních aminokyselin.

Minerální látky udržují optimální poměr mezi kyselinotvornými a zásadotvornými procesy. Účastní se biochemických přeměn v organismu, jsou důležité při postupu přes buněčnou stěnu a aktivují některé specifické enzymy. Minerální látky lze rozdělit dle objemu potřeby na makroprvky (Ca, Mg, K, Na, P, Cl, S) a na mikroprvky označované také jako stopové prvky (Fe, Mo, Se, F, Mn, Cu, Co, I, Zn). Mimo uvedeného základního rozdělení zde řadíme i látky toxické (skupina cizorodých látek), které by se v krmivech vyskytovat neměly. Řadí se zde arzén, cín, antimon, hliník, fluor, chrom, kadmium, olovo, nikl, vanad a rtuť. Mezi nejrizikovější prvky se řadí zejména olovo, rtuť a kadmium.

Makroprvky:

Vápník (Ca) je nejhojněji zastoupený prvek v živočišném organismu (99 % v kostní tkáni i v paroží, zubní tkáni a 1 % v ostatních tkáních a tělních tekutinách). Slouží k udržování acidobazické rovnováhy v organismu a je nezbytný při srážlivosti krve a stavbě kostních tkání. Při přebytku může vápník působit na metabolismus Fe, Mg, I, Mn, Zn, a Cu. Naopak při nedostatku se omezuje příjem krmiva, dochází k nedostatečné mineralizaci kostí a zvyšuje se riziko vzniku krvácení ve svalovině. Hospodaření vápníku v těle je regulováno vitaminem D. Zdrojem vápníku pro zvěř je krmný mletý vápenec nebo dikalciumfosfát, který je současně zdrojem fosforu.

Fosfor (P) je součástí buněk, nezbytný pro energetické přeměny v organismu a pro udržení acidobazické rovnováhy. Jeho zastoupení v těle je z 90 % v kostech a z 10 % v ostatních tkáních, je základem stavby paroží. V krmivech se fosfor vyskytuje společně s vápníkem, kdy jejich zastoupení musí být v určitém poměru. Optimálním poměrem je Ca:P 2:1. Při nedostatku fosforu se u zvěře snižuje chuť k přijímání krmiva.

Sodík (Na) zajišťuje hospodaření s organickými živinami i vodou, vývin kostí, správnou činnost srdce a udržuje acidobazickou rovnováhu. Hlavním zdrojem je sůl – NaCl. Při nedostatku se zmenšuje příjem krmiva, růst, případně může dojít k dehydrataci a svalové slabosti.

Draslík (K) ovlivňuje acidobazickou rovnováhu a osmotický tlak v buňkách. Je nezbytný pro správnou činnost srdeční svaloviny, příčně pruhované svaloviny a neuronů a dále je nutný pro metabolismus sacharidů. Při nedostatku draslíku v krmivu dochází k nechutenství a poruchám srdeční činnosti, v případě velkého poklesu v krevní plazmě může dojít až k selhání srdce.

Hořčík (Mg) je podobně jako vápník a fosfor součástí zubní a kostní tkáně (60-70 %). Má vliv na činnost příčně pruhované a srdeční svaloviny a nervů. V případě nedostatku může dojít ke vzniku tetanických křečí ve svalových vlákních (křeče, apatie, svalový třes). V krmivech se vyskytuje ve formě oxidu hořečnatého či síranu hořečnatého.

Síra (S) je součástí sirných aminokyselin (cysteinu a methioninu), vitamínu B1 a je potřebná k tvorbě kyseliny sírové v játrech. Napomáhá detoxikaci jedovatých zplodin vznikajících v organismu. Při jejím nadměrném příjmu způsobuje poruchy metabolismu a pokles příjmu krmiva. Naopak při nedostatku dochází k ochabnutí vazů, vypadávání srsti či poruchám plodnosti. V krmivech se vyskytuje ve formě síranu.

Chlor (Cl) je důležitý při tvorbě kyseliny solné, při transportu kyslíku a pro činnost červených krvinek. V organismu je chlor regulován stejně jako sodík hormonem aldosteronem a je vstřebáván sliznicí střeva a vylučován ledvinami společně se sodíkem. Ke ztrátám chloridu může dojít při zvracení zvíře. Zdrojem chloru je krmná sůl, která dodává chlor pro tvorbu kyseliny chlorovodíkové v žaludku.

Mikroprvky:

Železo (Fe) je součástí bílkovinných přenašečů kyslíku hemoglobinu, myoglobinu, cytochromů a protizánětlivých enzymů. Při nadměrném příjmu může způsobovat průjem. V doplňkových směsích se železo nejčastěji vyskytuje jako síran železnatý, kdy v této formě je dostatečně a spolehlivě využitelné. V přípravcích pro zvýšení obsahu železa v krmivu se vyskytuje v organické formě, jako fumaran železnatý nebo chelát.

Měď (Cu) je součástí enzymů zpracovávajících sacharidy, tedy má vliv na využití energie. Označuje se jako krve tvorný prvek, ovlivňuje tedy tvorbu červeného barviva v krvi, napomáhá mobilizaci Fe a jeho vazbě do hemu a napomáhá k vytváření kostní hmoty. V krmivech se vyskytuje v anorganické formě jako síran měďnatý, v organické jako cheláty.

Zinek (Zn) se společně s biotinem (vitamin B7) a sirnými aminokyselinami (esenciálním methioninem) významně podílí na kvalitě srsti a žíní, růstu a kvalitě paznehtní hmoty i stavu kůže, je součástí některých hormonů. Obsah zinku v kostní hmotě je relativně vysoký a podstatný pro tvorbu spermií. Obohacování krmiv zinkem je opodstatněné v případě, kdy je očekávána realizace velmi dobrého genofondu nebo ve vysoce zazvěřených oborách či faremních chovech. V krmivech se vyskytuje v anorganické formě jako síran a v organické jako chelát. Přirozeně je zinek hojně zastoupen v obilovinách a vázán fytátovou formou, kterou přežvýkavci díky mikrobiálním enzymům dokáží rozložit a zinek dobře využít.

Jod (I) tvoří součást hormonu tyroxinu (hormonu štítné žlázy). Při jeho nedostatku má zvětšenou štítnou žlázu, pomalu roste, ukládá si nadbytečné množství tuku, dochází ke snížení plodnosti, vypadávání srsti a embryonální úmrtnosti. V krmivech se vyskytuje ve formě jodizované soli.

Selen (Se) je s vitaminem E důležitým činitelem na oxidační schopnosti řady orgánů, a tedy tvoří ochranu buněk. Při nadměrné konzumaci způsobuje ztuhlost, vypadávání srsti a kloubní slabost. V krmivech se vyskytuje v anorganické formě (seleničitan sodný) nebo v mnohem kvalitnější a biologicky přijatelnější formě methioselenu.

Mangan (Mn) je důležitý pro růst kostí a kvalitu srsti a ovlivňuje řadu enzymů (podílí se na enzymatických reakcích). Jeho dostatek má vliv na vývoj a reprodukci zvíře, podílí se na krve tvorbě. Účinnost manganu v metabolismu živočichů je závislá na obsahu Ca a P.

Kobalt (Co) je vázán ve vitaminu B12. Mikroorganismy bachoru, které vitamin B12 syntetizují, při jeho nedostatku nemohou tento vitamin vytvářet. Ve spojení s vitaminem B12 je kobalt důležitý pro krvetvorbu, kdy se podílí na syntéze hemoglobinu a dozrávání erytrocytů v kostní dřeni. Kobalt se nachází v mnoha orgánech a tkáních.

Fluor (F) je důležitý pro kvalitu zubní tkáně a zubní skloviny, napomáhá k ochraně před zubním kazem. V případě vyššího množství fluoru v pitné vodě může mít za následek zhoršení zdravotního stavu a poruchy plodnosti. Obsah fluoru stoupá v blízkosti továren.

Molybden (Mo) aktivuje řadu enzymových soustav společně se Zn a Mn. Je důležitý pro kvalitu srsti a růst kostí. Při konzumaci vyšších dávek může být toxický.

Vitaminy jsou většinou u přežvýkavců vyprodukovány mikrobiální populací trávicího traktu, jestliže je plně v pořádku. Zvěři je nutné zajistit **vitamin A**, při jehož nedostatku dochází k poškození všech epitelů v těle. Významná je jeho protiinfekční funkce – v případě narušeného epitelu sliznice střeva a dýchacích cest dochází snadno k vniku choroboplodných zárodků do organismu, k poškození zraku a plodnosti zvířat. Příznivě působí na rezistenci vůči nemocem a na omezení negativních dopadů stresových faktorů. Dále je nutné dodávat **vitamin E**, který slouží jako antioxidant (látky, zabraňující oxidaci jiné sloučeniny tím, že se samy oxidují; v reakci s reaktivními toxickými metabolity kyslíku vytváří relativně stabilní a netoxické produkty a současně mohou zabránit oxidaci některé z cílových molekul). **Vitamin D** je potřebný pro hospodaření s vápníkem a fosforem a z části si jej zvěř sama vytvoří při pobytu na slunci. **Vitamin C** si zvěř nedovede sama vytvářet, protože jí chybí potřebný enzym gulonolakton oxidáza. V případě nedostatku čerstvé píce je nutné kyselinu askorbovou doplnit v krmné směsi. Vitamin C má protistresové účinky, je nezbytný při tvorbě kolagenu a důležitou součástí antioxidačního řetězce. V případě nedostatku může dojít k narušení vývoje kostí.

5.3 PŘEHLED KRMIV

Základním pravidlem pro správné příkrmování je kvalita a způsob předkládání samotného krmiva. Vše by mělo být dieteticky nezávadné, bez vlhkosti, plísní, čerstvé a bez nežádoucích nestrávitelných částic. Důležitá je také nejen správná příprava, ale i vhodné uskladnění. Předkládání krmiva by mělo být na suchém krytém místě nikoliv pohozeno volně v přírodě. Daná místa pro příkrmování by se měla pravidelně asanovat vždy po ukončení příkrmování. Předkládaná krmná dávka by neměla být po celý rok stejná, jelikož by to velice škodilo složitému systému trávicí soustavy přežvýkavců. Příkrmování jednotlivými druhy krmení by mělo být pozvolné a nenárazové z důvodu navyku mikroflóry v bachoru na určitý druh krmiva.

Krmiva jsou členěna dle jejich významu na objemová, jadrná, dužnatá a na tzv. minerální soli. Všechna tato krmiva musí být před zimou zajištěna v dostatečném množství i kvalitě.

5.3.1 OBJEMOVÁ KRMIVA

Objemová krmiva mají poměrně **vyšší obsah vlákniny a ligninu a nízkou koncentraci živin**. Tvoří základní složku krmných dávek všech přežvýkavců a jejich dostatečné množství je potřebné pro správnou funkci předžaludku. Jejich význam spočívá v odstranění pocitu hladu (mechanickou sytost) a zlepšení průchodnosti natrávené potravy zažívacím traktem. Mezi objemná krmiva se řadí všechny druhy trav a bylin (čerstvé i konzervované sušením – seno, sláma; silážované), veškeré listy a letorosty stromů a keřů (letnina), kůra stromů. V zimním a předjařím období potřebuje zvěř pro správnou činnost zažívacího traktu vedle **dostatečného množství vlákniny** také **třísloviny (tanin), lignin a pryskyřici**, proto je nutné, k zamezení škod loupáním, umožnit zvěři dostatečný přísun těchto krmiv. Na příkrmovacích místech jsou předkládány větve z ořezu ovocných stromů, klest z těžby, případně jsou zakládány tzv. okusové plochy, kde je zastoupena hlavně osika, jívka, lípa a jeřáb.

Silážovat lze různé druhy krmiv i ve směsích, důležitá je kvalita a výživná hodnota vstupních surovin, pořezání a případné míchání hmoty, důkladné udusání a uložení **bez přístupu vzduchu a při pH 3,6-5**. V siláži během zrání po dobu přibližně jednoho měsíce (cca 6 týdnů) proběhne **mléčné kvašení (konzervace)** a jednoduché cukry jsou zkvašeny na kyselinu mléčnou, která je přirozenou konzervační složkou siláže. Kombinací správně zvolených krmiv lze silážováním připravit krmivo s ideálním poměrem využitelné energie a vlákniny. Silážovaná (konzervovaná) krmiva jsou důležitým zdrojem vody zejména v zimním období.

Výživná hodnota **letniny** v porovnání se senem je výrazně vyšší a zejména pro srnčí zvěř je výborným krmivem.

Obsah sušiny v objemných krmivech musí být **nad 85 %**, v případě menšího obsahu dochází k zaplísnění krmiva (plísně, houby). V letním období je tento druh krmiva přijímán zvěří prostřednictvím přirozené pastvy a každý druh zvěře má možnost libovolného příjmu trav, bylin a listů.

5.3.2 JADRNÁ KRMIVA

Jadrná krmiva jsou charakteristická **vysokým obsahem sušiny**, vysokou koncentrací **živin** a využitelné **energie** a **nízkým obsahem vlákniny**. V krmných dávkách slouží jako doplňky potřebných živin, tvoří hlavní složku. Mezi jadrná krmiva se řadí zejména semena obilovin, luštěnin, zrnina, žaludy, kaštany, jeřabiny, výrobky mlýnského a tukového průmyslu, horkovzdušné úsušky objemových a dužnatých krmiv (vojtěškové úsušky, sušené cukrovkové a cukrovarské řízky apod.) a průmyslově vyráběné jadrné krmné směsi.

Jadrná krmiva se dělí do dvou skupin, a to:

- jadrná krmiva glycidového charakteru – převažující energetická složka (obiloviny)
- jadrná krmiva bílkovinného charakteru s převahou dusíkatých látek (semena luštěnin, extrahované šroty)

Při příkrmování obilovinami jsou optimální s **vyšším obsahem vlákniny**, tedy **oves a ječmen**. Pšenice není příliš doporučována z hlediska vysokého obsahu **lepku-pšeničná bílkovina**, kdy v bacheru vytváří lepkavou obtížně stravitelnou hmotu. Luštěniny lze zkrmovat pouze v omezeném množství nebo ve směsi s jinými krmivy, protože v přirozeném stavu obsahují inhibiční látky, které blokují důležité trávicí enzymy. Lze zvěři předkládat i semena s vyšším obsahem tuku (olejiny) jako je řepka ve šrotovaném stavu, popřípadě ve formě extrahovaného šrotu. Důležité je, aby veškerá jadrná krmiva byla kvalitní, neplesnivá, nežluklá a také doplněna kvalitním objemových krmivem. U jadrných krmiv je vysoké riziko nákazy aflatoxiny (plísněmi) až 90 %.

5.3.3 DUŽNATÁ KRMIVA

Dužnatá krmiva jsou **cenným zdrojem vody, vitaminů a minerálních látek**. Tvoří hlavní součást kompletní krmné dávky, ale jsou **pouze dietetickým doplňkem**. Díky obsahu lehce stravitelných **nízkomolekulárních sacharidů** se více blíží jadrným krmivům. Mezi dužnatá krmiva se řadí krmná řepa, krmná mrkev, topinambury, brambory, jablka, hrušky, jablečné výlisky, krmná kapusta, vodnice, tuřín, kedlubna, zelí a jiné.

Příkrmování je problematické, protože se dužnatá krmiva těžko skladují a rychle podléhají hnilobné zkáze. To může mít za následek negativní působení na zdravotní stav zvěře, kdy mohou hnilobné bakterie narušovat procesy v bacheru. Uskladnění krmiva by mělo probíhat při teplotě 3-5 °C, nesmí být vystaveno plísním a extrémně nízkým teplotám. Předkládání dužnatého krmiva by mělo tedy být v menších dávkách po celou krmnou sezónu. Dužnatá krmiva předkládaná zvěři by neměla být zmrzlá, jelikož příjem zmrzlých krmiv s vysokým obsahem vody může vést k odčerpání značného množství tepelné energie, k zahřátí bacherového obsahu a ve svém důsledku až k podchlazení organismu.

5.3.4 MINERÁLNÍ KRMIVA

Minerální neboli doplňková krmiva jsou vhodná k zabezpečení chybějících minerálních a stopových prvků ve stravě, zejména je nezbytný přísun **sodíku (Na) v soli** a **fosforu (P)** přidáváním sekundárního **hydrogenfosforečnanu vápenatého** (CaHPO_4) přidávaného do šrotu. Potřeba těchto látek se mění v závislosti na stáří, hmotnosti, fázi reprodukčního cyklu a ročním období. Důležité je celoroční předkládání soli (solných lizů obohacených minerálními a stopovými prvky, vitaminy a případně i léčivy). Jejich výrobou se zabývají krmivářské firmy, které jsou specializované a schopné namíchat směsi minerálních doplňků dle konkrétně stanovených požadavků.

U doplňkových krmiv se uvádí koncentrace 0,01 AfB1 směrnou hodnotu mg/kg pro krmivo o 12% vlhkosti. Tj. maximální povolený limit dle platné konsolidované směrnice Evropského parlamentu a rady 2002/32/Es ze dne 6. 9. 2012.

5.3.5 KRMNÁ DÁVKA

Krmnou dávkou je označována vědecky zjištěná denní potřeba živin pro jednotlivé druhy zvěře s ohledem na roční období, jejich živou hmotnost a stáří. Je to množství krmiva, které zvíře potřebuje, aby se mechanicky nasýtila. Množství krmiv a dobu i začátek příkrmování je třeba upravit podle místních podmínek.

5.3.6 TECHNIKA PŘÍKRMOVÁNÍ

- **Zákon o myslivosti č.449/2001 Sb.** ukládá uživatelům honitby zajistit příkrmování zvěře a to v „době nouze“
- Zakořeněn systém **jednorázového týdenního příkrmování** - v dnešní době chybí

Podávat jadrná krmiva ve větších dávkách jen **jednou za 3 dny** nebo dokonce v **týdenních intervalech** je v současnosti velkým rizikem, a vzhledem k nebezpečí vzniku **laktacidózy** bacheru se nemusí vyplatit. Při příkrmování jádrem je nutné podávat malé dávky každodenně. Výhodné jsou směsné krmné dávky (běžně označované jako TMR – Total Mixed Rations), které sestávají ze šťavnaté píce, suché píce, jadrných i minerálních krmiv. K příkrmování a výživě srnčí zvěře se používá **sůl, krmiva objemová, dužnatá, jadrná a minerální doplňky stravy**. Dochází k vyrovnání rozdílu mezi skutečnou potřebou krmiva a jeho přirozenou dostupností (u jednotlivých druhů zvěře jsou rozdíly v množství i druhu krmiva). **Sůl** se v dnešní době předkládá v podobě kamenného kusu a v podobě kostek obohacených o minerální a stopové prvky, vitaminy a případně léčiva. Všechny podoby soli by měla mít srnčí zvěř k dispozici neomezeně po celý rok.

5.3.7 PŘÍNOSY PŘÍKRMOVÁNÍ

- Vyšší lov zvěře s vyšší tělesnou hmotností a kvalitnější trofej
- Omezení zimních úhynů
- Omezení škod na lesní i polní vegetaci
- Soustředění zvěře na vhodných lokalitách

Shrnutí a závěrečná doporučení

Z výše zmíněných poznatků tedy vyplývá, že důležitým požadavkem na krmivo je, aby odpovídalo svým složením fyziologickým potřebám zvěře. Je tedy nutné, aby krmivo obsahovalo nejen potřebné živiny a minerální látky, ale i dostatek hrubé vlákniny (14 -17 %). Obsah strukturálně účinné vlákniny ve výživě je významný hlavně v podpoře přezvykávání přijaté potravy a umožnění dobrého mechanického rozmělnění a proslinění, což jsou atributy pro správný průběh trávení. V bacheru přezvykavců je většina přijatých živin přeměňována bakteriemi na těžké mastné kyseliny, které jsou organismem využívány jako zdroj energie. Jelikož je obsah bacheru poměrně malý (3-6 l) je zvěř odkázána na příjem lehce stravitelné a živinami obohacené potravy.

Použitá a doporučená literatura

- Bilkoviny (proteiny) a aminokyseliny (web). <https://www.nzip.cz/clanek/1415-bilkoviny-proteiny>.
- Digestion. n.d. *Veterian Key* (blog). <https://veteriankey.com/digestion-the-fermentive-processes/>.
- HOFMANN, R. R., 1989. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a komparative view of their digestive systém., *Oecologia*, 78, s. 443–457.
- KAMLER, J., 2013. Správný způsob příkrmování jako prevence vzniku škod zvěři na lesních porostech, s. 44–49. In FALTUS, O. Výživa jelení a dančí zvěře. Verměřovice, VVS Verměřovice s r. o., 91 s. ISBN 978-80-260-4372-0.
- LAŠTŮVKA, Z. a kol., 1996. Zoologie pro zemědělce a lesníky. Brno, Konvoj, 266 s. ISBN 80-85615-50-9.
- MCDOWELL, L.R. Minerals in Animal and Human Nutrition. New York: Academic Press, 1992, 228-229.
- Mikrobiální degradace celulózy (web). https://microbiologynote.com/cs/mikrobi%C3%A1ln%C3%AD-degradace-enzym%C5%AF-celul%C3%B3zy-kroky-mechanismy/?utm_content=cmp-true.
- Rozklad triacylglycerolů (web). <http://www.chem.latech.edu/~deddy/chem121/Lipids.htm>.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/32/ES (web). <https://www.zakonyprolidi.cz/pravoou/dokument?celex=32002L0032>.

VACH, M. a kol., 1999. Myslivost. 2. vyd. Uhlířské Janovice, Silvestris, 359 s. ISBN 80-901775-2-2.

VEIBERG, VEBJØRN. 2007. 'Patterns, Causes and Consequences of Tooth Wear in Cervids'.

Vlastnosti celulózy (web). <https://sciencealpha.com/cs/cellulose-properties-production-and-application/>.

VODRÁŽKA, Z. 2002. Biochemie. 2. opravené vydání, Praha: Akademia, ISBN 80-200-0600-1.

Vzdělávání v oblasti myslivosti a přírody – Penzum mysliveckých znalostí (web). <https://www.penzum.cz/cs/www/2-vzdelavani/85-pece-o-zver/89-2-vyziva-a-krmeni-zvere/>.

WOLF, R., a kol., 1977. ABC Myslivosti, Orbis, 288 s., ISBN 11-123-77 (02/76).

Zákon o myslivosti (web). <https://eagri.cz/public/portal/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/uplna-zneni/zakon-2001-449-myslivost>.

ZELENKA, J., 2013. Principy výživy a potřeba živin jelení a dančí zvěře, s. 11–17. In FALTUS, O. Výživa jelení a dančí zvěře. Verměřovice, VVS Verměřovice s r. o., 91 s. ISBN 978-80-260-4372-0.

ZEMAN, L., a kol., 2006. Výživa a krmení hospodářských zvířat. Praha, Profi Press, 360 s. ISBN 80-86726-17-7.

5.4 NEGATIVNÍ DOPADY PŘI PŘIKRMOVÁNÍ

Při přikrmování zvěře je důležité hlídat kvalitu podávaného krmiva, musí být tedy vhodně uskladněno a nesmí být nijak plesnivé a napadené škůdci. Požití plesnivého krmení může mít pro zvěř fatální následky. Seno a slámu je možné předkládat jednak do krmelců, ale i volně na zem a pokud je ovoce či zelenina lehce nahnílá, tak to zvířatům neublíží.

5.4.1 ÚHYN SPÁRKATÉ ZVĚŘE PO PŘEKRMENÍ JÁDROVÝM KRMIVEM

V případě, že zvěři poskytneme nadbytek jaderného krmiva, zvěř si takový nadbytek vezme. V důsledku tohoto přesytení dochází k zažívacím poruchám, zejména překyselení předžaludků. Také nabízením nevhodné potravy s nízkým podílem hrubé vlákniny a vysokým obsahem lehce stravitelných sacharidů (pečivo, obilniny, zejména pšenice) může docházet k narušení látkových výměn uvnitř bачoru, a tím i zhoršení přirozeného vývoje látek během vegetačního období. Také nadměrné množství kaštanů může u zvěře negativně působit na trávení a v některých případech i toxicky z důvodu obsahu velkého množství saponinových látek. U předkládání pečiva je nutné dbát na to, aby bylo dostatečně suché a chléb nikdy nepodávat vcelku mimo krmeliště pro divoká prasata. Pečivo je nutné předkládat v mrazivém období, kdy se neočekává oteplení. Velice rychle totiž do sebe pečivo natáhne okolní vlhkost a po požití zvěř způsobuje poruchy trávení a průjemy. U takovéto zvěře dochází k zeslábnutí a často k uhynutí.

5.4.2 ANTINUTRIČNÍ LÁTKY VE STRAVĚ

O antinutričních látkách hovoříme jako o obsáhlé škále nejrůznějších anorganických a organických látek, které mohou být přirozenou či nepřirozenou součástí krmiv. Tyto látky vyvolávají dietetické poruchy, snižují produkční účinnost krmiv a mohou vést k narušení zdravotního stavu, až ke smrti. Riziko antinutričních látek je také v tom, že se mohou kumulovat nebo vylučovat do produktů, a tím ohrožovat bezpečnost krmiv.

Antinutriční látky se mohou dělit dle toxicity na **netoxické** (vláknina, lignin), **s různým stupněm toxicity** (trísloviny, glykosidy, saponiny), **vysoce toxické** (alkaloidy, mykotoxiny, kyanogenní glykosidy) a **se specificky toxickými účinky** (hematotoxické – NO₃, NO₂, těžké kovy; hepatotoxické – mykotoxiny, Cd, Hg; neurotoxické – solaniny, organofosfáty, karbamáty; kancerogenní – Cd, Hg, Pb, As, nitrosaminy, mykotoxiny; teratogenní – tomatin, solanin, gossypol; abortivní a embryotoxické – Hg, NO₂, NO₃, některé alkaloidy; negativně zasahující do minerálního metabolismu – organické kyseliny).

Druhým způsobem rozdělení je na **antinutriční látky kontaminující krmiva**, **antinutriční látky vznikající v krmivech jako produkty fyzikálních, chemických a biologických procesů** a **antinutriční látky přirozeně přítomné v krmivech**.

Antinutriční látky kontaminující krmiva (kontaminanty)

Skupinu těchto látek můžeme nazývat kontaminanty a v krmivech se přirozeně nevyskytují. Do krmiv se mohou dostat lidskou činností nebo kontaminací zvířaty (biotické faktory), ale i prouděním vzduchu, vody nebo větru (abiotické faktory). Tyto látky lze rozdělit charakteru na fyzikálně-mechanické kontaminanty, chemické a biologické kontaminanty.

Fyzikálně-mechanické kontaminanty se dělí na dvě skupiny:

- *radioaktivní kontaminanty*, které jsou nejzávažnější a do krmiv se nejčastěji dostávají radioaktivním prachem v podobě radioaktivního spadu (radionuklidy); biologický účinek těchto kontaminantů závisí na typu a dávce záření; např. stroncium (Sr), plutonium (Pu), lanthan (La)
- *fyzikálně-mechanické kontaminanty*, u kterých se při nevhodné sklizni, konzervaci, skladování a úpravě krmiv mohou do krmiv dostat kameny, zemina a jiné cizí předměty; např. příliš hrubé, ostré a tvrdé kovové předměty, ale i prachové částice

Chemické kontaminanty mohou být:

- *anorganické látky*, nejvýznamnějšími jsou kontaminující prvky jako olovo (Pb), kadmium (Cd), rtuť (Hg), arsen (As), fluor (F), chrom (Cr), mangan (Mn), beryllium (Be), měď (Cu), cín (Sn), selen (Se) a hliník (Al); do krmiv se mohou dostat exhalací, z pesticidů, z hnojiv či z pohonných hmot
- *organické látky* jsou zejména kontaminanty průmyslové výroby, které se využívají v zemědělské výrobě (např. na ošetřování kulturních plodin, residua dezinfekčních, konzervačních a deratizačních prostředků); do této skupiny se řadí i kontaminanty vznikající jako vedlejší produkty nejrozličnějších odvětví průmyslové výroby (dioxiny, polychlorované bifenyls, pesticidy) a látky uvolňující se do krmiv z konzervačních a ochranných prostředků (náterů)

Biologické kontaminanty mají původ v živých organismech a do krmiv se mohou dostat nedodržáním hygienických požadavků a nařízení při výrobě a uskladnění. Dělí se na následující skupiny:

- *subcelulární kontaminanty*, u kterých jsou nejdiskutovanější priony, které poškozují centrální nervový systém (CNS), a jejich přenos krmivy; do této skupiny se řadí i viry
- *mikrobiální kontaminanty* jsou široce druhová škála mikroorganismů, které se mohou dostat do krmiv nedodržáním hygienických zásad výroby krmiv; tyto kontaminanty způsobují kvašení a hnití krmiv, snižují nutriční hodnotu krmiv a činností MO může vznikat řada toxických produktů, které mohou být předstupněm mnoha infekčních chorob; řadí se sem bakterie, prvoci a houby
- *mikrobiální kontaminanty* jsou živá i odumřelá těla, tělesné fragmenty, sekrety a výkaly bezobratlých živočichů i obratlovců (hlodavci a ptáci); do této skupiny se řadí i různí skladištní škůdci (brouci, roztoči, moli a pisivky), kteří krmivo nejen znečišťují a konzumují, ale i mechanicky poškozuji sliznici trávicího traktu, přenášejí patogenní MO a vyvolávají alergie

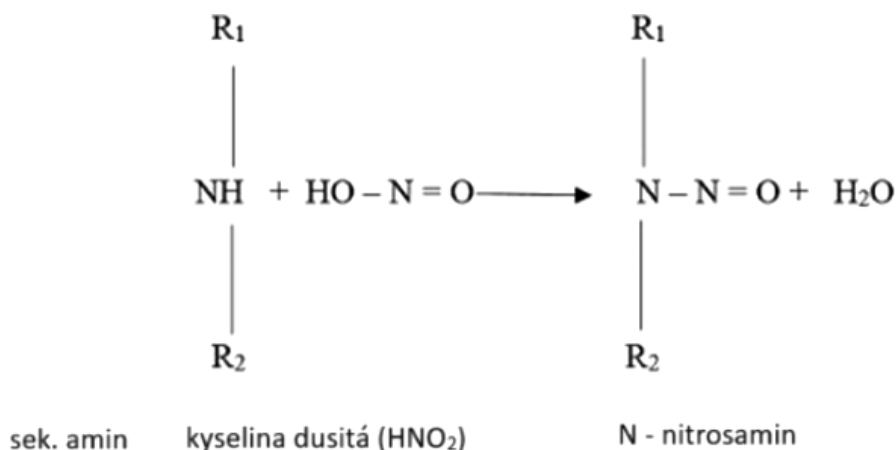
Antinutriční látky vznikající v krmivech jako produkty fyzikálních, chemických a biologických procesů

Skupina těchto látek vzniká z látek netoxických v průběhu výroby, skladování a konzervace krmiv, kdy působením chemických reakcí, mechanickým zpracováním a termické úpravy/teplot (např. zmrazení) dojde k poškození. Zejména jde o látky, které jsou výsledkem fyzikálních, chemických a biologických či mikrobiálních procesů, které probíhají v krmivech.

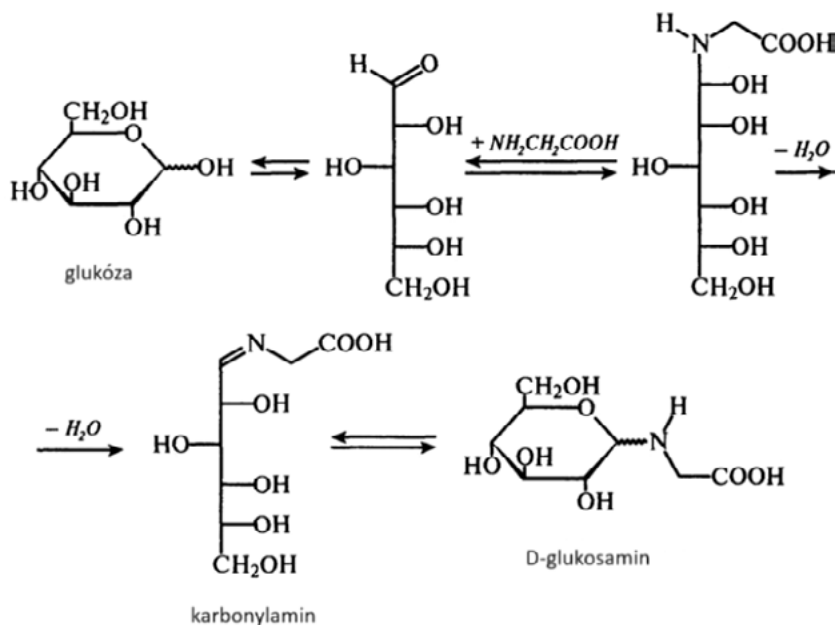
Fyzikální procesy jsou zejména působení:

- *radioaktivního (i UV) záření*, tedy mohou vyvolat změny v krmivech v důsledku aktivace jednotlivých molekul živin, které reagují s jinými molekulami a vznikají různé toxické látky – radiotoxiny
- *teploty*, kdy vysoká teplota způsobuje denaturaci proteinů a inaktivaci některých biologicky účinných látek a dochází následně ke snížení biologické hodnoty krmiv; u zvířat je vysoká citlivost na studené krmivo, které může vyvolávat dietetické poruchy trávení bílkovin, což se projevuje průjmami; nebezpečná jsou pro zvířata zmrzlá krmiva, která po konzumaci mohou narušovat trávicí činnost, zhoršovat stravitelnost a využitelnost krmiv, kdy v důsledku těchto změn klesá obranyschopnost organismu a vznikají záněty střevní a žaludeční sliznice a průjmami

Chemické procesy se projevují při nedodržení správných podmínek (teplota, tlak, vlhkost), kdy vzájemnou reakcí různých látek v krmivech vznikají řady nových sloučenin, které mohou mít následně zdravotně negativní dopad na zdraví a produkci zvířat. Příklady takovýchto procesů jsou např. **nitrosaminy** (Obr. 1), což jsou kancerogenní látky přecházející do mléka, které vznikají reakcí nitrozačních látek (NO_2 , NO_3) se sekundárními amidy nebo alkyl amidy (produkty rozkladu bílkovin v silážích i v trávicím traktu) a **produkty Maillardovy reakce (neenzymatické hnědnutí)**, u kterých se jedná o reakci mezi volnými karbonylovými skupinami a aminoskupinami, kdy AMK jsou redukovány na aldehydy (Obr. 2), které podléhají kondenzačním reakcím s fragmenty cukrů. Vytváří se hnědě zabarvené melanoidy a klesá biologická hodnota cukrů a AMK.



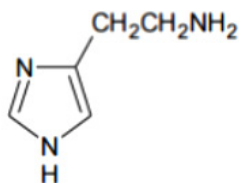
Obr. 1: Vznik nitrosaminů (Převzato a upraveno ze ZEMAN a kol, 2006)



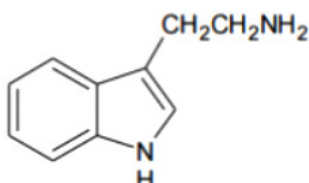
Obr. 2: Příklad Maillardovy reakce (Převzato a upraveno z VELÍŠEK a HAJŠLOVÁ, 2009)

Biologické procesy zahrnují zejména procesy mikrobiální. Působením těchto procesů dochází ke snížení nutriční a dietetické hodnoty krmiva a vznikají zdravotně a hygienicky závadné produkty. Do této skupiny se řadí vznik biogenních aminů, produkty mikrobiálních rozkladů dusíkatých látek a vznik *mykotoxinů*, kterým je věnována samostatná kapitola 2.3.

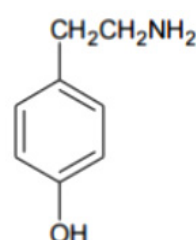
Biogenní aminy vznikají **procesem dekarboxylace**, kdy v krmivech (zejména konzervovaných) často dochází k uvolnění AMK z proteinů nebo peptidů a vlivem enzymové činnosti mikroorganismů, především hnilobných bakterií, dochází k deaminaci aminokyselin, které jsou dekarboxylovány. Následně vznikající amoniak při deaminaci aminokyselin snižuje kyselost siláží a vytváří vhodné podmínky pro intenzivní proces rozkladu. Tímto rozkladem klesá také nutriční hodnota krmiva. Nejtoxičtější aromatické aminy jsou **histamin** a **tyramin**, méně nebezpečné jsou diaminy **putrescin** a **kadaverin**.



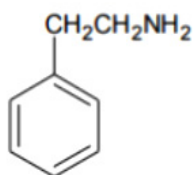
Histamin



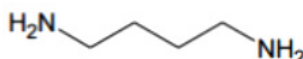
Tryptamin



Tyramin



2-fenylethylamin



Putrescin



Kadaverin

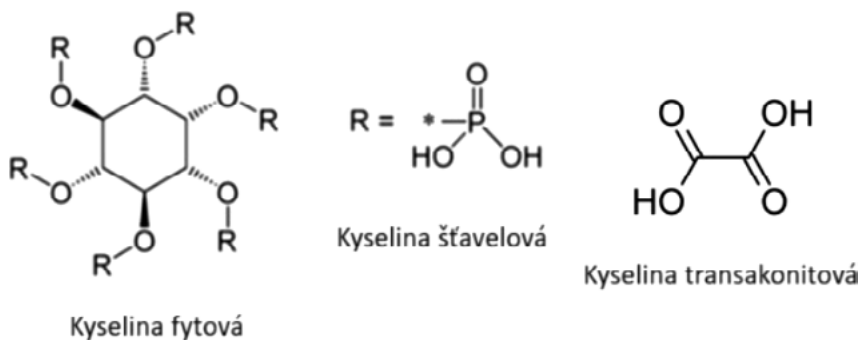
Produkty mikrobiálního rozkladu dusíkatých látek jsou zejména dusičnany a dusitany NO_2^- a NO_3^- . Ke vzniku těchto produktů dochází při špatném skladování krmiv, při jejich zmrznutí a následném rozmrznutí a při rozvoji hnilobné mikroflóry.

Antinutriční látky přirozeně se vyskytující v krmivech

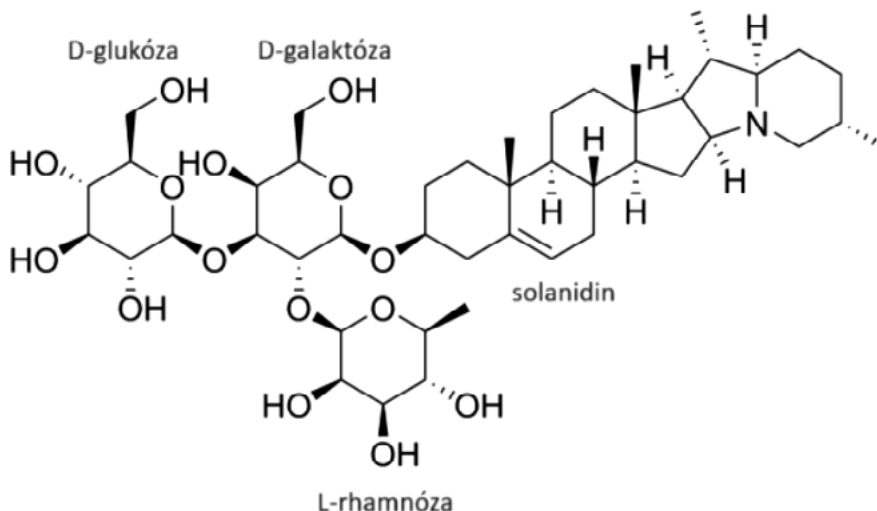
Tato skupina se dělí na dvě podskupiny, a to na anorganické a organické látky.

Anorganické antinutriční látky jsou **křemičitany**, které obsahují křemík a ukládají se v mezibuněčných prostorech rostlin, zvyšují odolnost rostlin vůči chorobám a škůdcům. Křemík a jeho sloučeniny inhibují mikrobiální činnost v trávicím traktu (bachoru). Dalšími látkami jsou **dusičnany**, tedy dusičnanové ionty jako přirozeně přítomné dusíkaté látky v každé rostlině. Dusičnany jsou v trávicím traktu redukovány na dusitany, dostávají se do krve, oxidují hemoglobin na **methemoglin** a nastává hypoxie (nedostatek O_2 ve tkáních) až anoxie (tkáňové dušení). Poslední antinutriční anorganickou látkou je **draslík**, který v nadbytku v krmivech negativně ovlivňuje metabolismus zvířat. Jeho nadměrné renální vylučování brání vylučování iontů vodíku, což může vést k **metabolické acidóze**.

Organické antinutriční látky tvoří obsáhlejší skupinu a řadí se sem organické kyseliny a jejich soli (kyselina fytová, kyselina šťavelová, transakontitová, kyselina eruková – Obr. 3), rostlinné fenoly (trísloviny – taniny; lignin a jeho štěpné produkty – fenolické kyseliny), fenolická barviva (gossypol), alkylresorciny, látky obsahující v molekule dusík (alkaloidy – morfin, chinin, nikotin, kofein, theofilin, theobromin, atropin, akopolamin, coniin, taxin, kolchicin, akonitin, piperin, strychnin, brucin, kapsaicin; glykoalkaloidy – solanin (Obr. 4), chakonin; toxické bílkoviny – lektiny (ricin), toxické peptidy – dipeptid linatin; toxické aminokyseliny – lathyrogeny), rostlinné glykosidy (glukosinoláty, kyanogenní glykosidy – linamarin, linustatin, neolinustatin; saponiny), rostlinné fytoestrogeny, inhibitory enzymů, antivitaminy.



Obr. 3: Strukturální vzorce organických kyselin (Převzato a upraveno z cs.wikipedia.org)



Obr. 4: Strukturální vzorec solaninu (Převzato a upraveno z cs.wikipedia.org)

Mykotoxiny

Jsou to **sekundární metabolity** některých druhů **plísní** rostoucích ve specifických podmínkách. Mykotoxiny jsou velmi stabilní sloučeniny, vyskytující se v krmivech dlouho poté, co vegetativní formy plísní již nemusí být v krmivu přítomny vůbec. Plísně vegetují na rozsáhlém množství zemědělských komodit, tedy hlavně olejnin, obiloviny, luškoviny, zelenina, ovoce a také v lučních a pastevních porostech.

Existuje více než 300 druhů mykotoxinů, které jsou produkovány asi 350 druhy plísní. Ke kontaminaci plísní dochází již v průběhu celého výrobního procesu, tedy již při pěstování, sklizni, skladování i konzervaci. Mohou být přítomny v celém fermentačním procesu, bez toho, aby byly inaktivovány. Podmínky prostředí ovlivňující růst plísní a produkci mykotoxinů v krmivech jsou spjaté nejen se samotným krmivem, ale i s podmínkami skladování a dalšími faktory, jako jsou **fyzikální** (teplota 10 – 40 °C, vlhkost vlastního substrátu, vlhkost prostředí, složení substrátu, způsob sklizně, mechanické poškození obalu, přístup kyslíku a živin), **chemické** (sušina krmiva, pH 4-8, přítomnost fungicidních a baktericidních látek, aplikace konzervačních prostředků, podíl a složení epifytní mikroflóry) a **biologické** (vlastnosti kmene, druh plísní a konkurenční vztahy plísní a bakterií, toxigenní vlastnosti). Některé z těchto faktorů se dají ovlivnit, a to například je-li vlhkost zrnin méně než 12 %, tak je růst plísní značně omezen.

Rozlišujeme tři skupiny plísní, a to **plísně polní** (rod *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporidium*, *Diplodia*, *Giberella* a další), jež jsou přítomny v zrna již před sklizní obilovin, **plísně skladištní** (rod *Aspergillus*, *Penicillium*), tyto mohou produkovat mykotoxiny v podmínkách skladování a **polní i skladištní plísně** (rod *Penicillium*). Mykotoxiny se hojně vyskytují v silážích, nejhojněji deoxynivalenol (DON) a dále T-2 toxin, patulin, ochratoxin a jiné. *Penicillium roquei* a *Aspergillus fumigatus* se řadí mezi potencionální producenty mykotoxinů v kukuřičné siláži. Téměř 45 % kmenů rodu *Fusarium*, které jsou izolované z kukuřičné siláže má schopnost tvořit trichoteceny typu A a zearalenon

a další fuzáriové mykotoxiny jako fumonisin, moniliformin a kyselina fuzáriová. Velmi vážným případným rizikem u kukuřičných siláží je výskyt zearalenonu, T-2 toxinu, patulinu a trichotecanů. Důležité je tedy nezkrmovat siláže, které jsou vystaveny přístupu vzduchu více než pár dní. U suchých krmiv (sláma, seno) se vyskytují mykotoxiny stachybotryotoxin a ochratoxin.

U přežvýkavců je vyvinuta určitá **schopnost redukovat a tolerovat vyšší hladinu mykotoxinů** (zejména zearalenonu a ochratoxinu), a to pomocí pufracích vlastností a aktivitě bачorové mikroflóry. Mikroorganismy působící v bачoru metabolizují tyto toxiny na neškodné netoxické metabolity. Na případnou přítomnost plísní a mykotoxinů v krmivech upozorní některé senzorické změny, mezi které patří charakteristický zápach, barva či morfologické změny na plodech a semenech. Plísňové metabolity také významně ovlivňují chuť krmiva.

Mezi negativní účinky mykotoxinů na organismus se řadí poškození CNS, poškození parenchymatózních orgánů, snížení imunitního systému, narušení srážlivosti krve, akutní nebo chronické selhání orgánů (selhání jater a ledvin, cirhotické změny na játrech), záněty a zápaly orgánů. Mykotoxiny vykazují také karcinogenní, teratogenní a mutagenní účinky.

Pomocí technologických úprav nelze mykotoxiny zcela odstranit, nutná je tedy prevence a správné technologické postupy, které mohou případnou kontaminaci eliminovat.

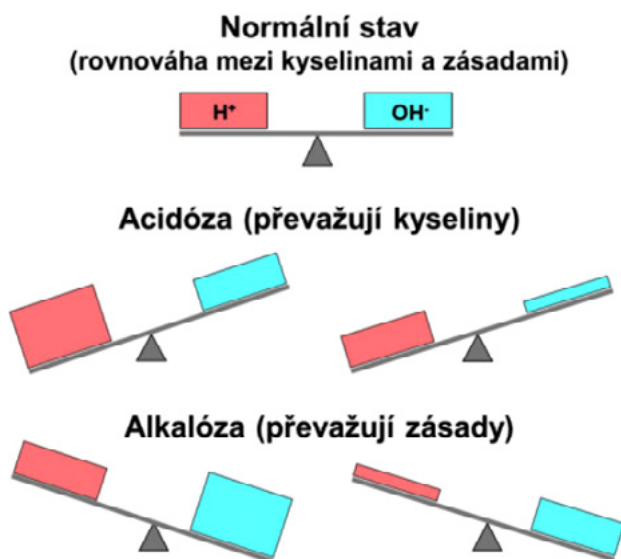
5.4.3 ACIDÓZA A ALKALÓZA

Další dvě kapitoly se budou zabývat abnormálními situacemi (acidóza a alkalóza), které jsou způsobeny nadbytkem kyselin nebo alkalických látek (bází) v krvi. Daná nerovnováha může být vyvolána celou řadou nemocí a neočekávaných stavů (Obr. 5). Normální pH krve je nutné udržovat v úzkém rozmezí 7,36 – 7,44 k zajištění správné funkce metabolických procesů a dodávky dostatečného množství kyslíku tkáním.

Poruchy acidobazické rovnováhy můžeme rozdělit do dvou velkých skupin, a to:

Za prvé na poruchy ovlivňující dýchání (respiraci) a vedoucí ke změnám koncentrace CO_2 . Tyto poruchy se nazývají respirační acidóza (při nízkém pH) a respirační alkalóza (při vysokém pH). Respirační poruchy acidobazické rovnováhy bývají obvykle způsobeny onemocněním plic nebo stavu, které ovlivňují normální dýchání.

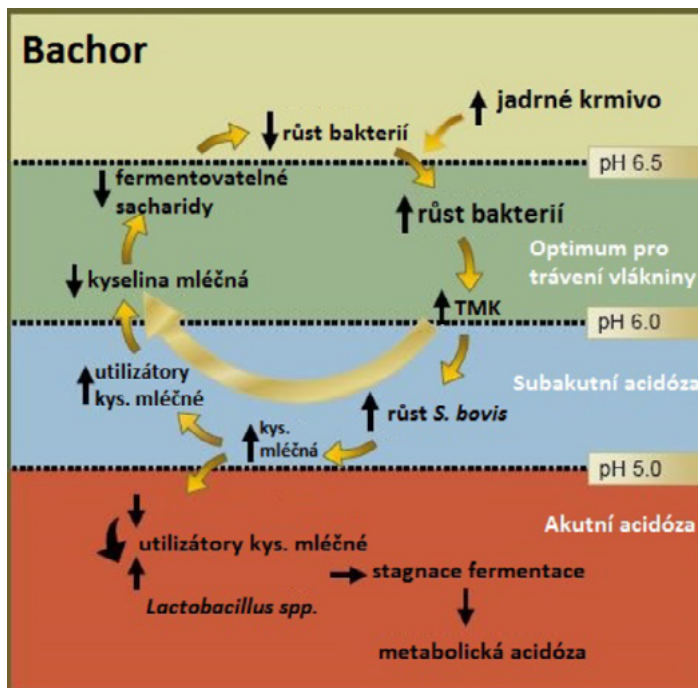
Za druhé na poruchy měnící koncentraci HCO_3^- , které se nazývají metabolická acidóza (nízké pH) a metabolická alkalóza (vysoké pH). Takovéto metabolické poruchy acidobazické rovnováhy mohou být způsobeny onemocněním ledvin, těžkým zvracením nebo průjmem, změnami v koncentraci elektrolytů, požitím určitých léků či jedů a nemocemi, které ovlivňují normální metabolismus (např. diabetes mellitus).



Obr. 5: Znázornění poruch rovnováhy mezi kyselými a zásaditými látkami. Znázorněny jsou dvě příčiny acidózy a alkalózy (Převzato z vovcr.cz)

Acidóza

Acidóza je jednou z nejčastějších poruch trávení u přežvýkavců, která významně narušuje průběh fermentačních procesů v bachelu a ovlivňuje funkci bachelové stěny. Pro acidózu je charakteristické pomnožení bakterií (strep-tokoků a zvláště laktobacilů) v bachelové tekutině. Můžeme ji rozdělit na několik forem, a to na akutní, chronickou a subakutní (Obr. 6).



Obr. 6: Vznik subakutní a akutní acidózy (Převzato z web2.mendelu.cz)

Akutní acidóza/laktacidóza

Je to těžká dysfunkce předžaludku, která vzniká narušením fermentace v bachelu s následným narušením celkového stavu. Dochází k výraznému poklesu pH po **náhlém příjmu** velkého množství **lehce hydrolyzovatelných/fermentovatelných sacharidů** (škrob, cukry, obiloviny, melasa, okopaniny – řepa, brambory, ovoce, pečivo) do tzv. neadaptovaného předžaludku.

Příjem nadměrného množství lehce stravitelných sacharidů v bachelu dochází k výraznému **pomnožení gram-pozitivních (G+) bakterií**, které produkují **TMK** a **vysoké množství kyseliny mléčné**. Rostoucí koncentrace k. mléčné následně vede k **poklesu pH**, a tím dochází k poruše trávení vlákniny a k úplnému zastavení tvorby TMK. Jestliže klesne **pH pod hodnotu 3,8** dochází k defaunaci (vymření) všech G+ bakterií a nálevníků. Rovněž se kyselina mléčná vstřebává do krve a dochází k metabolické acidóze.

Do lehčích forem příznaků se řadí nechutenství, přežvykování a snížené tvorby slin, průjmy šedavé barvy. Pro akutní těžké formy jsou typické výrazné apatie, třes, kolikové bolesti, skřípání zubů, nekoordinovaná chůze a ulehnutí, dále polypnoe a akutní záněty paznehtů. Bachor je naplněný tekutinou a výsledkem těžké acidózy je úplná zástava bachelové motoriky.

Diagnostika se provádí vyšetřením bachelové tekutiny, která má kyselý zápach a šedou mléčnou barvu. Konzistence je zpočátku vazká, později vodnatá. Bachelová tekutina má při acidóze nízké pH v rozmezí 3,8 – 5 a nejsou v ní přítomni nálevníci, koncentrace kyseliny mléčné a celková acidita jsou zvýšené. Těkavé mastné kyseliny jsou sníženy nebo téměř vymizelé.

Jako první pomoc je nutné stabilizovat prostředí bachelu a zabránit další tvorbě kyseliny mléčné. Je nutné dodat ztracené elektrolyty a tekutiny a obnovit fermentační procesy v bachelu. U lehčí formy je vhodné změnit krmnou

dávku, tedy krmit senem a energetické krmivo vyloučit ze stravy. Aby se stabilizovalo bachorové prostředí, aplikuje se intraruminálně roztok **hydrogenuhličitanu sodného** (jedná sůl). Bachorové prostředí se dá upravit celkovým výplachem bachoru teplou vodou či podáním bachorové tekutiny zdravého zvířete. Dále se podávají antibiotika – penicilin a aplikuje se intravenózně roztok 40% glukózy, aminokyselin a vitaminy skupiny B.

Jako prevence se doporučuje přikrmovat vyváženou krmnou dávkou a přísun krmiva s vysokým obsahem sacharidů byl povolný. Vhodné je do krmiva přidávat malé množství jedlé sody.

Chronická acidóza

Chronická či subklinická acidóza (SARA) vzniká při dlouhodobém narušení bachorové fermentace. **Nevhodné** jsou tedy krmné dávky s **vyšším obsahem energie** a současně s **nedostatkem strukturální a hrubé vlákniny**.

Nedostatečný přísun vlákniny má za následek omezení přežvykování a pokles produkce slin. Dochází ke **zvýšené koncentraci TMK** – kyseliny propionové a **vyšší přísun sacharidů** ovlivňuje v bachoru produkci **kyseliny mléčné** a máselné, které **snižují pH** bachorové tekutiny na 5,2 – 5,9. Tímto snížením dochází ke zhoršení podmínek pro růst celulolytických bakterií a trávení vlákniny. Při dlouhodobém výskytu kyselin v bachorové tekutině dochází k trvalému zvýšení acidity, které má za následek porušení acidobazické rovnováhy krve a vznik metabolické acidózy.

Mezi příznaky se řadí hubnutí, snížená motorika bachoru, zkrácení doby přežvykování, řidší konzistence výkalů a vyšší podíl nestráveného krmiva, poruchy reprodukce, kulhání či odvápnění kostí (demineralizace skeletu).

Diagnostika spočívá ve vyšetření bachorové tekutiny, která má světlejší barvu, snížené pH na 5 -6 a je zde snížený počet nálevníků. Koncentrace kyseliny propionové a mléčné jsou zvýšené a také celkových TMK.

Prevence spočívá ve vyrovnaní krmné dávky s optimálním obsahem hrubé vlákniny a strukturní vlákniny, tím se prodlouží doba příjmu potravy a přežvykování, dojde k aktivaci tvorby slin a uplatní se pufrací funkce. Vhodné je podávat krmiva s menším obsahem škrobu a zvýšeným podílem vlákniny a jedlé sody ke kompenzaci kyseliny mléčné.

Alkalóza

Alkalóza je porucha fermentace charakterizovaná **zvýšením pH v bachoru** v důsledku zvýšené koncentrace amoniaku/močoviny, např. z nelegálně získaného doplňkového krmiva bez znalosti jeho složení. Následkem toho dojde k intenzivnímu rozkladu močoviny a vzniká **čpavek** a **CO₂**. Amoniak je využíván bachorovou mikroflórou k tvorbě biomasy, jeho nadměrné množství vede ke zvýšenému pH, které se projeví poklesem počtu bachorových nálevníků. Oslabení bachorové mikroflóry způsobuje sníženou tvorbu TMK. Amoniak také proniká do krve a vzniklý nervový jed ochromuje nervová zakončení mechanoreceptorů bachoru, poškozuje nervovou regulaci motoriky předžaludku a dle závažnosti napadení vzniká akutní nadmutí, v horším případě může hrozit i otrava celého organismu.

Lehčí formy příznaků napadení jsou poté nechutenství, průjmy (tmavší barva, amoniakální zápach), pokles užitkovosti, poruchy reprodukce a zhoršení tělesné kondice, snížená kvalita kolostra a nízká obranyschopnost mláďat. Těžší formy u postižených jsou nadměrné slinění – hypersalivace (snaha o okyselení bachoru), svalové třesy (až tetanické křeče), ulehnutí.

Příčinami může být zkrmování krmiv s **vysokým podílem dusíkatých látek** (dusíkem přehnojené porosty) se současným **nedostatkem snadno fermentovatelných sacharidů**, příp. i hrubé strukturální vlákniny, vysoký obsah dusičnanů a dusitanů v krmné dávce, předávkováním močovinou (resp. chyby v jejím zkrmování), přísun nadměrného množství alkalizujících látek (pufry), mladé pastevní porosty, luštěniny, močovina a kontaminace krmiv hlínou. Alkalóza může vzniknout i při překrmení bílkovinnými krmivy (zejména řepkou, vojtěškou a jetelem v raných fenofázích i zapařenou zelenou pící). Vzniklé plyny a uvolněný čpavek způsobují nefunkčnost regulace a motoriky bachoru.

Diagnostika alkalózy probíhá pomocí klinického vyšetření, kdy se provádí vyšetření bachorové tekutiny, která bývá zabarvená do tmavě hnědozelené barvy, může být mírně zpěňená, zapáchající po amoniaku, zvýšená koncentrace amoniaku, nižší koncentrace TMK, kyseliny propionové a počtu nálevníků. Zvýšené pH je v rozmezí 7,2-8.

Opatření či prevence spočívá v úpravě krmné dávky přidavkem jádra a dalších zdrojů pohotové energie, propionátů, snížení podílu dusíkatých látek. Maximální množství močoviny v KD nesmí překročit 150 g/den.

Hniloba bachorového obsahu

Jedná se o těžkou poruchu fermentace/trávení navazující na jiné typy bachorových disfunkcí, při které dochází k **hnilobnému rozkladu bachorového obsahu**, produkci množství toxinů a výrazného zvýšení pH.

Příčiny vzniku mohou být podobné jako u alkalózy, jedná se o zkrmování nahnilých, zaplísňených či silně znečištěných krmiv, znečištěnou vodou, velkého množství plodových obalů a vod nebo po aplikaci antibiotik do bachoru. Velké množství pozřených dusíkatých látek vede k produkci amoniaku, a tím dochází ke zvýšení pH v bachoru. Současně se v bachoru množí patogenní mikroflóra (hnilobné bakterie – *Escherichia coli*), které produkují toxiny. Následkem dochází k porušení bachorové motoriky a poškození sliznice bachoru až k celkovému poškození organismu.

Mezi příznaky se řadí nechutenství, snížený příjem krmiva, apatie, pokles užitkovosti, průjmy až zastavení bachorové motoriky, ochrnutí – parézy, ulehnutí, celkové vyčerpání a v těžší formě až úhyn.

Diagnostika spočívá ve vyšetření bachorové tekutiny, která je tmavě zbarvená, kašovitá, má hnilobný zápach a mírně zpěněná. Zvýšené pH v rozmezí 7,5 – 8,5. Je zde zvýšená koncentrace amoniaku a silně snížená koncentrace TMK.

Terapie či prevence je stejná jako bachorové alkalózy. Nutné je neutralizovat bachorový obsah a obnovit bachorovou mikroflóru.

5.4.4 SHRUTÍ A ZÁVĚREČNÁ DOPORUČENÍ

Krmiva s vysokým obsahem lehce stravitelné energie (s velkým podílem lehce stravitelných bílkovin) jsou zásadně nevhodná pro srnčí zvěř, stejně jako ostatní přežvýkavce, pokud jsou předkládána samostatně bez doplňků s dostatečným podílem strukturální vlákniny. Takto nevhodná krmiva jsou například obiloviny, z nichž zejména kukuřice a pšenice, ale i ječmen, mají extrémně vysoký obsah lehce stravitelných živin při nízkém podílu strukturálně účinné vlákniny. Je tedy nutné mít na paměti, že předkládání samotného krmiva je vždy značným nebezpečím vzniku rozsáhlých zažívacích poruch u zvěře.

5.4.5 POUŽITÁ A DOPORUČENÁ LITERATURA

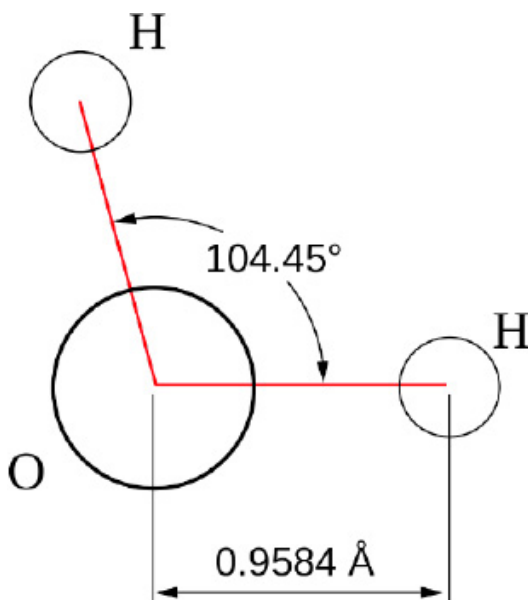
- Aschenbach J. a kol. 2014, Ruminant nutrition symposium: Role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH, Journal of Animal Science, 89:1092-1107 BENKERROUM, N., 2016: Mycotoxins in dairy products: A review. International Dairy Journal, 62 (1), 63-75. ISSN 0958-6946.
- ILLEK J., 2013, Acidóza bachorového obsahu – stálý problém v chovu dojníc, Veterinářství, 63. ročník, č. 5, s. 390-393, ISSN 0506-8231.
- HOFÍREK B., DVOŘÁK R. 2009, Netraumatické dysfunkce předžaludku, s. 381-393, In: Hofírek B. a kol., Nemoci skotu, Brno, Česká buiatrická společnost, ISBN 978- 80-86542-19-5
- Krmivářské poradenství (web). https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=2974&typ=html.
- Kyselina fytoová (web). https://cs.wikipedia.org/wiki/Kyselina_fytov%C3%A1.
- Kyselina šťavelová (web). https://cs.wikipedia.org/wiki/Kyselina_%C5%A1%C5%A5avelov%C3%A1.
- Kyselina transakinitová (web). https://cs.wikipedia.org/wiki/Kyselina_%C5%A1%C5%A5avelov%C3%A1
- MENZEL, K., 2011. Chování, chov a lov jelení zvěře. Líbeznice, Víkend, 195 s. ISBN 978-80-7433-038-4.
- Poruchy acidobazické rovnováhy (web). <https://www.vovcr.cz/odz/zdrav/189/page86.html>.
- Solanine chemical structure (web). https://cs.m.wikipedia.org/wiki/Soubor:Solanine_chemical_structure.png
- STRAKOVÁ, E. a kol. 2006: Antinutriční látky vznikající v krmivech jako produkty fyzikálních, chemických a biologických procesů. Krmivářství, X (5): 22-25. ISSN 1212-9992.
- STRAKOVÁ, E. a kol. 2007: Antinutriční látky přirozeně se vyskytují v krmivech. Krmivářství, XI (1): 18-21.
- SUCHÝ, P. a kol. 1998: Antinutriční látky V. Krmivářství, II (2): 27. ISSN 1211-5681.
- SUCHÝ, P. a kol. 2006: Antinutriční látky kontaminující krmiva. Krmivářství, X (3): 16-18. ISSN 1212-9992.
- SUCHÝ, P., HERZIG, I., 2005. Plísňe a mykotoxiny. Prevence jejich vzniku a dekontaminace v krmivech. Studie VVVZ.
- VELÍŠEK, J. a HAJŠLOVÁ, J. 2009. Chemie potravin I, vydalo nakladatelství OSSIS, 3. Vydání, ISBN 978-80-86659-15-2.
- ZEMAN, L. a kol., 2006. Výživa a krmení hospodářských zvířat. 1. Praha: Profi Press, 360 s, ISBN: 80-86726-17-7.

ZNEČIŠTĚNÍ ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

6 ZNEČIŠTĚNÍ VODY

Voda hraje klíčovou roli v rozvoji živých i neživých systémů. Pokrývá sedmdesát procent zemského povrchu a poskytuje prostředí pro mnoho forem života, včetně flóry a fauny. Na naší planetě probíhá neustálý koloběh vody, který zahrnuje její využití v domácnostech a průmyslu, spotřebu rostlinami a zvířaty, odpařování, filtraci skrze půdu a mnoho dalších aspektů. Vlastnosti vody významně ovlivňují povahu těchto procesů.

Voda (oxid vodíku) má chemický vzorec H_2O a je nejjednodušší stabilní sloučeninou vodíku a kyslíku. Její vynikající chemické a fyzikální vlastnosti jsou odvozeny z geometrie molekuly. Atomy nejsou uspořádány lineárně, chemické vazby mezi atomy tvoří úhel přibližně 105° (obr. 1). Toto uspořádání vysvětluje polaritu molekuly vody.



Obr. 1 Struktura molekuly vody

6.1 ZAJÍMAVÁ FAKTA O VODĚ

- **Silné interakční síly mezi molekulami:**

Interakční síly mezi molekulami vody jsou natolik silné, že voda vytváří kapky, ve kterých mohou být rozpuštěny další kapaliny.

- **Roztažení při zmrazení:**

Při zmrazení vody dochází k unikátnímu jevu, kdy se voda neroztahuje, ale naopak se rozpíná. Toto chování je neobvyklé ve srovnání s většinou jiných látek.

- **Teplota tuhnutí s rostoucím tlakem:**

Teplota, při níž voda tuhne, klesá s rostoucím tlakem, což je odlišné od chování většiny látek.

- **Zvláštní chování hustoty vody:**

Hustota vody se mění s teplotou. V pevném skupenství (ledu) je nižší než v kapalném stavu. Maximální hustota vody je při teplotě 4°C , a s dalším zahříváním se snižuje.

- **Bod varu vody:**

Voda vaří při teplotě 100°C při atmosférickém tlaku 760 mm Hg. I když by podle běžných fyzikálních zákonů měla mít bod varu kolem 80°C , silné interakční síly mezi jejími molekulami tento bod varu zvyšují.

Voda vykazuje mnoho jedinečných vlastností, které mají zásadní dopad na život a ekosystémy.

6.2 HODNOCENÍ KVALITY VODY

Existují různé přístupy k hodnocení kvality vody, které lze rozdělit do následujících kategorií:

- **Analytický přístup:** Jedná se o fyzikálně-chemické hodnocení kvality vody, kdy se stanovuje míra přítomnosti různých látek ve vodním toku. Tento přístup využívá kvantitativní analýzu jednotlivých složek vody a umožňuje zjistit přesné koncentrace znečišťujících látek.
- **Holistický přístup:** Tento způsob hodnocení je založen na biologickém monitorování, tedy hodnocení kvality vody prostřednictvím biomonitorů. Jde o komplexní hodnocení vodního ekosystému, které se zaměřuje na přítomnost a stav různých organismů, jejichž citlivost na znečištění poskytuje informace o ekologické kvalitě vody.
- **Alternativní metody:** Tyto metody se zaměřují na hodnocení změn pohyblivosti vody, například analýzou kapkového obrazu. Tímto způsobem lze zkoumat dynamiku vodních kapek a jejich chování, což může být indikátorem různých změn ve

6.3 ODBĚR VODY PRO ANALÝZU

Odběr vody pro analýzu je klíčovým krokem pro stanovení kvality vody. Správná metoda odběru zajistí, že vzorek bude přesný a reprezentativní.

Přímý odběr do vzorkovnic: Jedná se o běžný způsob, kdy je voda odebírána přímo do nádob, které jsou určeny pro prevoz a uchování vzorků. Nejčastěji vzorek odebírají od sterilní lahve s tmavého skla a s uzávěrkou. Lahve se ponoří do vody, aby se minimalizoval kontakt vzorku s okolním vzduchem. Lze použít pro odběr povrchové i podzemní vody.

Kalovka: Odběr vody prováděný u hladiny. Tato metoda je vhodná pro vzorky, které nejsou ovlivněny hloubkou odběru a kde je důležitý povrchový obsah látek ve vodě.

Zonální vzorkovač: Zařízení umožňující hloubkově orientované odběry vody. Používá se v případech, kdy je třeba analyzovat vodu z různých vrstev vodního sloupce.

Čerpací zařízení: Může být stacionární nebo mobilní. Tato zařízení se využívají pro odběr většího množství vody nebo v případech, kdy je odběr vody z konkrétní hloubky či místa obtížný tradičními způsoby. Pomocí čerpacího zařízení (stacionární, mobilní) voda se nasává do lahve nebo nádoby pomocí čerpadla, což minimalizuje riziko kontaminace vzorku. Používá se především pro odběr vody z vrtů nebo studní. Moderní zařízení mohou automaticky sbírat vzorky v pravidelných intervalech. Ideální pro dlouhodobé monitorování nebo sledování změn v kvalitě vody.

6.4 ANALYTICKÝ PŘÍSTUP HODNOCENÍ VODY, FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ PARAMETRY VODY

6.4.1 FYZIKÁLNÍ SKUPENSTVÍ VODY

Voda je jedinou substancí na Zemi, která existuje ve třech rozličných stavech agregace:

- tuhém (ledu),
- kapalném (tvoří hlavní část vody na naší planetě)
- a plynném (ve formě páry).

6.4.2 TEPLOTA VODY

Teplota vody představuje klíčový fyzikální parametr, který odráží aktuální stav vodního toku a jeho povodí. Kolísání teploty vody je ovlivněno příjmem slunečního záření z atmosféry, ohřevem vody, dna a pobřeží. Teplota vody se mění v závislosti na denním i sezónním cyklu, množství slunečního záření a klimatických podmínkách.

Z hlediska kvality vody má teplota několik zásadních vlivů: především ovlivňuje kyslíkový režim toku, biochemické procesy a životní podmínky organismů vázaných na vodní prostředí. Teplota vody přímo ovlivňuje množství rozpuštěného kyslíku, který je nepřímo úměrný teplotě – s rostoucí teplotou se obsah kyslíku ve vodě snižuje. Tento jev

může způsobit kyslíkový deficit, což má negativní dopad na ekosystém toku. Například ryby při vyšších teplotách hůře absorbují kyslík rozpuštěný ve vodě.

Teplotní znečištění je obzvláště problematické v malých tocích, kde může průmyslové vypouštění odpadních vod výrazně ovlivnit tepelné podmínky.

Pro správné měření teploty vody je nutné provádět měření ihned při odběru vzorku. Teploměr by měl být ponořen pod hladinu, aby vzorek nebyl ovlivněn přímým slunečním zářením.

Tabulka 1 Klasifikace vody podle teploty

Druh vody	Teplota
Studená	Do 25 °C
Vlažná	25-35 °C
Teplá	35-42 °C
Horká	Nad 42 °C

6.4.3 CHUŤ VODY

Chuť vody se kontroluje pouze u vzorků pitné vody, které jsou bakteriologicky bezpečné a neobsahují toxické látky. Chuť vody lze rozlišit podle čtyř základních kategorií: slaná, sladká, kyselá a hořká. Vedle těchto základních chutí mohou být identifikovány i různé příchutě, například kovová, houbovitá, mdlá, železitá, zatuchlá nebo zemitá.

6.4.4 PACH VODY

Charakter a intenzita zápachu přírodní vody jsou stanoveny organolepticky. Zápachy se podle původu dělí na dvě hlavní skupiny: přírodního původu (způsobené živými a mrtvými vodními organismy, rozkládajícími se rostlinnými zbytky apod.) a umělého původu (způsobené příměsemi průmyslových a zemědělských odpadních vod). Zápachy umělého původu jsou často specifikovány podle zápachových látek, jako jsou fenolové, chlorované nebo benzinové látky.

Klasifikace zápachu vody je uvedena v Tabulce 2.

Tabulka 2 – Klasifikace pachu vody

Stupně pachu	Charakteristika pachu	Vnější projev
0	Žádný	pach nelze zjistit
1	Velmi slabý	pach nezjistí spotřebitel, může jej však zjistit odborník
2	Slabý	pach zjistí spotřebitel, je-li na něj upozorněn
3	Znatelný	pach lze zjistit, může proto být příčinou nechuti spotřebitele
4	Zřetelný	pach vzbuzuje pozornost a tím i nechut spotřebitele k požívání vody
5	Velmi silný	pach je tak silný, že vodu nelze pít

6.4.5 BARVA

Barva přírodních vod je hlavně způsobena přítomností huminových látek a sloučenin třívalentého železa. Huminové látky jsou organické sloučeniny vytvářené během chemického a biochemického rozkladu rostlinných zbytků. Při přechodu z půdy do vody tyto látky zbarvují vodu do žlutého nebo hnědého odstínu v závislosti na jejich koncentraci. Největší barvu mají přírodní povrchové vody řek a jezer, nacházející se v oblastech rašelinišť a bažinatých lesů, nejmenší barvu mají ty, které se nacházejí v lesostepních a stepních oblastech.

6.4.6 KONDUKTIVITA

Konduktivita (vodivost) je schopnost vody vést elektrický proud, kterou ovlivňuje přítomnost kationtů a aniontů, uvolněných při disociaci elektrolytů. Znečišťující látky v toku zvyšují koncentraci těchto iontů, což vede ke zvýšení vodivosti. Konduktivita vody se měří pomocí konduktometru.

Limitní hodnota vodivosti pro pitnou vodu je přibližně 1000 mg/l (nebo 125 mS/m). Pokud vodivost tuto hranici překročí, voda je označována jako minerální. Přestože minerální voda může mít určité zdravotní přínosy, není vhodná pro pravidelnou konzumaci ani běžné využití, protože může mít nepříjemnou chuť a ve vyšších množstvích způsobit průjemová onemocnění.



Obr 2 Konduktometr

Tabulka 3 Hodnoty vodivosti pro různé druhy vody

Druh vody	Hodnoty
Destilovaná voda	0,05–0,3 mS/m.
Povrchové a podzemní vody	5–50 mS/m
Kojenecká a stolní voda	50 mS/m.

6.4.7 PRŮHLEDNOST

Průhlednost vody je klíčovým parametrem, který poskytuje informace o schopnosti světla pronikat vodním prostředím a o viditelnosti pod vodou. Na průhlednost vody mají vliv různé faktory, včetně obsahu suspendovaných částic, rozpuštěných látek a organismů. Čistá voda má obvykle vysokou průhlednost, což znamená, že světlo může pronikat do velké hloubky, což umožňuje lepší pozorování podvodního prostředí. Naopak znečištěná voda má sníženou průhlednost kvůli přítomnosti částic, bahna, řas a rozpuštěných látek.

Pro měření průhlednosti vody v jezerech a oceánech se často používá Secchiho disk, což je velký černobílý kotouč s měřicí stupnicí. Disk se spouští do vody a měří se hloubka, na které se disk stane neviditelným. Tato hloubka poskytuje informaci o průhlednosti vody.

Veškeré látky obsažené ve vodě lze rozdělit na **rozpuštěné** a **nerozpuštěné**. Pitná voda nesmí nikdy obsahovat nerozpuštěné látky. **Rozpuštěné látky** odpaření známého objemu přefiltrované vody, vysušením při 105°C do konstantní hmotnosti, či žiháním → ztráta žiháním. **Nerozpuštěné látky** jsou látky pevné nebo koloidně suspendované, zachytí se na filtru, který je sušen a následně žihán při 550°C do konstantní hmotnosti → ztráta žiháním.



Obr. 3 Secchiho disk

6.4.8 PH VODY

pH slouží k určení míry kyselosti nebo zásaditosti vody a patří mezi klíčové ukazatele kvality vody. Hraje důležitou roli při hodnocení stability vody, tvorbě usazenin a jejich korozních vlastností, zejména při využití v průmyslových oběhových systémech. Pro většinu přírodních vod se pH pohybuje v rozmezí 6,5–8,5. pH povrchových vod bývá obvykle vyšší než pH podzemních vod, což je způsobeno nižším obsahem CO₂ v povrchových vodách. pH také napomáhá predikci chemických a biologických procesů probíhajících v přírodních vodách.

K měření pH se používá pH metr nebo univerzální indikátorový papírek Obr. 4, který mění barvu v závislosti na hodnotě pH v rozsahu 0–14. Neutrální hodnota na stupnici je pH 7. Pitná voda by měla mít pH v rozmezí 6,0 až 8,0.

Tabulka 4 pH vody

pH	Charakteristika roztoku
Do 4,0	Extrémně kyselý
4,1-5,2	Kyselý
5,3-6,5	Slabě kyselý
6,6-7,4	Neutrální
7,5-8,7	Slabě zásaditý
8,8-9,9	Zásaditý
Nad 10,0	Extrémně zásaditý



Obr. 4 Indikatorný papír a pH metr

6.4.9 OBSAH ROZPUŠTĚNÉHO KYSLÍKU, CHSK A BSK VE VODĚ

Obsah rozpuštěného kyslíku je jedním z nejvýznamnějších ukazatelů kvality vody. Tento parametr má přímý vliv na životní podmínky vodních organismů, podporuje odbourávání organického znečištění a ovlivňuje průběh veškerých biochemických reakcí ve vodním prostředí. Množství rozpuštěného kyslíku v povrchových vodách je tedy klíčovým faktorem pro udržení zdravého vodního ekosystému.

CHSK (chemická spotřeba kyslíku) udává množství kyslíku, které je za přesně definovaných podmínek spotřebováno na oxidaci organických látek ve vodě pomocí silného oxidačního činidla. Tato hodnota je důležitým indikátorem organického znečištění vody a patří k základním parametrům při rozboru všech typů vod (povrchových, podzemních, odpadních). Hodnota CHSK se udává jako hmotnostní koncentrace kyslíku, který odpovídá spotřebě oxidačního činidla na 1 litr vody, v jednotkách **mg/l**, a u odpadních vod pak v **g/l**.

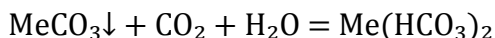
BSK (biochemická spotřeba kyslíku) představuje množství kyslíku spotřebovaného mikroorganismy při biochemické oxidaci organických (a případně i některých anorganických) látek, jako jsou amoniakální dusík nebo dusitany, ve vodě za aerobních podmínek. Tento parametr se udává v **mg/l** a stanovuje se jak pro povrchové, tak pro odpadní vody. Jedná se o jeden ze základních indikátorů kvality vody, který ovlivňuje řada faktorů, například:

- **Teplota při inkubaci:** Vliv na rychlost biochemických procesů.
- **Doba inkubace:** Běžně se stanovuje během pěti dnů (BSK5).
- **Druh a počet mikroorganismů:** Ovlivňují rychlost a míru oxidace organických látek.
- **Přítomnost biogenních prvků:** Podporují aktivitu mikroorganismů.
- **Přítomnost toxických nebo inhibičních látek:** Může inhibovat nebo zpomalovat biochemickou oxidaci.
- **Koncentrace kyslíku a pH prostředí:** Klíčové podmínky pro biochemické procesy.

V celosvětovém měřítku se používá metoda **pětidenní BSK5**, která je standardizovanou metodou zahrnující zředění vzorku a jeho inkubaci [126; 132–135]. Tato metoda poskytuje důležité informace o schopnosti vody odbourávat organické látky prostřednictvím mikrobiálních procesů a je proto klíčová pro posuzování stavu vodního ekosystému a jeho znečištění.

6.4.10 TVRDOST VODY A JEJÍ STANOVENÍ

Na kvalitu vody mají významný vliv vápenaté, hořečnaté a železité soli, které způsobují tvrdost vody. Nerozpustné uhličitany kovů se vlivem oxidu uhličitého a vody přeměňují na rozpustné hydrogenuhličitany a následně se rozpouštějí v podzemní vodě:



(Me - kov)

Přirozená voda, která protéká vápenatými horninami a půdami, se obohacuje o vápenaté a hořečnaté soli a stává se tvrdou.

Stanovení celkového obsahu iontů Ca^{2+} a Mg^{2+} se provádí komplexometrickou metodou. Při titraci se současně stanovují oba ionty pomocí Chelatonu 3 v amoniakálním tlumivém roztoku s pH 10, přičemž se využívá indikátor Eriochromová červen T. Samotný vápník se stanoví titrací v silně zásaditém prostředí s pH 11–12, kde se hořčík vysráží jako $\text{Mg}(\text{OH})_2$ a vytváří průhlednou gelovitou sraženinu. Tato sraženina nereaguje s Chelatonem 3, pokud není koncentrace hořčíku příliš vysoká. Při stanovení vápníku se používá indikátor Murexid. Obsah Mg^{2+} se následně vypočítá jako rozdíl mezi oběma titracemi.

6.5 ZNEČIŠTĚNÍ VODY

Znečištění vody můžeme rozdělit do několika hlavních kategorií podle původu, povahy a závažnosti kontaminace. Některé z hlavních typů znečištění vody zahrnují:

6.5.1 TYPY ZNEČIŠTĚNÍ:

Znečištění vody představuje jakoukoli změnu přirozených fyzikálních a chemických vlastností vody, která vede ke snížení její kvality s ohledem na její další použitelnost. Voda se považuje za znečištěnou, pokud není pitná.

Z hlediska původu znečištění lze ve vodách rozlišit dva hlavní typy:

1. **Allochtonní znečištění:** Nepůvodní nebo cizí znečištění, které proniká do povrchových a podzemních vod z okolních systémů. Často se jedná o **antropogenní znečištění**, tedy znečištění způsobené lidskou činností. Podle způsobu, jakým se toto znečištění dostává do vodních systémů, ho lze dělit na:
 - **Bodové znečištění:** Vzniká soustředěným vypouštěním odpadních vod z větších průmyslových závodů nebo sídlištních celků do recipientu prostřednictvím jedné kanalizace.
 - **Rozptýlené znečištění:** Odpadní vody z jednotlivých domů nebo menších celků ústí odděleně na delším úseku toku.
 - **Plošné znečištění:** Zahrnuje například splachy z hnojených polí, které mohou kontaminovat povrchové vody.

2. **Autochtonní znečištění:** Má zdroj uvnitř samotného vodního systému, například v důsledku odumírání rostlinných nebo živočišných organismů.

Z časového hlediska lze znečištění vody dále rozdělit na:

- **Havarijní (akutní) znečištění:** Náhlé a nepředvídatelné znečištění způsobené haváriemi nebo úniky znečišťujících látek.
- **Trvalé (chronické) znečištění:** Kontinuální vypouštění látek do vody, například z vyčištěných odpadních vod, které stále obsahují určité zbytkové znečištění.
- **Periodické (kampaňové) znečištění:** Dočasné znečištění vznikající sezónně či při specifických výrobních kampaních, jako jsou odpadní vody z cukrovarů během sezóny výroby cukru.

Polutanty zahrnují širokou škálu látek různorodého chemického složení a původu. Mohou být **anorganického** nebo **organického původu**, a to buď **přírodní** nebo **antropogenní**. Mezi nejčastější polutanty patří:

- **Kyseliny a zásady:** Mění pH vody, což může mít vliv na vodní organismy a procesy.
- **Anionty:** Látky jako sulfidy, sulfáty nebo kyanidy, které mohou být toxické nebo ovlivňovat chemické vlastnosti vody.
- **Detergenty:** Povrchově aktivní látky, které mohou způsobovat pění a ovlivňovat životní prostředí.
- **Splašky a zemědělská hnojiva:** Obsahují živiny, které mohou způsobovat eutrofizaci vodních ploch.
- **Potravinářské odpadní vody:** Zatěžují vodní systémy organickým materiálem, který může být obtížně odbouratelný.
- **Plyny:** Například chlór nebo amoniak, které mohou být toxické pro vodní organismy.
- **Oteplené vody:** Tepelné znečištění, například z průmyslu, které mění teplotní režim vodních ekosystémů.
- **Kovy:** Těžké kovy jako kadmium, zinek nebo olovo, které jsou toxické pro vodní faunu a flóru.
- **Živiny:** Hlavně fosfáty a dusičnany, které podporují nadměrný růst řas a sinic.
- **Oleje a olejové disperzanty:** Látky, které vytvářejí olejový film na vodní hladině a mohou být toxické pro vodní organismy.
- **Organické toxické odpady:** Látky jako formaldehydy, fenoly, které jsou toxické pro vodní prostředí.
- **Patogeny:** Mikroorganismy způsobující choroby.
- **Pesticidy:** Chemikálie používané v zemědělství, které mohou znečišťovat vody.
- **PCB (polychlorované bifenylly):** Průmyslové chemikálie, které jsou perzistentní a toxické.
- **Radionuklidy:** Radioaktivní látky, které mohou kontaminovat vodu.
- **Toxické metabolity produkováné mikroorganismy:** Látky produkováné mikroorganismy, které mohou být toxické pro jiné organismy.

6.5.2 CHEMICKÉ ZNEČIŠTĚNÍ VODY

Chemické znečištění představuje významný faktor, který ohrožuje kvalitu vody a vodních ekosystémů. Tyto látky se dostávají do přírodního prostředí různými způsoby, zejména jako odpady z průmyslových procesů, v důsledku havárií (například úniky ropných látek) nebo cíleně, jako v případě aplikace pesticidů v zemědělství.

6.5.2.1. Hlavní typy chemických polutantů:

Ropa a ropné produkty: Při úniku do vodních ploch vytvářejí na hladině tenký olejový film. Tento film zabráňuje okysličování vody, což negativně ovlivňuje vodní organismy. Také poškozuje peří a srst vodních ptáků a jiných živočichů, což zhoršuje jejich izolační vlastnosti a schopnost přežít.

Tenzidy a detergenty: Jsou složkou čisticích a mycích prostředků a obsahují povrchově aktivní látky (tenzidy). Tyto látky snižují povrchové napětí vody, zabráňují výměně plynů mezi vodou a atmosférou a mohou být toxické pro vodní organismy.

Polychlorované bifenylly (PCB): Tyto látky se nacházejí v mazivech, nátěrových hmotách a hydraulických kapalinách. PCB jsou toxické, karcinogenní a mají schopnost bioakumulace, což znamená, že se hromadí v tukových tkáních organismů. Vážně poškozuje nervový systém, kůži a imunitní systém.

Hnojiva a pesticidy: Zemědělská činnost je zdrojem chemického znečištění prostřednictvím aplikace hnojiv a pesticidů, které se mohou dostávat do vodních toků a způsobovat eutrofizaci nebo otravy organismů.

Dioxiny: Vysoce toxické organické látky vznikající při spalování organického materiálu za přítomnosti chloru. Jsou perzistentní a mají schopnost bioakumulace.

Těkavé chlorované látky (AOX): Skupina těkavých organických látek obsahujících chlor, které mají škodlivé účinky na vodní prostředí.

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) a fenoly: PAU jsou skupinou organických sloučenin, které vznikají například při spalování uhlí a ropných produktů. Fenoly jsou další organické látky často používané v průmyslu. Obě skupiny látek mají toxické účinky na vodní organismy.

Těžké kovy: Jako jsou kadmium, zinek, olovo, rtuť a další. Dostávají se do vodních toků hlavně prostřednictvím odpadních vod a emisí z průmyslové činnosti. V organismech, zejména rybách a vodních ptácích, mají schopnost bioakumulace a představují vážné zdravotní riziko.

6.5.2.2 Metody detekce chemických znečišťujících látek (VIZ. KAPITOLA 7.8):

Pro stanovení a analýzu chemických polutantů ve vodě se používají pokročilé analytické metody:

GC-MS (plynová chromatografie s hmotnostní spektrometrií): Umožňuje analýzu těkavých organických látek, jako jsou PAU nebo těkávé chlorované látky.

HPLC-PDA (vysokoúčinný kapalinový chromatograf s detektorem fotodiodového pole): Využívá se pro separaci a kvantifikaci různých organických sloučenin na základě jejich absorpčních vlastností v UV-VIS spektru.

HPLC-UV (vysokoúčinný kapalinový chromatograf v UV-VIS spektru): Slouží k analýze látek, které absorbují UV nebo viditelné světlo, umožňuje kvantitativní stanovení různých organických kontaminantů.

HPLC-MS (vysokoúčinný kapalinový chromatograf s hmotnostní spektrometrií): Kombinuje separační schopnosti kapalinové chromatografie s citlivostí a specifičností hmotnostní spektrometrie, což umožňuje přesnou identifikaci a kvantifikaci organických polutantů ve vzorcích vody.

6.5.3 EUTROFIZACE VODY

Eutrofizace vody je proces, při kterém dochází k nadměrnému zvyšování koncentrace živin, zejména dusíku a fosforu, vodního prostředí. Tento jev vede k intenzivnímu růstu rostlin a řas, což může mít negativní dopad na ekosystém vodních toků nebo nádrží, který souvisí s používáním organických hnojiv a s vypouštěním odpadních vod do moří a oceánů. Tento jev vede k intenzivnímu růstu rostlin a řas, což může mít negativní dopad na ekosystém vodních toků nebo nádrží.

Přírodní eutrofizace je způsobena uvolňováním dusíku a fosforu, případně silikátů z půdy, sedimentů a odumřelých vodních organismů

Umělá eutrofizace je způsobena intenzivní zemědělskou výrobou, některými druhy průmyslových odpadních vod, používáním polyfosforečnanů v pracích a čistících prostředcích a zvýšenou produkcí komunálních odpadních vod a odpadů fekálního charakteru.

Prevence eutrofizace zahrnuje snahy o omezení toku živin do vodních zdrojů, úpravu odpadních vod, a udržování udržitelného zemědělství a lesnictví. Eutrofizace je výzvou, protože může mít závažné dopady na ekosystémy a lidské zdraví, a proto vyžaduje komplexní přístup k ochraně vodních zdrojů.

6.5.4 ZNEČIŠTĚNÍ VODY MIKROPLASTY

Znečištění vody mikroplasty představuje vážný environmentální problém. Mikroplasty jsou drobné částice plastového materiálu, které měří obvykle méně než 5 milimetrů. Nejčastěji detekovanými mikroplasty jsou PE $\approx$ PP > PS > PVC > PET.



Mikroplasty ve vode (zdroj <https://www.ih.cas.cz/mikroplasty-ve-vode/>)

Tyto částice mohou pocházet z různých zdrojů a mít negativní dopady na vodní ekosystémy, lidské zdraví a celkovou kvalitu vody. Mikroplasty mohou vznikat rozpadem větších plastových předmětů, ale mnohdy jsou přidávány do vodního prostředí i ve formě mikroskopických částic, které jsou součástí různých kosmetických výrobků, oděvů nebo zpracovaných plastových materiálů. Ovlivňují na vodní ekosystémy, zejména vodní organismy, které mohou mikroplasty pozřít. To může způsobit potenciální biologické a toxikologické problémy na různých úrovních ekosystému. Následky znečištění vody mikroplasty jsou rozmanité. Tyto částice mohou být pozřeny vodními organismy, což může mít negativní dopady na ekosystémy vodních toků a nádrží. Mikroplasty se mohou též hromadit v sedimentech, což znamená, že i když nejsou aktivně pohlcovány živými organismy, mohou přetrvávat v životním prostředí.

Objevují se také obavy o možné dopady mikroplastů na lidské zdraví. Tyto částice mohou pronikat do potravinového řetězce a dostávat se tak i do potravy, kterou konzumujeme.

Prevence znečištění vody mikroplasty vyžaduje celkový přístup, včetně omezení používání mikroplastů, podpory recyklace a správného zpracování plastových odpadů. Důležité je také vést výzkum a monitorování rozsahu znečištění a informovat veřejnost o této problematice. Efektivní boj proti mikroplastům vyžaduje společnou snahu a udržitelná opatření na všech úrovních.

V České republice v povrchových vodách zdrojích na vybraných místech řeky Vltavy a Labe. Vzorky byly odebrány na různých místech v Praze, Ústí nad Labem a Hřensku. Průměr počtu částic činil 3,7 částic/l a detekováno bylo celkem 12 typů materiálu (polyakrylát, ethylenvinylacetát (EVA), polyvinylacetát (PVA), polyester, PE, polyethyltetrafluorethylen (PTFE), PP a nylon).

6.6 ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Čistírna odpadních vod ČOV je zařízení, kde se čistí odpadní voda z průmyslových podniků, zemědělské výroby, bytů a domů. Nejčastějším typem používaných ČOV v ČR je mechanicko-biologická čistírna odpadních vod.

Fyzikální metody čištění odpadních vod se zaměřují na odstranění nečistot nebo částic z odpadní vody pomocí fyzikálních procesů, aniž by došlo k chemickým reakcím. Následující jsou některé běžné fyzikální metody čištění odpadních vod:

1. Cezení. Cezením se odstraňují největší plovoucí nečistoty. K tomu se používají česle.
2. Sedimentace: Sedimentace je proces, během kterého jsou částice s různými hmotnostmi usazovány v klidné vodě. V odpadní vodě mohou těžší částice nebo usazeniny sedimentovat na dně nádrže, což usnadňuje jejich odstranění.
3. Filtrování: Filtrování vody se provádí prostřednictvím filtrů, které zadržují pevné částice. Filtry mohou být z různých materiálů, jako jsou písek, uhlí, nebo síťoviny, a jsou navrženy tak, aby zachytily částice různých velikostí.

4. Flotace: Při flotaci jsou bubliny plynu (obvykle vzduchu) zavedeny do odpadní vody, což způsobuje, že tuky, oleje nebo jiné lehčí látky stoupají na hladinu, kde jsou odstraněny.

Biologické čištění vody je proces, při kterém jsou mikroorganismy, především bakterie, houby a další mikrobiální formy, využity k rozkladu organických a anorganických látek obsažených v odpadní vodě. Tento přirozený proces může probíhat v přírodě nebo být uměle vytvořen v čistírnách odpadních vod. V cisternách používají aktivní kal. V aktivním kalu jsou vytvořeny podmínky pro růst a činnost mikroorganismů, kteří metabolizují organické látky obsažené v odpadní vodě. Tento proces probíhá v aeračních nádržích, kde jsou odpadní vodě přidávány kyslíkové bubliny pro podporu života aerobních bakterií. Také v cisternách jsou **biologické filtry**. Biologické filtry využívají materiály s vysokou povrchovou plochou, jako jsou například plastové kuličky nebo síťoviny, k podpoře adheze a růstu mikroorganismů. Odpadní voda prochází těmito filtry, kde jsou látky rozkládány mikroorganismy.

Chemické čištění vody zahrnuje použití chemikálií k odstranění nebo neutralizaci nečistot a znečišťujících látek ve vodě. Tyto postupy mohou být použity k různým účelům, včetně dezinfekce, odstranění škodlivých látek, upravení pH nebo zachycení specifických kontaminantů. Několik běžných metod chemického čištění vody zahrnuje:

1. Dezinfekce chlorováním:

Chlor je běžně používán k dezinfekci vody, tj. k zabíjení nebo inaktivaci mikroorganismů, jako jsou bakterie a viry. K čištění pitné vody nebo odpadní vody se přidává chlor ve formě plynu, tekutého chloru nebo chloraminů.

2. Flokulace a srážení:

Flokulace zahrnuje přidání chemikálií, které způsobují shlukování malých částic do větších aglomerátů, tzv. floků. Tato aglomerace usnadňuje srážení nečistot na dno nádrže, což usnadňuje jejich odstranění.

3. Neutralizace pH:

Používá se k úpravě kyselosti nebo alkalinity vody pomocí chemikálií, jako jsou hydroxidy, uhličitany nebo kyseliny, aby bylo dosaženo žádoucího pH.

4. Odstranění těžkých kovů:

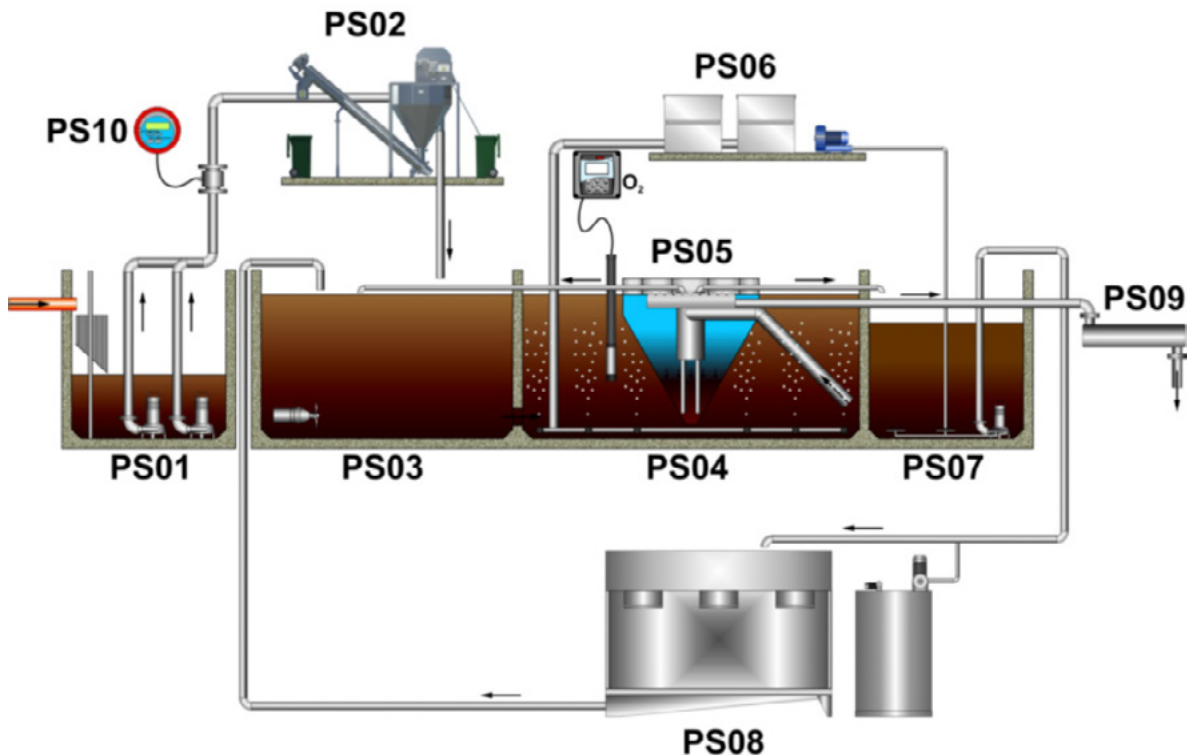
Pro odstranění těžkých kovů, jako jsou olovo nebo železo, se používají chemikálie, které reagují s kovy a umožňují jejich odstranění.

5. Adsorpce pomocí aktivního uhlí:

Aktivní uhlí má schopnost absorbovat organické látky a plyny. Používá se k odstranění pachů, chlórů, organických látek a některých těžkých kovů.

6. Oxidace a redukce:

- Chemické čištění může zahrnovat procesy oxidace nebo redukce za účelem konverze nebo odstranění specifických látek. Například ozonace nebo úprava s pomocí peroxidu vodíku.



Obr. Jednotlivé fáze čištění odpadních vod - jedno linková technologie:

PS01 - čerpací stanice s nátokovým košem

PS02 - jemné mechanické předčištění

PS03 - biologické čištění - denitrifikace

PS04 - biologické čištění - aerace-nitrifikace

PS05 - biologické čištění - separace

PS06 - dmychárna

PS07 - kalové hospodářství - aerobní stabilizace kalu

PS08 - kalové hospodářství - odvodnění kalu

PS09 - třetí stupeň čištění - dezinfekce

PS10 - měření a regulace

6.6.5 PŘÍRODNÍ ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Role přírodních čistíren odpadních vod

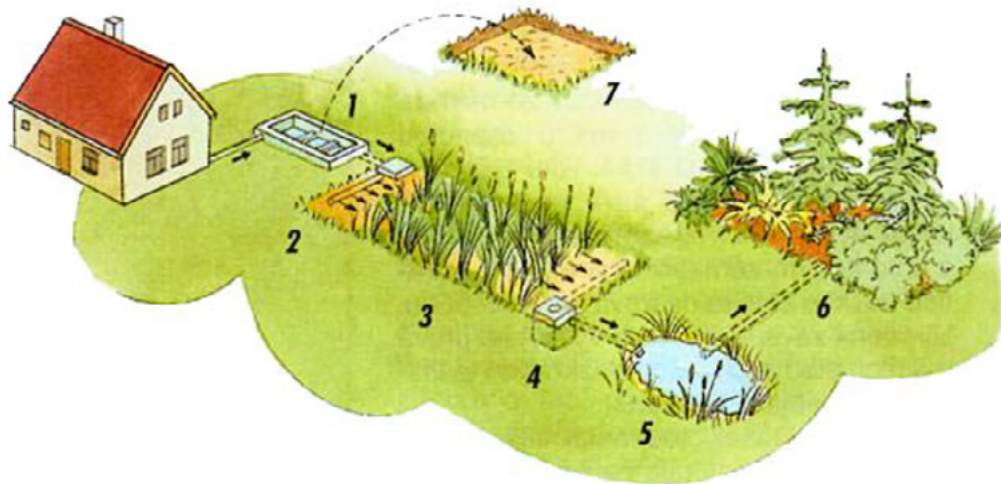
V přírodních čistírnách odpadních vod, jako jsou vegetační kořenové čistírny a zemní filtry, hrají klíčovou roli při likvidaci znečištění mikroorganismy. V systémech s plovoucími a ponořenými rostlinami, které jsou pravidelně sklízены, přispívají k čištění samotné rostliny.

Do procesu dočišťování odpadních vod se mohou zapojit také **dřeviny nebo jiné rostliny** zavlažované vyčištěnou odpadní vodou. Důležitou součástí přírodních systémů čištění odpadních vod může být také **kompustování** nebo **vegetační odvodňování kalů** z mechanického stupně čištění.

Výstavba a provoz přírodních čistíren odpadních vod

Přírodní čistírny odpadních vod (často označované jako **kořenové čistírny odpadních vod**) jsou ve světě i v České republice budovány a provozovány pro celé obce nebo městské části. Tyto čistírny jsou schopny efektivně vyčistit odpadní vody až od 500–1000 obyvatel, přičemž za vhodných podmínek může být jejich kapacita i vyšší.

Výstavba přírodních čistíren je vhodná v lokalitách, kde představují **optimální řešení** v porovnání s konvenčními mechanicko-biologickými čistírnami odpadních vod. Přírodní čistírny často nabízejí ekologičtější a ekonomicky výhodnější alternativu k tradičním technologiím čištění odpadních vod, zejména v místech s vhodnými podmínkami pro jejich provoz.



Legenda

1. tříkomorový septik
2. rozdělovací objekt
3. umělý mokřad osázený vhodnými bažinnými rostlinami
4. kontrolní odtoková šachta
5. dočišťovací okrasný rybníček
6. odpařovací zavlažovaná plocha s porostem stromů a keřů
7. kompost nebo plocha na odvodňování kalů rostlinami

6.7 SHRNUÍ:

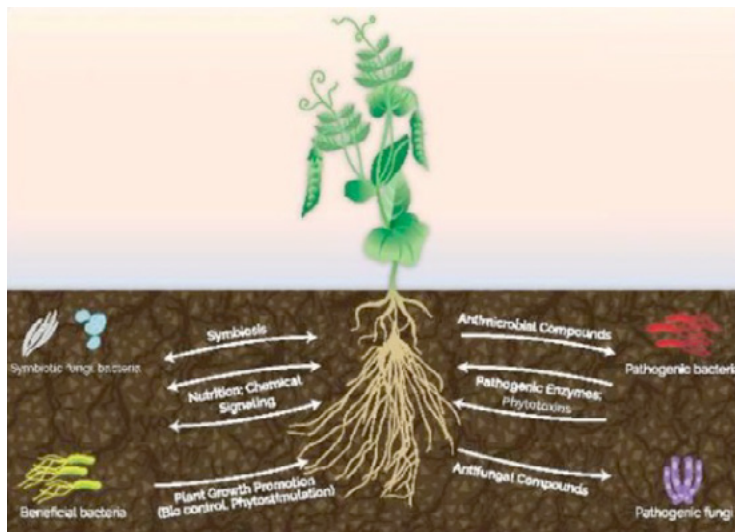
Tato kapitola se věnuje různým aspektům kvality vody a jejímu znečištění. Nejprve jsou popsány fyzikálně-chemické parametry vody, mezi které patří teplota, pach, barva, průhlednost, pH a konduktivita. Dále se zaměřuje na tvrdost vody, kterou způsobuje přítomnost iontů vápníku a hořčíku. Následně jsou popsány různé formy znečištění vody, které mohou být chemické, fyzikální, teplotní či radioaktivní. Kapitola také definuje eutrofizaci vody, což je proces nadměrného hromadění živin vedoucí k růstu řas a sinic. Zabývá se rovněž problémem mikroplastů a jejich různými typy, které představují významné environmentální riziko. Na závěr jsou představeny různé způsoby čištění odpadních vod, které pomáhají snižovat jejich negativní vliv na životní prostředí.

7 ZNEČISTĚNÍ PŮDY

Půda je horní vrstva zemské kůry, která tvoří povrch země ve které se odehrává mnoho důležitých ekologických procesů. Půda je složena z minerálních částic (jíl, písek, hlína), organických látek, vzduchu a vody. Poskytuje životní prostředí pro půdní organismy, je stanovištěm pro planě rostoucí vegetaci a slouží k pěstování kulturních rostlin. Funguje jako regulátor koloběhu látek a může sloužit jako úložiště, ale i jako zdroj potenciálně rizikových látek.

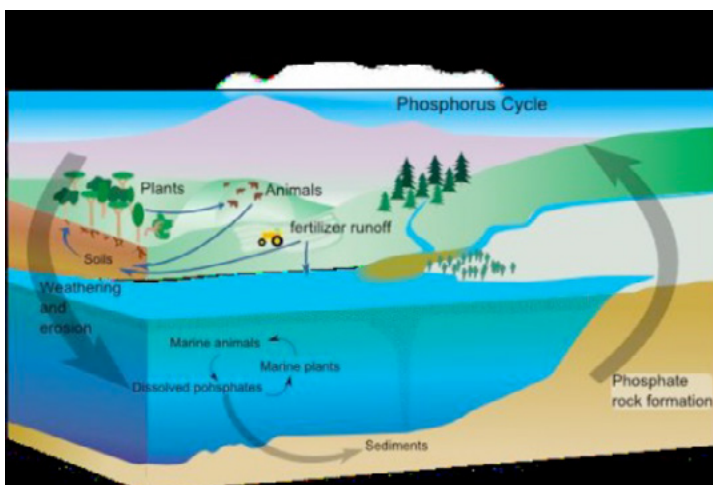
7.1 FUNKCE PUDY

- Půda představuje klíčový prvek potravního řetězce a zároveň slouží jako podklad pro růst rostlin.



Obr. 1 Funkce půdy

- Půda představuje kritický rezervoár vody pro suchozemské rostliny a mikroorganismy a zároveň funguje jako filtrující a čistící médium, kterým voda prochází.
- Mikroorganismy obývající půdu jsou obrovským a často podceňovaným zdrojem genetické informace, který umožňuje klíčové procesy v ekosystémech.
- Cyklus vody, uhlíku, dusíku, fosforu a síry se odehrává v půdě prostřednictvím interakcí mezi mikrobiální složkou a fyzikálními a chemickými vlastnostmi.



Obr. 2 Cyklus vody, uhlíku, dusíku, fosforu a síry v půdě

V půdě probíhají různé fyzikální, chemické a biologické procesy, které mohou být narušeny v důsledku znečištění. Znečištění půdy často souvisí se znečištěním atmosféry a hydrosféry. Do půdy mohou pronikat pevné a kapalné odpady z průmyslu, zemědělství a domácnosti. Hlavními znečišťujícími látkami jsou kovy a jejich sloučeniny, hnojiva, pesticidy a radioaktivní odpady, o kterých budeme mluvit dále.

7.2 OCHRANA PŮDY

Ochrana půdy je zásadní, protože půda představuje jednu ze základních složek životního prostředí. Je třeba ji chránit, neboť lidská činnost ji různou měrou přeměňuje, kultivuje, ale také poškozují. Existují dva základní způsoby degradace půdy. Prvním je zhoršení fyzikálních vlastností, které zahrnuje eroze půd, zábor půd, trvalé uzavření povrchu, zhutnění půd, desertifikaci a zamokření. Druhým způsobem je zhoršení chemických vlastností, které se projevuje kontaminací, acidifikací, eutrofizací a salinizací.

7.2.1 EROZE

Eroze je proces, při kterém dochází k narušování povrchu různých materiálů, jako jsou půda, horniny nebo stavební materiály. **Půdní eroze** je proces, při kterém dochází k rozrušování půdy působením vody, větru, ledu a dalších přírodních činitelů. Tento proces zahrnuje odnos půdních částic a jejich následné usazování.

- **Přírozená eroze** je přirozený a bývá kompenzován procesy zvětrávání a tvorby nové půdy.
- **Zrychlená (abnormální) eroze** je eroze intenzivnější, než je přirozená. Často je způsobena lidskou činností. Její důsledky zahrnují: zhoršení produkčních a mimoprodukčních funkcí půdy, změny ve fyzikálně-chemických vlastnostech, snížení obsahu živin a organické hmoty, mechanické poškození plodin, znečištění vodních toků, kontaminaci podzemních vod, zanesení akumulčních nádrží, poškození staveb a komunikací a zvýšené finanční náklady.

Erozi lze dále dělit podle příčin, které vedou k odnosu materiálu, na erozi vodní, větrnou, ledovcovou, pobřežní a další typy.

7.2.2 DESERTIFIKACE

Desertifikace označuje proces rozšiřování pouští, který je často způsoben lidskou činností. Tento jev doprovází lidstvo po tisíce let, avšak v posledních desetiletích dochází k jeho výraznému zesílení. V Africe představuje desertifikace hlavní formu degradace půdy, která je zodpovědná za přibližně 80 % všech poškozených půd na tomto kontinentu. Mezi nejdůležitější příčiny desertifikace patří odlesňování a intenzivní pastva, které vedou ke ztrátě vegetačního krytu. Tento úbytek vegetace způsobuje zrychlenou mineralizaci půdní organické hmoty, což zhoršuje schopnost půdy odolávat erozi, zejména té větrné. Opatření proti desertifikaci se zaměřují na ochranu půd před erozí a obnovu vegetačního krytu, což je klíčové pro zlepšení odolnosti půdy a její dlouhodobou udržitelnost.

7.2.3 ZÁBOR PŮDY

Zábor půdy představuje extrémní jev, který nevratně ohrožuje kvalitu a funkčnost půdy. Tento proces způsobuje výrazné narušení ekologických a hydrologických systémů a má dlouhodobé negativní dopady na krajinu. Mezi dvě hlavní příčiny záboru půdy patří výstavba budov a těžba nerostných surovin. Zastavěním a pokrytím půdy nepropustnými materiály dochází k přerušení přirozeného koloběhu živin a k narušení hydrologického režimu. To může zvýšit riziko povodní a dalších přírodních katastrof. Zvláštní problém představují silniční sítě a parkoviště, kde dochází ke kontaminaci okolní půdy organickými látkami, například z rozmrazovacích solí. Pro zmírnění těchto negativních dopadů lze využívat polopropustné povrchy a systémy pro zasakování srážkové vody, které podporují přirozenou obnovu koloběhu vody a přispívají k lepšímu fungování hydrologických systémů.

Těžba, zejména ve velkoplošných lomech, představuje další významnou příčinu záboru půdy. V průběhu těžby dochází k nevratnému poškození velkých ploch, což vede k degradaci půdy a krajiny. Jedním z hlavních nápravných opatření po těžbě je rekultivace. Tento proces zahrnuje vytvoření vnitřních výsypek, které mohou sloužit k zameňování lomů, a vnějších výsypek mimo těžební oblasti. Tímto způsobem lze obnovit původní funkce krajiny a snížit dopady na životní prostředí.

7.2.4 ZHUTNĚNÍ PŮDY (PEDOKOMPAKCE)

Zhutnění půdy neboli pedokompakce je proces, který může být způsoben jak přírodními, tak antropogenními faktory.

Příčina a mechanismus

Zhutnění půdy je způsobeno změnou prostorového uspořádání půdních částic. Tento proces vede ke snížení pórovitosti, nárůstu objemové hmotnosti a snížení schopnosti půdy absorbovat a zadržovat vodu (infiltrace a retenční kapacita). Póry v půdě jsou postupně zanášeny jemnými jílovitými částicemi, což dále omezuje pohyb vody a vzduchu v půdě.

Dopad na orniční vrstvu a podorničí

Nadměrné zatěžování půdy vede k zhutnění orniční vrstvy (vrchní vrstvy půdy), kterou lze mechanicky nakypřit pomocí běžné agrotechniky. Problém však nastává u podorničí (hlubších vrstev), kde běžné agrotechnické postupy nezasahují, což může vést k tvorbě tzv. podorničních prahů – vrstev zhutnělé půdy, které jsou obtížně obnovitelné.

Dopad na rostliny a mikroorganismy

Zhutněná půda negativně ovlivňuje kořenový systém rostlin, protože omezuje přístup kyslíku a vody. Horší provzdušnění půdy zároveň snižuje aktivitu a rozmanitost mikrobiálních společenstev, což dále ovlivňuje půdní úrodnost a zdraví ekosystému.

7.3 KONTAMINACE PŮDY

Kontaminace půdy je definována jako zvýšení obsahu rizikových prvků nebo látek oproti přirozeným (požadovým) hodnotám, nebo jako překročení stanovených legislativních limitů pro koncentrace konkrétních látek v půdě.

Typy kontaminace dle původu:

Kontaminaci půdy lze rozdělit podle jejího původu na geogenní a antropogenní.

Geogenní kontaminace půdy

Geogenní kontaminace souvisí s přirozeným obsahem prvků ve zvětrávaných horninách.

Rizikové prvky mohou být přítomny v celém tělese horniny, což je označováno jako litogenně podmíněná kontaminace (přirozená primární). Pokud jsou rizikové prvky soustředěny ve žílách hornin, hovoříme o chalkogenně podmíněné kontaminaci (přirozená druhotná).

Antropogenní kontaminace půdy

Tento typ kontaminace je způsoben lidskou činností a zahrnuje mnoho variant, jako je depozice z průmyslu, dopravy, spalování odpadů, aplikace umělých hnojiv (např. kadmium ve fosfátových hnojivech), pesticidů, úniky škodlivých látek při nehodách nebo aplikace kalů a digestátů.

Typy kontaminace podle rozsahu

Kontaminace půdy se také dělí podle toho, jak je rozšířená:

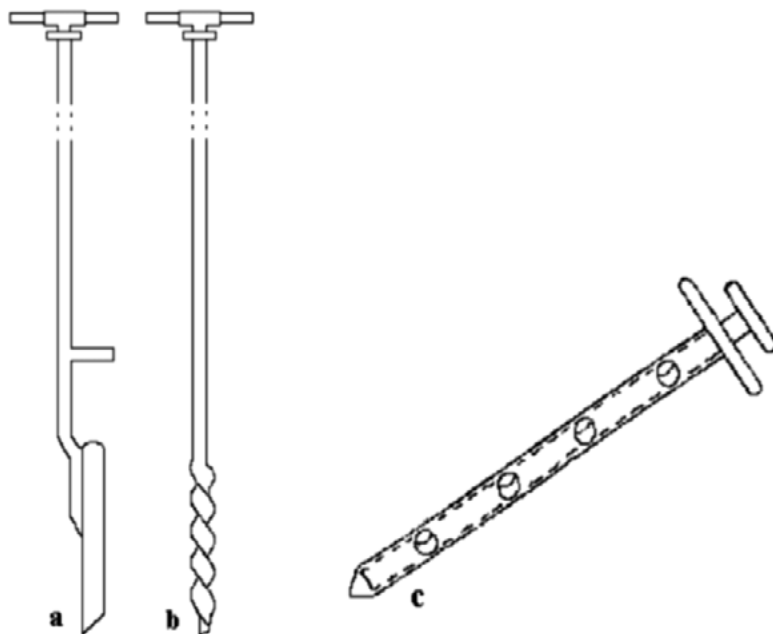
Bodová kontaminace – soustředěná na konkrétní místo, často v okolí zdroje znečištění.

Rozptýlená (difúzní) kontaminace – je rovnoměrně rozšířená na větší ploše.

7.4 ODBĚR VZORKŮ PŮDY

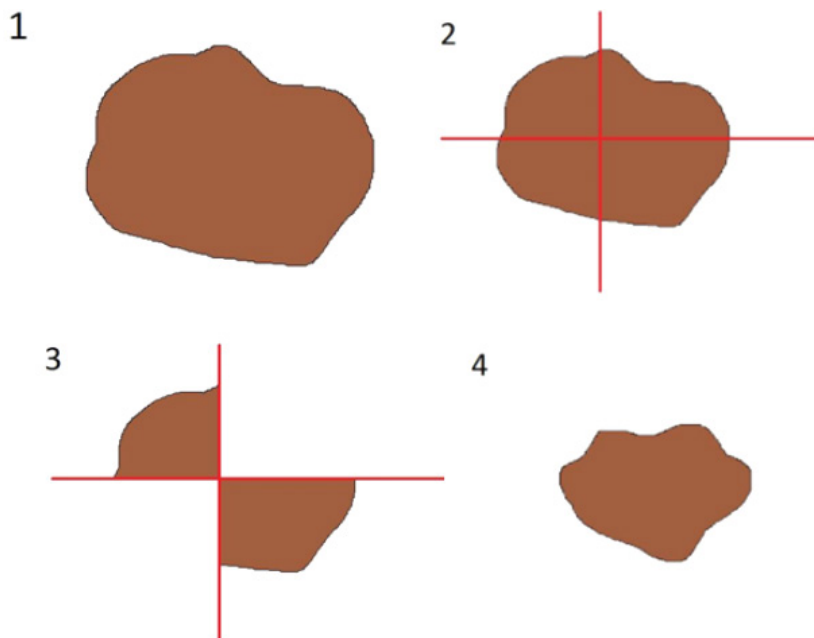
Odběr vzorků půdy je klíčovým krokem pro chemickou analýzu půdy. Během odběru vzorků půdy se využívají různé nástroje (Obr.3):

- Upravený hrábě rýč (a): Tento nástroj se běžně používá k odběru vzorků povrchové půdy.
- Spirálový vrták (b): Spirálový vrták je zvláště užitečný pro odběr vzorků z hlubších vrstev půdy.
- Trubkový vzorkovač (c): Trubkový vzorkovač se používá pro přesný odběr vzorků, zejména pokud je potřeba zaměřit se na konkrétní hloubky.



Obr. 3 Nástroje pro odběr vzorku půdy

Hloubka odběru vzorků půdy se volí s ohledem na analyt a způsob, jakým je půda zpracovávána. Běžně se vzorkuje do hloubky 15 až 25 centimetrů. Terénní vzorky se odebírají v poměrně velkém množství, přibližně 0,5 až 1 kg. Tyto vzorky se v terénu důkladně promíchají a kvartují (Obr. 4), aby byla zajištěna reprezentativnost. Podstatně menší část, nazývaná laboratorní vzorek, se pečlivě přepravuje do laboratoře pro analýzy.



Obr. 4 – Kartování vzorku (<https://cs.wikipedia.org/>)

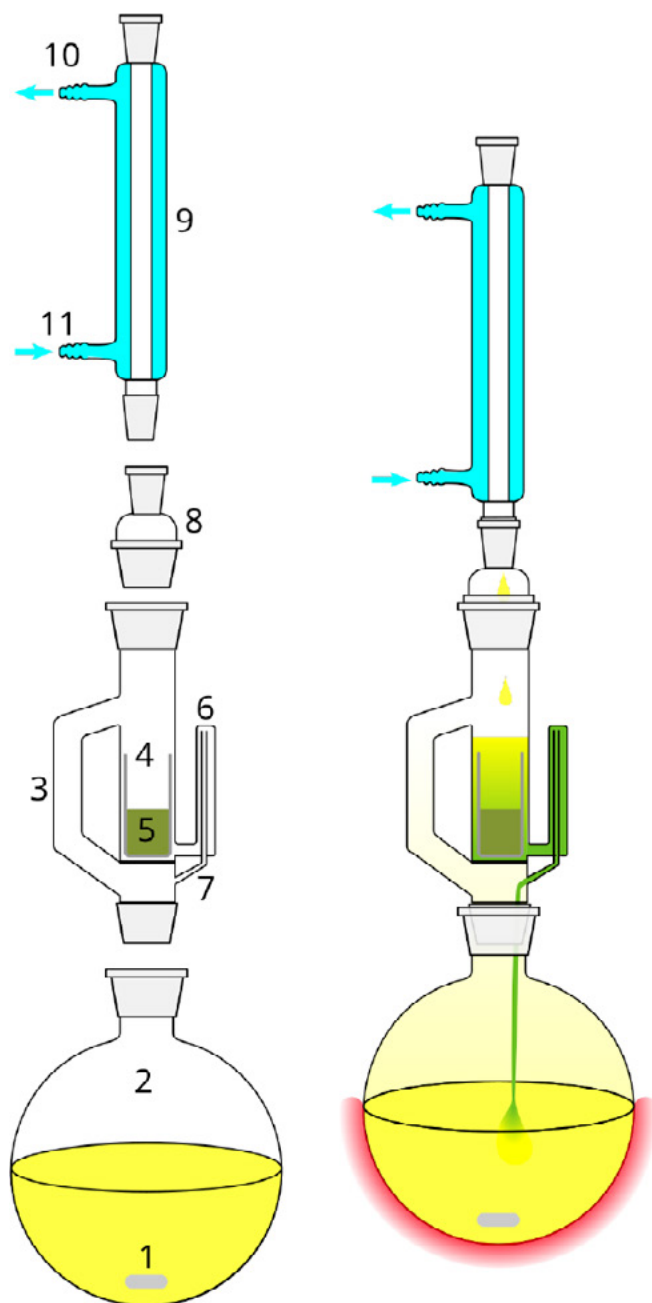
V laboratoři vzorek před analýzou čistí a seřazují. Velké kameny, rostlinné zbytky a cizí předměty jsou odstraněny. Dále vzorky půdy mohou být sušeny tak, aby se odstranila nadbytečná vlhkost. V některých případech se provádí mletí nebo rozmělnění vzorků půdy, zejména pokud jsou vzorky příliš hrubé. To je užitečné pro některé analytické techniky.

7.5 EXTRAKČNÍ METODY

Existuje několik běžných extrakčních technik používaných v chemické analýze půdy a vody. Níže jsou uvedeny tři z nich:

Extrakce rozpouštědlem

Tento typ extrakce, jako je například Soxhletova extrakce (viz Obr. 5) nebo macerace (viz Obr. 6), je založen na rozpouštění cílových látek ve vhodném rozpouštědle. Mezi běžně používaná rozpouštědla patří ethanol, methanol, dichlormethan a chloroform. Cílové látky se rozpustí v rozpouštědle, které se následně oddělí od zbytkových nečistot. Po extrakci se rozpouštědlo odpaří, čímž zůstanou extrahované látky.



Obr. 5 – Soxletová extrakce (zdroj https://cs.wikipedia.org/wiki/Soxhlet%C5%AFv_extraktor#/media/Soubor:Soxhlet_extractor.svg)



Obr. 6 – Macerace

Extrakce pevnofázovými sorbenty (SPE)

Pevnofázová extrakce (SPE, viz Obr. 5) využívá pevnofázových sorbentů, jako jsou silikagelové nebo polární polymerní sorbenty, k absorpci a koncentraci cílových látek. Při této metodě se vzorek prožene sorbentem, který selektivně zadrží analyzované látky, zatímco nežádoucí složky jsou odplaveny. Následně se analyty eluují vhodným rozpouštědlem pro další analýzu. Tato technika je velmi účinná pro separaci a předúpravu vzorků.



Obr. 7 SPE extrakce

Extrakce kapalinou (kapalinová extrakce)

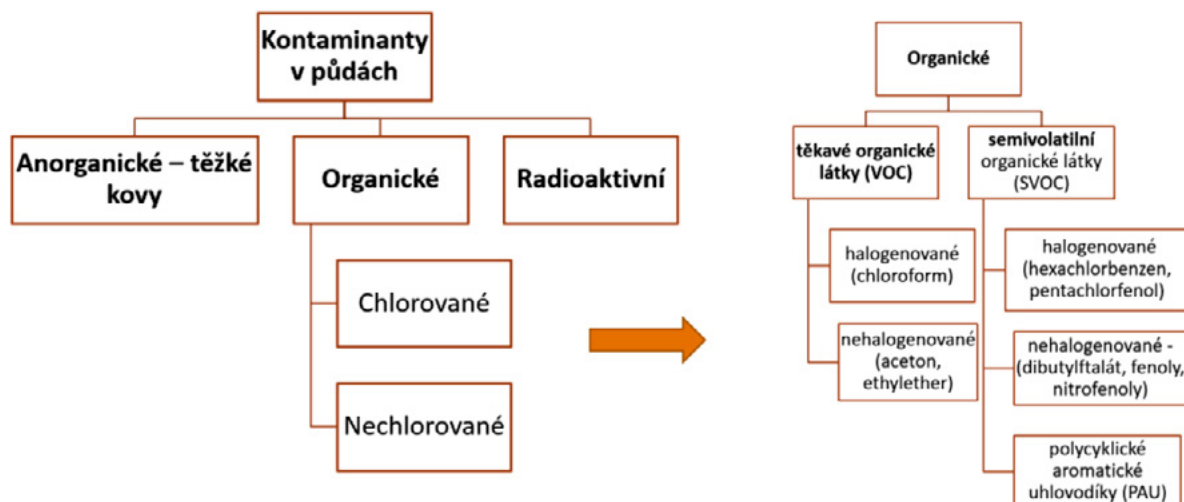
Při kapalinové extrakci se vzorek ponoří do kapaliny, jako je voda nebo organické rozpouštědlo, ve kterém se cílové látky rozpustí nebo rozptýlí. Po extrakci se kapalina oddělí od pevného vzorku a cílové látky lze získat odpařením nebo jinými separačními technikami. Pro zlepšení účinnosti extrakce lze použít ultrazvukovou extrakci, mikrovlnovou extrakci nebo extrakci za pomoci třepačky (viz Obr. 8). Tyto techniky pomáhají zrychlit a zefektivnit proces získávání analytů z matrice.



Obr. 8 Přístroje pro ultrazvukovou, mikrovlnovou extrakce a extrakce pomocí třepačky

7.6 KONTAMINANTY PŮDY A VODY

Lesy představují specifická ekosystémová prostředí, kde chemická rizika cirkulují v komplexním systému, propojujícím půdu, vodu, vzduch, rostliny a divoká zvířata. Tato symbióza chemických prvků a interakcí mezi jednotlivými složkami lesního prostředí ovlivňuje jak samotné organismy v lese, tak i celkovou biodiverzitu a ekosystémovou stabilitu.



7.6.1 ANORGANICKÉ POLUTANTY - TĚŽKÉ KOVY, OBSAH OLOVA V LESÍCH A MOKŘADECH

Vázne biologické nebezpečí mezi znečišťujícími látkami představují těžké kovy. K nim patří více než 40 chemických prvků podle periodické tabulky s atomovými hmotnostmi vyššími než 50 a s hustotou větší než $5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (napr. chrom, mangan, železo, kobalt, nikl, měď, zinek, kadmium, cín, antimon, tellur, rtuť, galium, olovo a bismut).

Tabulka 4 Kontaminace těžkými kovy

Prvek	Formy	Vliv
As	AsO_4^{3-}	Toxický pro rostliny i živočichy
Be	Be^{2+}	Toxický pro rostliny i živočichy
Cd	Cd^{2+}	Toxický pro živočichy
Co	Co^{2+}	Živina pro rostliny i živočichy; Toxický pro rostliny i živočichy
Cr	Cr^{3+} , CrO_4^{2-}	Živina pro živočichy; Cr^{6+} karcinogenní
Cu	Cu^{2+}	Živina pro rostliny i živočichy; Toxický pro rostliny i živočichy
Hg	Hg^{2+} , $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$	Toxický pro živočichy
Mo	MoO_4^{2-}	Živina pro rostliny i živočichy; Toxický pro rostliny i živočichy
Ni	Ni^{2+}	Živina pro rostliny i živočichy; Toxický pro rostliny i živočichy
Pb	Pb^{2+}	Toxický pro rostliny i živočichy
Se	SeO_4^{2-}	Živina pro živočichy; Toxický pro rostliny i živočichy
Sn	Sn^{4+}	Živina pro živočichy; Toxický pro živočichy

Kadmium je těžký kov patřící do skupiny přechodných kovů. Z chemického hlediska má atomové číslo 48 a chemický symbol Cd. Kadmium je měkký, lesklý a bílý kov, který je relativně vzácný v zemské kůře. Kadmium se může dostat do životního prostředí přes průmyslové emise, odpady nebo používání hnojiv obsahujících kadmium. To může způsobit kontaminaci půdy, vody a vzduchu. Při vysoké oxidační aktivitě kadmium vytváří trvanlivé minerály (CdO , CdCO_3) a akumuluje se v fosfátech a biogenních sedimentech.

Primární cestou, jak kadmium vstupuje do tkání rostlin, zvířat a lidí, je přes jeho vstup z atmosféry do půdy, a následně z půdy do rostlin. Hlavním způsobem, jak kadmium vstupuje do organismu zvířat, je přijímání kontaminovaného krmiva. Samci akumuluji více kadmia v ledvinách a játrech než samice, což pravděpodobně souvisí s účinky estrogenů u samic. Akutní otrava u zvířat může zahrnovat příznaky, jako je slinění, zrychlený dech, celková apatie, nechutenství a obtížné dýchání.

Olovo je těžký kov se symboly Pb a atomovým číslem 82. Je šedobílý, měkký a tvarovatelný kovový elementární látkou. Většina olova v ovzduší, vodě (ledovcích) a půdě má původ v lidské činnosti. Vysoké koncentrace Pb negativně ovlivňují biologickou aktivitu půdy. Olovo je v půdě charakterizováno nízkou mobilností a patří mezi nejméně pohyblivé prvky. Účinně se adsorbuje jílovou frakcí a humusem. Olovo vykazuje vysokou afinitu k tvorbě komplexů s nerozpustnými huminovými látkami, což má za následek fixaci a imobilizaci tohoto prvku v humusových vrstvách, především v lesních půdách, kdy dochází k kontaminaci půdy. Vstup olova (Pb) do životního prostředí probíhá prostřednictvím různých průmyslových a technologických procesů, včetně:

- Akumulátory
- Přísady do benzínu.
- Nátěrové hmoty, pigmenty a barvy.
- Slitiny, plechy a potrubí.
- Olovené sklo: Olovo obsahující sklo, často používané v různých aplikacích, jako jsou optické čočky, může přispět k olovnatému znečištění, zejména v lesech, kde může být sklo odhozeno.

Formy olova, které se dostávají do půdy z průmyslových emisí, zahrnují především oxidy, sulfidy a sírany. Tyto formy mohou být přenášeny vzduchem a ukládány na zem, což vede k znečištění půdy. Jakmile se olovo dostane do půdy, může procházet transformacemi a interakcemi, potenciálně se stávajíc více pohyblivým nebo biologicky dostupným pro rostliny a další organismy. Snahy o snížení environmentálního dopadu olova zahrnují přísnější regulace průmyslových emisí, propagaci olovičky alternativ, správné postupy likvidace a recyklace produktů obsahujících olovo a sanaci kontaminovaných lokalit.

Volně žijící živočichové jsou klíčovými zdroji olovené munice a rybářských přívěsků (olůvka). Olovo se do těla těchto zvířat dostává následujícími způsoby:

- Přímoú otravou při konzumaci broků a olůvek.
- Nepřímoú otravou z kontaminované vody, půdy nebo potravy.
- Nepřímoú otravou absorpcí olova ve tkáních postřelených jedinců.

Olovo je jedovatá látka, u níž není stanoveno bezpečné minimální množství. V vysokých dávkách může způsobit smrt, zatímco v nízkých dávkách může vést k chronickým poruchám kardiovaskulárního, vylučovacího nebo reprodukčního systému, narušovat imunitní systém, poškozovat mozek a ovlivňovat chování. Nejvíce ohrožené skupiny zahrnují těhotné samice a mladé jedince ve fázi vývoje, což platí jak pro ptáky, tak i pro lidi.

V současnosti se omezení používání olova v ČR alespoň částečně věnuje pouze zákon č. 449/2001 Sb. o myslivosti, ve znění pozdějších předpisů, který v § 45, odst. 1, písm. w uvádí: „Zakazuje se ... používat olovené brokové náboje k lovu vodního ptactva na mokřadech“; s platností od 31. 12. 2010. V Evropské unii se odhaduje, že při lovu zvěře se každoročně do životního prostředí dostává 18–21 tisíc tun olova. Z toho přibližně 14 000 tun končí do suchozemských stanovišť a zbytek se ukládá do mokřadů (přibližně pouze 1 % broků skončí ve správném cíli, zatímco zbytek padá do vody nebo na zem). V případě rybářských olůvek se odhaduje další příspěvek 2–6 tisíc tun olova ročně (ECHA 2017 a 2018a). V České republice se odhaduje, že v období 1900–1998 bylo vystříleno přibližně 23 milionů brokových nábojů, což uvolnilo do životního prostředí asi 718 tun olovených broků (Řehák 1999).

V evropských mokřadech je alespoň 40 druhů vodních ptáků vystaveno riziku otravy olovem (po pozření olovených broků). Ročně umírá přibližně jeden milion jednotlivců z těchto populací na akutní otravu olovem (což představuje 7 % zimujících ptáků), a další tři milióny trpí subletální otravou. Olovené broky výrazně přispívají i k negativnímu vlivu na pevninská stanoviště a jejich živočišné obyvatele. Konzumace olovené munice a následné otravy byly zdokumentovány alespoň u 24 evropských druhů ptáků, včetně koroptví, bažantů, holubů, a řady sov a dravců. Zejména jsou postiženi predátoři, kteří se nacházejí na vrcholu potravní pyramidy. Tato situace neplatí pouze pro běžně se vyskytující druhy (např. káně, krahujci nebo kalousi), ale i pro vzácné, mizející druhy, které jsou zvláště chráněny v nejvyšších kategoriích ohrožení (např. orel mořský a skalní, moták pilich, luňák červený i hnědý, sokol stěhovavý, sýček obecný a další).

Novější výzkumy navíc naznačují, že koncentrace olova v krvi ptáků (kachen, labutí či orlů) mohou vyvolat negativní efekty již při nižších hodnotách, než bylo dříve uváděno, a potvrzují přenos olova z matky na embryo přes vejce či placentu. Tyto výsledky podporují zjištění platná i v případě člověka – že neexistuje žádný bezpečný limit, pod nímž by byla koncentrace olova v těle bezpečná.

Podle výsledků řady vědeckých studií mohou otravy olovem u některých druhů způsobit negativní vliv na populační trendy, ačkoliv nemusí přímo změnit směr těchto trendů. Můžou urychlit pokles (např. u poláka velkého nebo koroptve) nebo zpomalit růst (např. u luňáka červeného).

Arsen je chemický prvek se symbolem As a atomovým číslem 33. Arsen byl používán v široké škále průmyslových, léčebných a zemědělských aplikací. Je extrémně toxický a karcinogenní. Oxid arsenitý, patří mezi nejznámější jedové látky. Smrtelná dávka pro člověka se pohybuje mezi 60 a 200 mg. Mezi nejméně toxické sloučeniny arsenu patří ve vodě téměř nerozpustné sulfidy – sulfid arsenitý As_2S_3 a sulfid arsenatý As_2S_2 . Arsen se může dostat do životního prostředí přirozenými procesy, ale také prostřednictvím lidských aktivit, jako jsou průmyslové emise, hornictví, spalování uhlí, používání pesticidů a hnojiv obsahujících arsen. Expozice arsenem může způsobit vážné zdravotní problémy, včetně chronické intoxikace, neurologických problémů a rakoviny.

Chrom. Chrom je chemický prvek s atomovým číslem 24 a chemickým symbolem Cr. Množství chromu v půdě se liší v rozsahu od stopových množství až po hodnoty kolem 250 mg kg⁻¹. Jeho přítomnost v půdě je přirozeným jevem, ale může být ovlivněna lidskými aktivitami, zejména průmyslovým znečištěním a používáním chemických látek.

Rostliny, které akumulují železo, obvykle absorbují také vyšší koncentrace chromu. Používání fosforečných hnojiv přispívá k zvyšování obsahu chromu v půdě.

Rtut. Rtut je chemický prvek s atomovým číslem 80 a chemickým symbolem Hg. Přítomnost rtuti v půdě může být způsobena různými faktory, včetně přirozených procesů a antropogenních činností. Antropogenní zdroje rtuti v půdě zahrnují průmyslové emise, spalování fosilních paliv, skládky odpadů, používání rtuťnatých pesticidů nebo přímé vypouštění odpadních vod obsahujících rtuť. Tyto činnosti mohou způsobit kontaminaci půdy a mohou mít negativní dopady na životní prostředí a lidské zdraví.

Rtuť v půdě může být také přirozeným jevem v některých oblastech, kde se nachází rtuť obsahující minerály. V těchto případech může dojít k přirozenému uvolňování rtuti do půdy prostřednictvím eroze a dalších geologických procesů.

Analytické stanovení množství těžkých kovů ve vodě a půdě

Pro stanovení těžkých kovů existuje několik instrumentálních metod, které umožňují přesné a citlivé měření koncentrací těchto kovů ve vzorcích. Následující jsou některé z hlavních instrumentálních metod používaných k analýze těžkých kovů:

Atomová absorpční spektrometrie (AAS): Tato metoda využívá absorpci elektromagnetického záření při přechodu atomů těžkých kovů mezi energetickými hladinami. AAS se často používá pro stanovení koncentrací jednotlivých těžkých kovů v kapalinách nebo rozpuštěných vzorcích.

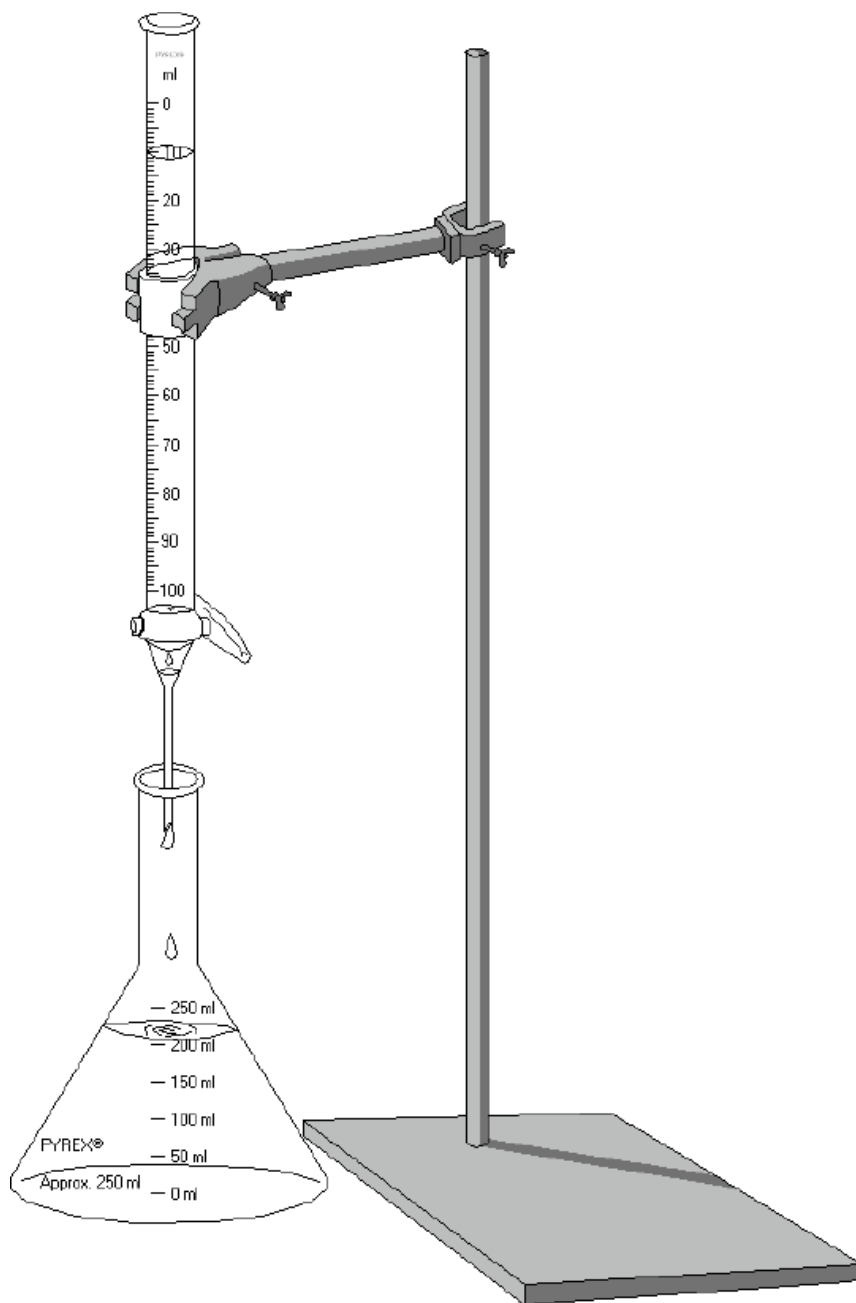


Obr. 9 Atomový absorpční spektrometr (zdroj <https://hpst.cz/atomova-spektroskopie/aas-atomove-absorpcni-spektrometry>)

Indukčně vázaná plazma hmotnostní spektrometrie (ICP-MS): Tato metoda kombinuje indukčně vázanou plazmu s hmotnostní spektrometrií. Těžké kovy jsou ionizovány a následně odděleny podle jejich hmotnosti. ICP-MS je velmi citlivá metoda vhodná pro stanovení nízkých koncentrací těžkých kovů v různých typech vzorků.

Indukčně vázaná plazma optická emisní spektrometrie (ICP-OES): Tato metoda rovněž využívá indukčně vázanou plazmu, avšak analyzovaný signál je emise světla od iontů těžkých kovů při návratu na nižší energetické hladiny. ICP-OES je často používána pro multi-elementární analýzu těžkých kovů v kapalinových vzorcích.

Titrace je analytická chemická metoda, při které se přidává standardní roztok k vzorku za účelem stanovení koncentrace určité látky (Obr. 10). Pro stanovení těžkých kovů používají **komplexometrickou titrace**.



Obr. 10 Titrační aparatura (zdroj <https://cs.wikipedia.org/>)

Komplexometrická titrace je analytická metoda využívající tvorbu stabilního komplexu mezi těžkým kovem a chelatačním činidlem, nejčastěji ethylendiamintetraoctovou kyselinou (EDTA). Tato technika je široce používaná pro stanovení koncentrací kovů v různých vzorcích.

Stanovení olova pomocí titrace. Pro stanovení koncentrace olova ve vzorku se používá organický ligand, například DITHIZON, který se přidává k vzorku obsahujícímu olovo. Tento ligand vytvoří s olovem barevný komplex, což umožňuje vizuální kontrolu postupu titrace. Poté se postupně přidává titrační roztok, dokud nedojde ke změně barvy – bodu ekvivalence, který značí, že veškeré olovo bylo zreagováno. Na základě známé koncentrace titračního roztoku lze následně vypočítat koncentraci olova v analyzovaném vzorku.

7.6.2 ORGANICKÉ POLUTANTY

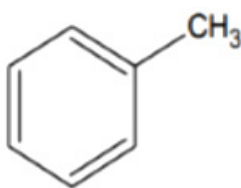
Organické polutanty (xenobiotika) jsou chemické sloučeniny obsahující uhlíkové atomy a jsou často spojeny s lidskou činností (pesticidy), průmyslovými procesy, z havarií (ropné látky). Tyto látky mohou mít škodlivé účinky na životní prostředí a lidské zdraví. Řada z nich je karcinogenní.

Organické polutanty se mohou šířit vzduchem, vodou a půdou, a mohou být rozděleny do několika skupin:

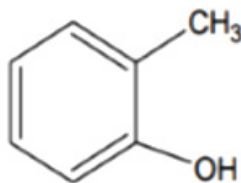
Organické rozpouštědla: Tato skupina zahrnuje látky, jako jsou benzén, toluen, ethylbenzen a xylény, které jsou běžně používány jako rozpouštědla v průmyslových procesech, některé z uvedených látek se používají k dezinfekci a mohou se dostat do ovzduší nebo půdy.



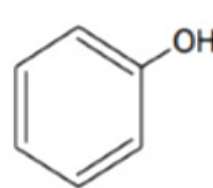
benzen



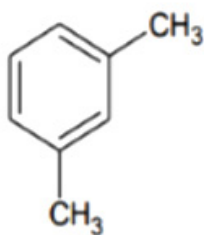
toluen



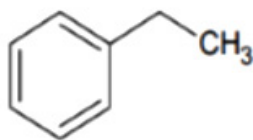
o-kresol



fenol

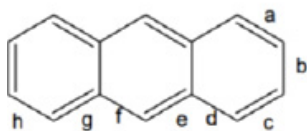


m-xylen

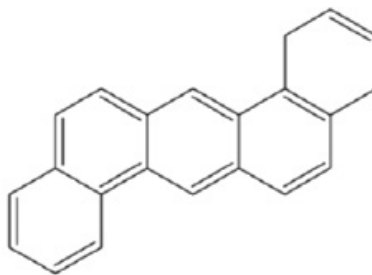


ethylbenzen

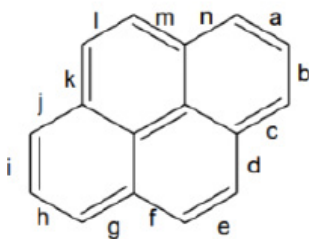
Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH): PAH jsou sloučeniny obsahující několik spojených aromatických kruhů uhlíku. Mnohé z nich jsou výsledkem neúplného spalování organických látek, emisích z automobilů a průmyslu.



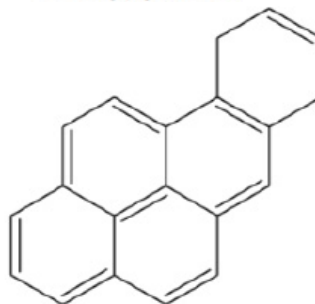
antracen



dibenz(a,h)antracen



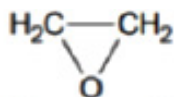
pyren



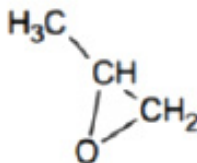
benzo(a)pyren.

Epoxy sloučeniny

Epoxydy jsou výrazně reaktivní látky, což vede k významným biologickým účinkům, které obsahují epoxidovou skupinu, což je tříčlenný kruh sestávající z dvou uhlíkových atomů a jednoho kyslíkového atomu. Využívají se různé epoxidy, jako například ethylenoxid, propylenoxid a zejména epichlorhydrin, který slouží jako výchozí surovina pro výrobu epoxidových pryskyřic. Tyto látky se používají jako pojiva, lepidla a lékařské pryskyřice.

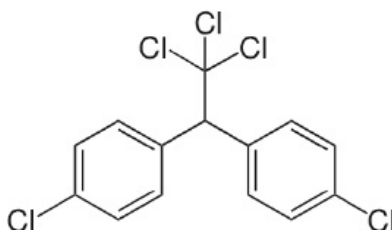


etylenoxid, epoxyethan nebo oxiran,



propylenoxid, 1,2-epoxypropan.

Chlóroorganické sloučeniny: Patří sem látky obsahující chlor, jako například pesticidy (DDT), chlorované rozpouštědla a chlorované uhlovodíky používané v průmyslu.



DDT

Pesticidy: Pesticidy jsou látky nebo směsi látek, které se používají k ochraně rostlin, domácích zvířat nebo lidského zdraví před škodlivými organismy, jako jsou hmyz, plísně, plevely a bakterie. Pesticidy mohou být použity v zemědělství, lesnictví, veřejném prostoru, v domácnostech a průmyslu. V celosvětovém měřítku je registrováno okolo 800 sloučenin, účinných látek pesticidů.

Rozdělení pesticidů podle cílového škodlivého činitele, na kterého jsou zaměřeny.

Tabulka 1 – Pesticidy a jejich cílový škodlivý činitel

Skupina pesticidů	Cílový škodlivý činitel
Insekticidy	Hmyz
Herbicidy	Plevelné rostliny
Fungicidy	Plísně, cizopasně houby
Akaricidy	Roztoči
Moluskocidy	Měkkýši
Rodenticidy	Hlodavci

Používání pesticidů však může mít několik negativních dopadů, jako jsou environmentální problémy, odolnost škodlivých organismů vůči pesticidům, a potenciální rizika pro lidské zdraví. Proto se ve vědeckém výzkumu i veřejné diskusi často diskutuje o tom, jak minimalizovat negativní dopady pesticidů a hledat ekologičtější a udržitelnější metody ochrany rostlin.

Například, DDT (dichlordifenyltrichlormethan) je organický chlorovaný pesticid, který byl široce používán od 40. do 70. let 20. století k hubení hmyzu, zejména komárů. Byl považován za účinný nástroj v boji proti malárii a jiným nemocem přenášeným komáry. DDT byl vynalezen v roce 1939 a švýcarský chemik Paul Hermann Müller Nobelovu cenu za fyziologii nebo lékařství v roce 1948. Nicméně se později ukázalo, že DDT má negativní dopady na životní prostředí a lidské zdraví. DDT se hromadí v tukových tkáních živočichů a postupně se zvyšuje v koncentraci v potravním řetězci. DDT vedl ke snížení populací některých druhů ptáků, zejména dravých ptáků, protože oslaboval jejich skořápky vajec. V důsledku těchto problémů bylo DDT postupně zakázáno nebo omezeno v mnoha zemích.

Expozice určitým pesticidům může omezovat schopnost zpívání u ptáků, což komplikuje jejich schopnost nalákat partnera a rozmnožování. Pesticidy mohou též ovlivňovat schopnost ptáků pečovat o svá mláďata a způsobovat úmrtí jejich potomstva.

V případě včel mohou i při malé koncentraci systémových pesticidů vést k subletálním účinkům, ovlivňujícím pohyblivost, chování při krmení a navigaci, například v případě neonikotinoidů.

Koktejlový efekt kontaminantů

Koktejlový efekt znamená, že různé látky ve směsi nejen že přispívají k celkové toxicitě této směsi, ale také posilují toxicitu ostatních látek v ní obsažených. V potravinách se nacházejí různé biologicky aktivní látky, jako jsou mykotoxiny či alkaloidy, z nichž některé mohou být karcinogenní. Koktejlové efekty mohou nastat i mezi těmito látkami, a to v kombinaci s dalšími kontaminanty. Vzhledem k tomu, že existuje více než tisíc používaných druhů aktivních složek pesticidních přípravků a množství dalších kontaminantů, je obtížné jednoduše určit, jaké mohou být následky na lidské zdraví při dlouhodobém užívání těchto látek. Vědecké studie již prokázaly, že koktejl těchto látek může více poškozovat DNA než jednotlivé látky samostatně. Látky ve směsi mohou vykazovat kumulovaný toxický efekt, což zdůrazňuje potřebu pečlivého monitorování a zkoumání interakcí mezi různými chemickými složkami, zejména pokud jsou přítomny ve společném prostředí nebo potravním řetězci. Tato problematika klade důraz na nezbytnost zdokonalených metod hodnocení rizik spojených s expozicí chemickým látkám a na nutnost podporovat preventivní opatření s cílem minimalizovat negativní dopady na lidské zdraví.

Analytické stanovení množství organických polutantů ve vodě a půdě

Stanovení organických polutantů je důležitým aspektem ochrany životního prostředí a lidského zdraví. Nejčastěji používají:

Plynová chromatografie (GC): Tato metoda umožňuje oddělit a analyzovat *tekavé organické látky* na základě jejich chemické struktury. GC se často používá k analýze pesticidů a organických rozpouštědel (Obr. 11).



Obr. 11 Plynový chromatograf

Kapalinová chromatografie (LC): LC je metoda, která umožňuje separaci a *identifikaci látek v kapalině* na základě jejich interakce s pevnou fází a kapalinou. Tato technika se často používá k analýze látek, jako jsou pesticidy, léčiva a další organické sloučeniny.



Obr. 12 Kapalinový chromatograf

Hmotnostní spektrometrie (MS): MS slouží k identifikaci a stanovení hmotnosti iontů. Kombinace GC nebo HPLC s hmotnostní spektrometrií (GC-MS nebo HPLC-MS) umožňuje přesné stanovení organických polutantů.

Spektroskopické metody: Infrčervená (IR) a ultravioleto-visí (UV-VIS) (Obr. 13) spektroskopie se mohou použít k identifikaci a kvantifikaci některých organických sloučenin.



Obr. 13 UV-VIS spektrofotometr

7.6.3 RADIOAKTIVNÍ LÁTKY

V půdě jsou přítomny téměř všechny známé chemické prvky přírody, včetně radionuklidů. Radionuklidy jsou chemické prvky schopné samovolného rozpadu s vytvořením nových prvků a také vytvořené izotopy jakýchkoli chemických prvků. Důsledkem jaderného rozpadu je ionizující radiace ve formě toku alfa-částic (tok jader helia, protonů) a beta-částic (tok elektronů), neutronů, gama záření a rentgenového záření.

Antropogenní radioaktivita půd a vody je způsobena vstupem radioaktivních izotopů vzniklých v důsledku odpadu z jaderného průmyslu nebo v důsledku havárií. Nejčastější radioaktivní kontaminaci půd způsobují izotopy ^{235}U , ^{238}U , ^{239}Pu , ^{129}I , ^{131}I , ^{140}Ba , ^{106}Ru , ^{90}Sr .

Přírozená kontaminace půd je způsobena radonem, který je přirozený radioaktivní plyn vznikající při rozpadu uranu a thoria v půdě. Uran (U) a Thorium (Th), jsou součástí půdy, nebo vstupují kvůli lidské činnosti, jako je těžba a zpracování uranu, mohou zvýšit jejich koncentrace v půdě.

Tyto znečišťující látky pronikají do těl zvířat a rostlin, které extrahují živiny z půdy a vody. V tomto kontextu bude osud znečišťujících látek záviset na biologickém cyklu, který je charakteristický pro každý organismus, a také na postupné výměně radioaktivních látek mezi různými rostlinnými druhy a zvířaty. Během těchto procesů dochází k vytváření sekundárních koncentrací radioaktivních látek v některých organismech, často s vysokým obsahem. Specifická radioaktivita řas může například převýšit radioaktivitu okolní vody i o 1000krát, zatímco u planktonu může tento nadbytek dosahovat až 5000krát. Je zřejmé, že koncentrace radioaktivní kontaminace v tělech vodních živočichů, kteří se živí těmito organismy, se může ještě zvýšit. Radioaktivní látky jsou v suchozemských rostlinách koncentrovány více v listech a stoncích než v semenech. Býložravci jsou tak vystaveni většímu riziku než zvířata, která se živí obilím nebo ovocem. Znečištění radioaktivními látkami sice nemusí způsobovat změny v půdních vlastnostech, ale radionuklidy z půdy se dostávají do rostlinných a živočišných produktů a mohou zůstat v orné vrstvě po desítky let.

7.7 ČISTĚNÍ KONTAMINOVANÉ PŮDY

Solidifikace (zpevnění) je technologický proces, jehož cílem je stabilizace kontaminované půdy pomocí vhodných přísad, které snižují možnost vyluhování nebezpečných prvků a sloučenin z půdní matrice. Tento postup zajišťuje, že se škodlivé látky stanou méně mobilními a riziko jejich šíření do životního prostředí se minimalizuje.

Vitrifikace je proces, při kterém dochází k zatavení kontaminované půdy do podoby skla. Tím se zabráni šíření kontaminantů do okolního prostředí, protože uzavření ve sklovité formě neumožňuje látkám únik a jejich rozptyl.

Opatření ke snížení **acidifikace půdy** lze rozdělit do tří hlavních skupin:

1. **Snižování emisí a depozice acidifikantů:** Cílem je snížit množství kyselinotvorných látek vstupujících do půdy.
2. **Biologická opatření:** U zemědělských půd tato opatření zahrnují omezené zpracování půdy, vhodný výběr a střídání pěstovaných plodin, ponechávání posklizňových zbytků a organické hnojení, které mohou zlepšovat stav půdy a přirozeně snižovat její kyselost.
3. **Chemická úprava:** Aplikace hnojiv a látek, jako je vápník, k udržení nebo zvýšení pH půdy. Hnojení a vápnění vedou ke zvýšení hodnot pH a zlepšení zásoby živin, což napomáhá neutralizovat kyselé složky půdy.

Zasolení půdy: Jedinou možností nápravy již zasolené půdy je **vymývání solí vodou**, což je metoda využitelná spíše při mimořádných haváriích a nehodách, kdy dojde k náhlému a velkému zasolení půdy.

8.10.1 Technologie biologických metod dekontaminace půd

Metoda in-situ

Degradace znečištění probíhá přímo na místě kontaminace, a to díky přirozené mikrobiální aktivitě v dané lokalitě. Pokud přirozená mikroflóra nestačí na odbourání znečištění, lze podmínky upravit – například změnou skladby mikroorganismů, doplněním kyslíku nebo jiných živin nezbytných pro jejich růst (např. dusík, fosfor, úprava pH). Tato metoda je vhodná zejména pro dekontaminaci míst zasažených ropnými látkami, aromatickými a polyaromatickými uhlovodíky [123;124].

Metoda ex-situ

Při této technologii je kontaminovaný pevný materiál vytěžen a následně čištěn mimo místo původní kontaminace nebo jeho vzniku (viz Obrázek 85). Materiály jako kontaminovaná zemina, sedimenty, stavební suť nebo kaly s obsahem ropných látek jsou zpracovávány postupy založenými na fyzikálních, chemických a biologických principech.



Obrázek 85: Metoda ex-situ

Některé konkrétní technologie ex-situ:

- **Kompostování:** Kontaminovaná půda je po vytěžení smíšena s kypřícím činidlem a organickým materiálem (např. piliny, odpady z rostlinné a živočišné výroby), které zvyšují porozitu a obsah organických látek. Tento postup podporuje biologický rozklad kontaminantů.
- **Biostimulace:** Půda je smíšena s materiálem zlepšujícím její vlastnosti a jsou vytvořeny speciální bioskládky, které napomáhají procesu dekontaminace.
- **Landfarming:** Tato metoda je využívána k odstranění polutantů snadno rozložitelných za aerobních podmínek. Provádí se na speciálně upravených dekontaminačních plochách, které jsou izolovány od okolního prostředí nepropustnou fólií nebo vrstvou jílu, což umožňuje kontrolovaný proces odbourávání kontaminantů.

7.8 SHRNOTÍ:

Tato kapitola se zabývá půdou, jejími funkcemi a způsoby analýzy znečištění. Nejprve jsou popsány hlavní funkce půdy, včetně její schopnosti podporovat rostlinný růst, zadržovat vodu a živiny, a sloužit jako prostředí pro organismy. Dále se věnuje metodám odběru vzorků půdy, které jsou klíčové pro získání reprezentativních dat pro analýzy.

Kapitola se zaměřuje na znečištění půdy těžkými kovy, mezi které patří olovo (Pb), arzen (As), rtuť (Hg) a kadmium (Cd), a organickými polutanty, jako jsou pesticidy, rozpouštědla, epoxy sloučeniny a polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU). Pro extrakci těchto látek z půdy jsou používány různé metody, jako je macerace, Soxhletova extrakce, SPE, ultrazvuková extrakce, mikrovlnová extrakce a extrakce na třepačce.

Metody stanovení těžkých kovů zahrnují AAS (atomová absorpční spektroskopie), ICP-MS (hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem), ICP-OES (optická emisní spektroskopie s indukčně vázaným plazmatem) a titrace. Stanovení organických látek je prováděno pomocí technik GC-MS (plynová chromatografie spojená s hmotnostní spektrometrií), LC-MS (kapalinová chromatografie spojená s hmotnostní spektrometrií), UV-VIS spektroskopie a infračervené (IR) spektroskopie.

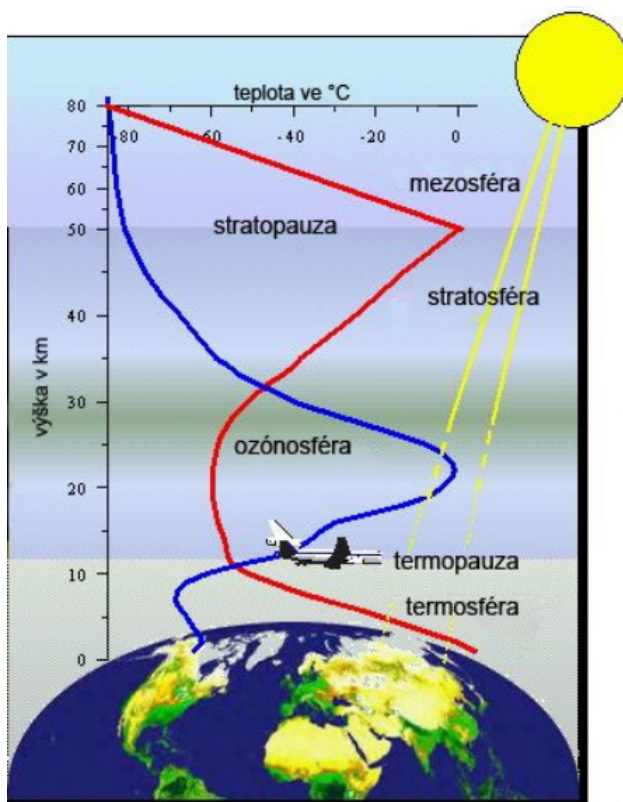
8 ZNEČISTĚNÍ OVZDUŠÍ

Vzduch je směs plynů, kterou tvoří hlavně dusík (78%) a kyslík (21%), spolu s malými množstvími dalších plynů, včetně argonu, oxidu uhličitého, vodní páry a stopových plynů (Tabulka 1). Vzduch je esenciální pro život na Zemi, zejména kvůli obsahu kyslíku, který je nezbytný pro dýchání živých organismů.

Tabulka 1 Sklad vzduch

Podíl	Plyn
78,084 %	dusík (N ₂)
20,947 %	kyslík (O ₂)
0,934 %	argón (Ar)
0,033 %	oxid uhličitý (CO ₂)
0,002 %	ostatní plyny

Všechny chemické transformace látek vypouštěných do atmosféry probíhají v troposféře. Troposféra představuje vrstvu zemské atmosféry o tloušťce přibližně 10 km, oddělenou od vyšších vrstev tropopauzou, kde dochází k teplotní inverzi. Nad tropopauzou se nachází stratosféra s ozónovou vrstvou, fungující jako filtr pro krátkovlnné záření. Z této perspektivy lze troposféru je jako fotochemický reaktor, který je současně ohříván a osvětlován slunečním zářením s vlnovými délkami nad 300 nm.



Schematické uspořádání atmosféry s teplotním (červeně) a ozónovým profilem (modře)

Zdroj: <http://www.uni-mainz.de/FB/Physik/IPA/>

8.1 KONTAMINACE VZDUCHU

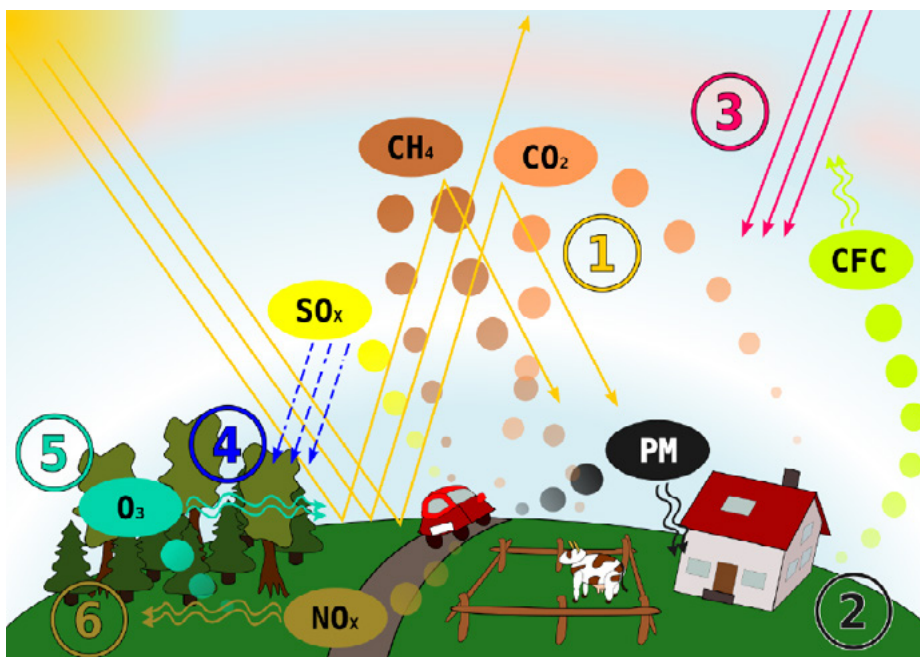
Znečištění ovzduší vzniká působením chemických, fyzikálních a biologických faktorů, které ovlivňují přirozené vlastnosti zemské atmosféry:

- **Chemické činitele** zahrnují emise různých chemických látek do ovzduší, které vznikají z lidských aktivit, jako jsou průmyslové procesy, spalování fosilních paliv nebo používání chemikálií.
- **Fyzikální činitele** ovlivňují fyzikální vlastnosti atmosféry, včetně teploty, tlaku a hustoty vzduchu, a mohou hrát roli v přenosu a rozptylu znečišťujících látek.
- **Biologické činitele** představují emise biogenních látek z přírodních zdrojů, jako jsou organické sloučeniny uvolňované rostlinami nebo mikroorganismy.

Kontaminace vzduchu nastává, když do atmosféry vstupují nežádoucí látky ve vyšších koncentracích, které mohou negativně ovlivnit lidské zdraví, životní prostředí nebo kvalitu vzduchu jako celku. Tyto **znečišťující látky** pocházejí z různých zdrojů a mohou zahrnovat chemické látky, prach, plyny nebo mikroorganismy.

Mezi hlavní jevy a látky způsobující znečištění ovzduší patří:

- **Skleníkový efekt:** Zvýšené množství skleníkových plynů přispívá ke globálnímu oteplování.
- **Znečištění pevnými částicemi:** Prach a další pevné částice ve vzduchu mohou mít zdravotní dopady a snižovat kvalitu ovzduší.
- **Zvýšené UV záření:** Narušení ozonové vrstvy vede k vyšší úrovni UV záření na povrchu Země.
- **Kyselé deště:** Vznikají v důsledku reakce oxidů síry a dusíku s vodní parou v atmosféře, což způsobuje okyselování půdy a vody.
- **Zvýšený přízemní ozón:** Ovlivňuje kvalitu ovzduší a může být škodlivý pro dýchací systém.
- **Znečištění oxidy dusíku a oxidy síry:** Tyto látky mají řadu negativních dopadů na lidské zdraví a životní prostředí.



Obr. Hlavní látky a děje, které znečištění ovzduší způsobují 1. skleníkový efekt 2. znečištění pevnými částicemi 3. zvýšené UV-záření 4. kyselé deště 5. zvýšené množství přízemního ozonu 6. znečištění způsobené oxidy dusíku, CC BY 3.0

Soubor:Air Pollution-Causes&Effects.svg, https://cs.wikipedia.org/wiki/Zne%C4%8Di%C5%A1t%C4%9Bn%C3%AD_ovzdu%C5%A1%C3%AD#/media/Soubor:Air_Pollution-Causes&Effects.svg

8.2 HLAVNÍ OXIDY ZNEČIŠŤUJÍCÍ VZDUCH

Oxidy dusíku (NO_x): Oxid dusnatý (NO) vzniká spalováním fosilních paliv ve stacionárních emisních zdrojích, jako jsou vytápění či elektrárny, a také v motorových vozidlech. Oxid dusičitý (NO₂) pochází z průmyslových procesů, například z výroby kyseliny dusičné, aplikace výbušnin nebo svařování.

Oxidy dusíku zvyšují oxidační potenciál atmosféry a negativně ovlivňují vnitřní orgány. NO_x může vázat v krvi červené krevní barvivo a narušovat tak přenos kyslíku z plic do tkání. Ve vyšších koncentracích způsobují dráždění dýchacích cest

Oxid siřičitý (SO₂)

Oxid siřičitý je hlavní znečišťující složkou ovzduší. Při koncentracích okolo 0,1 mg/m³ dráždí oči a horní dýchací cesty. Při koncentraci 0,5 mg/m³ ovlivňuje činnost mozkové kůry a při 2,5 mg/m³ snižuje průchodnost plic.

Oxid sírový (SO₃)

Oxid sírový okamžitě reaguje se vzdušnou vlhkostí a vytváří aerosol kyseliny sírové. Hlavním zdrojem SO₃ je oxidace SO₂. Pro jeho stanovení se využívají fotometrická a turbidimetrická metoda. Obě metody, které slouží ke stanovení průměrných koncentrací, využívají papírový filtr impregnovaný roztokem hydroxidu draselného k zachycení aerosolu

Oxid uhelnatý (CO)

Většina emisí oxidu uhelnatého vzniká při nedokonalém spalování fosilních paliv.

CO je silně toxický plyn, který vytváří s krevním barvivem pevný karboxyhemoglobin, čímž omezuje přenos kyslíku z plic do krve. Fotochemickou oxidací v ovzduší přechází na CO₂, ale tento proces probíhá velmi pomalu

- CO₂ (oxid uhličitý) není toxický, ale působí jako skleníkový plyn, čímž přispívá ke globálnímu oteplování.

Metody stanovení kontaminujících oxidů ve vzduchu

K měření a analýze znečišťujících plynů v atmosféře se používají různé analytické metody, které zahrnují specializovaná zařízení a postupy pro stanovení koncentrací těchto škodlivých látek.

Chemiluminiscenční metoda využívá chemické reakce, při nichž dochází k emisi světla při reakci dusitanu na oxid dusičitý. Intenzita tohoto světla je pak přímo úměrná koncentraci NO_x ve vzorku.

Absorpční spektrofotometrie: Tato metoda využívá absorpce světla oxidu siřičitého (SO₂) nebo oxidu sírového (SO₃) při specifických vlnových délkách. Měří se absorpce světla při průchodu vzorkem, a na základě této absorpce lze určit koncentraci SO_x.

Fluorescenční metody: Fluorescenční techniky mohou být použity pro detekci SO₂, NO, NO₂ v plynové fázi. Tato metoda využívá emise světla při osvětlení ultrafialovým světlem. Intenzita fluorescence je pak přímo úměrná koncentraci SO₂, NO, NO₂.

Elektrochemické senzory: Elektrochemické senzory měří změny elektrického proudu, které jsou vyvolány reakcemi mezi SO₂, NO, NO₂ a elektrodou. Velikost proudu poskytuje informaci o koncentraci SO_x, NO_x v měřeném vzorku

8.3 DALŠÍ LÁTKY ZNEČIŠŤUJÍCÍ VZDUCH H₂S, O₃

Sulfan (H₂S) Sulfan se v malých koncentracích (pod 0,1 mg m⁻³) projevuje nepříjemným, obtížným zápachem. Ve vyšších koncentracích se uplatňuje jeho toxicita. Sulfan ochrnuje čichové nervy, takže zápach mizí a dochází rychle ke smrtelné otravě. Sulfan v ovzduší má svůj původ v biochemických procesech během rozkladu organických látek a v činnosti vulkánů. V menší míře se také uvolňuje z průmyslových procesů, jako je výroba sulfátové celulózy, rafinace ropy a provoz koksovy. Stanoví fluorescenční metodou je založena na oxidaci sulfanu na oxid siřičitý a na fluorescenčním stanovení SO₂.

Ozón (O₃): Přízemní ozón je substancí, která vzniká sekundárně v atmosféře. Přirozeně se vyskytuje v malých množstvích po bouřkách nebo v horském prostředí. Obecně není identifikován emisní zdroj, který by přímo produkoval ozón. Jeho formování je především spojeno s přítomností oxidů dusíku a těkavých organických látek, jež vstupují do fotochemických reakcí. Ozón vykazuje vysokou oxidační aktivitu a může reagovat s různými látkami na biochemické úrovni.

8.4 PEVNÉ POLÉTAVÉ ČÁSTICE (PM10 A PM2.5):

Mikročástice, známé jako polétavý prach (PM z anglického názvu „particulate matter“), představují drobné částice s velikostí v řádu několika mikrometrů (μm). Tyto částice jsou klasifikovány podle svých rozměrů, přičemž například označení PM10 se vztahuje k polétavému prachu o velikosti 10 mikrometrů. Polétavý prach je téměř výhradně produktem lidské činnosti. Vzniká při různých procesech, jako jsou spalovací procesy, tavení rud, a dokonce i eroze půdy. Čím menší je průměr částic, tím déle zůstávají v ovzduší. Částice o velikosti kolem 10 μm jsou zpravidla zachyceny v horních cestách dýchacího systému, zatímco menší částice mají schopnost pronikat až do dolních částí plic. Největší riziko však představují částice s velikostí menší než 2,5 μm , které mohou dosáhnout až do jemných plicních sklípků. Tato expozice polétavým prachu může mít značně nepříznivý vliv na zdraví. Dochází k zvyšování rizika kardiovaskulárních onemocnění, chorob dýchacího systému a snižování celkové délky života. Zejména částice menší než 2,5 μm jsou spojovány s výraznějším zvýšením kojenecké úmrtnosti. Kromě toho mohou tyto částice, v důsledku navázaných těkavých látek, přispívat k rozvoji rakoviny.

Stanovení prachových částic se provádí gravimetricky. V tomto měření se částice shromažďují na filtru ze sklených mikrovláken, přes který se po dobu 24 hodin prosává známé množství vzduchu (běžně 2000 m^3). Filtr se následně zváží před a po expozici a výsledky se udávají v g/m^3 [139, 140].

Těkavé (volatilní) organické látky (VOC).

Jsou skupinou chemických sloučenin, které mohou snadno přecházet z kapalného nebo pevného stavu do plynné fáze při běžných teplotách a tlacích, např. alifatické aromatické uhlovodíky a jejich halogenové deriváty, terpeny, aldehydy. Některé z těchto organických sloučenin mohou vypařovat z různých zdrojů, včetně průmyslových procesů a automobilového provozu. Mohou přispět k tvorbě ozónu a způsobovat další zdravotní problémy. Způsobují dráždění očí a dýchacích cest, bolesti hlavy, ztrátu koordinace, nevolnost, poškození jater, ledvin.

Těžké kovy. Například olovo, rtuť a kadmium mohou být uvolňovány z průmyslových odvětví a ovlivňovat nejen lidské zdraví, ale také ekosystémy.

- **Olovo (Pb):** Emise vznikají při spalování fosilních paliv, výrobě železa, oceli a neželezných kovů, ale také při zvětvávání hornin a vulkanické činnosti.
- **Nikl (Ni):** V ovzduší se vyskytuje v různých sloučeninách, zejména v částicích menších než 10 μm . Pochází ze spalování těžkých ropných olejů, těžby niklových rud, rafinace niklu, spalování odpadu a výroby železa.
- **Kadmium (Cd):** Pochází z výroby železa, oceli, neželezných kovů, spalování odpadu a fosilních paliv.
- **Arsen (As):** Nachází se ve sloučeninách emitovaných při spalování (hnědé a černé uhlí, těžké oleje), při výrobě železa, oceli, mědi a zinku, dále z vulkanické činnosti či zvětvávání minerálů. Metody stanovení těžkých kovů a organických sloučenin jsou popsány v kapitole 8.6.1.

8.5 FREONY

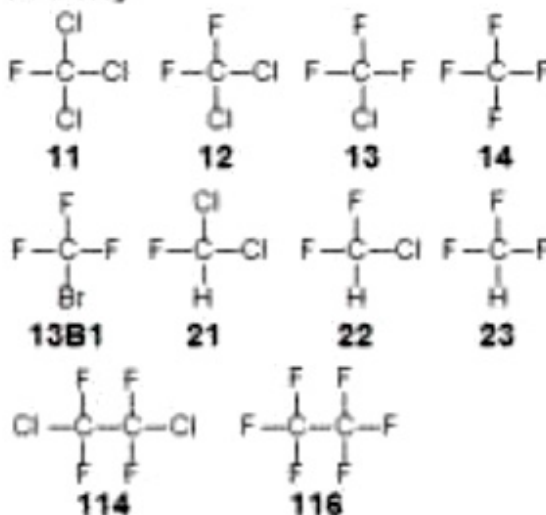
Freony jsou chlor-fluorované deriváty uhlovodíků, které obsahují alespoň 2 vázané halogeny, z nichž alespoň jeden musí být fluor. Dříve se freony ve velkém měřítku používaly v chladicích zařízeních, jako hasicí prostředky nebo hnací médium ve sprejích. Jsou to výborné izolanty a rozpouštědla. V dnešní době se od jejich používání upouští pro negativní vliv na ozónovou vrstvu zemské atmosféry.

Freony uvolňují v ozónové vrstvě chlor, který ničí ozónovou vrstvu.

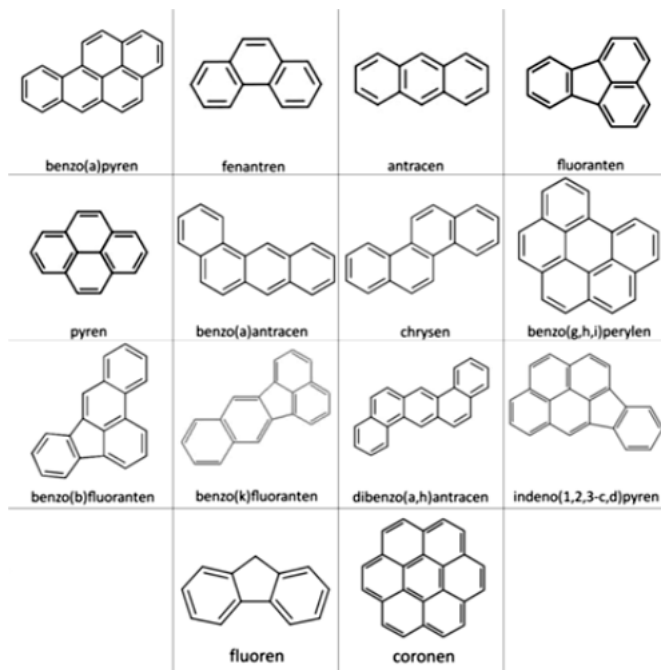
Důsledkem je úbytek ozónové vrstvy a zvýšené pronikání UV záření na povrch Země, kvůli čemuž vznikají nemoci, jako je třeba zánět spojivek, rakovina kůže a poškození očí.

Freony se taktéž řadí mezi skleníkové plyny.

Freony



Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) jsou perzistentní organické sloučeniny, odolávají přirozeným rozkladným procesům. Vznikají především při neúplném spalování organických látek, jako jsou uhlí, oleje, nafta, benzín a plasty, v nevhodných spalovacích zařízeních. Mají mutagenní a karcinogenní vlastnosti, což představuje riziko pro zdravý vývoj plodu.



Obr. PAU stanovené v ovzduší

8.6 SMOG

Smog je specifickým stavem znečištění ovzduší, který se vytváří za nepříznivých meteorologických podmínek vlivem vzájemné interakce vzdušné vlhkosti, pevných částic (zejména popílku a sazí) a dalších plynných škodlivin. Tato situace představuje zvláštní nebezpečí pro zdraví obyvatel městských a průmyslových aglomerací (Obr. 1). Z odborného hlediska se smog rozlišuje na dva typy: redukční (londýnský, zimní) a oxidační (kalifornský, losangeleský, fotochemický či letní smog).



Obr.1 Smog (zdroj <https://en.wikipedia.org/>)

- *Kyselý (také nazývaný londýnský) smog* vzniká složením městského a průmyslového kouře s mlhou v oblastech, kde se spalují paliva s vyšším obsahem síry, zejména v komunálním topení, kdy jsou spaliny vypouštěny nízkými komíny a rozptýlovány do nízkých vrstev atmosféry. Vyskytující se během roku typicky v zimních podmínkách s výraznými přízemními inverzemi teploty vzduchu. Zimní smog je složen převážně z oxidu siřičitého SO_2 a některých dalších látek, které snadno podléhají oxidaci. Tyto látky mají často silně redukční účinky na své okolí.
- *Fotosmog (typicky spojovaný s Los Angeles)* se vytváří během inverzních atmosférických podmínek v oblastech s vysokou hustotou automobilové dopravy. Tento druh smogu má silné oxidační, agresivní, dráždivé (na sliznice, dýchací cesty, oči atd.) a toxické účinky. Jde o znečištění vzduchu, které vzniká v městských oblastech vlivem působení slunečních paprsků na některé složky dopravních exhalací. Jeho součástí jsou převážně vysoké koncentrace přízemního ozónu, díky kterému může být pozorován jako namodralý opar, a směs uhlovodíků, peroxyacetyltrinitrátu, oxidů dusíku (NO , NO_2) a uhlíku (CO , CO_2). Důvodem jeho vzniku je zvýšená koncentrace NO_2 , který se vlivem slunečního UV záření rozpadá na radikály

8.7 KYSELÉ DEŠTĚ

Kyselé deště jsou typem srážek, které obsahují vyšší koncentrace kyselých sloučenin, zejména kyseliny sírové (H_2SO_4) a dusičné (HNO_3), než je běžné v přirozeném prostředí. Kyseliny vznikají zejména v důsledku emisí oxidu siřičitého (SO_2) a oxidů dusíku (NO_x), které se uvolňují při spalování fosilních paliv (uhlí, ropa, zemní plyn) v průmyslu, dopravě nebo při energetické produkci. V atmosféře tyto látky reagují s vodními parami a kyslíkem, čímž vznikají zmíněné kyseliny, které se pak společně se srážkami vracejí zpět na povrch Země.

Dopady kyselých dešťů:

1. **Na půdu a vegetaci:** Kyselé deště způsobují okyselení půdy, což vede k vyluhování důležitých živin, jako je vápník a hořčík, a naopak zvyšují koncentraci toxických prvků, například hliníku. To má negativní dopady na růst rostlin a snižuje jejich odolnost vůči chorobám a stresům z prostředí.
2. **Na vodní ekosystémy:** Kyselé deště snižují pH vodních toků a jezer, což má fatální následky pro vodní organismy. Mnoho druhů ryb a dalších vodních živočichů je citlivých na změny pH a při jeho snížení může dojít k úhynu nebo narušení reprodukčních cyklů.
3. **Na infrastrukturu:** Kyselé deště urychlují korozi kovů a degradaci stavebních materiálů, jako je mramor a vápenec. Dochází k rychlejšímu poškození soch, památek a staveb.
4. **Na lidské zdraví:** Zatímco kyselé deště samotné nejsou přímým ohrožením pro lidské zdraví, emise, které je způsobují (SO_2 a NO_x), mohou vést k respiračním problémům, jako je astma nebo bronchitida.

Řešení a prevence kyselých dešťů:

1. **Snižování emisí:** Jedním z hlavních opatření proti kyselým dešťům je snižování emisí SO_2 a NO_x . K tomu přispívají technologie odsíření spalín, používání katalyzátorů v automobilových motorech a využívání čistších zdrojů energie, například zemního plynu nebo obnovitelných zdrojů.
2. **Mezinárodní dohody:** Kyselé deště jsou přeshraniční problém, protože znečišťující látky mohou být přenášeny větrem stovky kilometrů daleko. Proto jsou důležitá mezinárodní úsilí, jako je *Göteborgský protokol* nebo *Úmluva o dálkovém znečišťování ovzduší přecházejícím hranice* (LRTAP).

Kyselé deště jsou důsledkem industrializace a nadměrného spalování fosilních paliv, ale díky mezinárodní spolupráci a inovacím v technologii snižování emisí se jejich dopady daří postupně zmírňovat

8.8 KONTROLA ZNEČIŠŤOVÁNÍ A ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ

Kontrola znečišťování ovzduší je klíčovým prvkem v úsilí chránit životní prostředí a lidské zdraví. Procesy emisí o imisích hrají zásadní roli při hodnocení a ovládání kvality ovzduší.

8.9 INDEX KVALITY OVZDUŠÍ A ZDRAVOTNÍ RIZIKA

Emise

Emise představují měření koncentrací škodlivin v místě jejich vypouštění do volného ovzduší. Jedná se například o komíny, větrací šachty nebo výfuková potrubí. Měření emisí je nezbytnou součástí kontroly kvality ovzduší a probíhá kontinuálně.

Imise

Imise zahrnují škodlivé látky, které se rozptýlily a pozměnily reakcemi v atmosféře. Do ovzduší se uvolňuje velké množství těchto škodlivin, z nichž přibližně 90 % tvoří plyny a zbytek jsou tuhé a kapalné částice. Základní princip imisního měření spočívá v převedení stanovované složky do roztoku a následném stanovení klasickými titračními nebo elektrochemickými metodami.

Index kvality ovzduší (IKO) umožňuje hodnotit stav ovzduší a míru zátěže škodlivinami. Stanovuje se z ročních, 24hodinových nebo krátkodobých koncentrací látek v ovzduší. Tabulka 2 Index kvality ovzduší.

Tabulka Index kvality ovzduší

Úroveň	Stav ovzduší	Barva znázornění
1.	Čisté ovzduší – zdraví příznivé ovzduší	Svěží zelená
2.	Vyhovující ovzduší – zdravé ovzduší	Matná zelená se žlutým nádechem
3.	Mírně znečištěné ovzduší – zdravotně přijatelné ovzduší	Matně žlutá
4.	Znečištěné ovzduší – ovzduší ohrožující citlivé osoby	Matná okrová
5.	Silně znečištěné ovzduší – ovzduší ohrožující celou populaci	Matně červená
6.	Ovzduší zdraví škodlivé – velmi silně znečištěné ovzduší	Jasně karmínová

Tabulka Zdravotní rizika

Škodlivina	Zdravotní rizika
Oxid uhličitý (CO ₂)	Koncentrace 3–5 % v ovzduší je životu nebezpečná po půlhodinovém pobytu, 8–10 % způsobuje rychlou ztrátu vědomí
Oxid uhelnatý (CO)	Způsobuje poruchy srdce, mozku, zrakové a sluchové potíže
Oxid siřičitý (SO ₂)	Pro rostliny a živočichy toxický, plyn s dráždivými účinky, způsobuje dýchací potíže, změny plicní kapacity
Oxidy dusíku (NO _x)	Dráždivé účinky, způsobuje záněty průdušek (bronchitida, plicní edém)
Oxid dusný (N ₂ O)	Při delším vystavení působení tohoto plynu způsobuje nervové poškození a poruchy krvetvorby, poruchy paměti
Olovo (Pb)	Toxický kov, chronická otrava se projevuje nechutenstvím, bolestmi břicha, kloubů, způsobuje problémy s chováním, nižší IQ, nesoustředěnost
Ozón (O ₃)	Dráždivý účinek na dýchací orgány, působí na centrální nervovou soustavu, způsobuje buněčné a strukturální změny
Pevné částice (PM)	Srdeční a plicní choroby, změny v imunitním systému, alergické reakce

8.10 SHRNU TÍ

Tato kapitola se věnuje složení vzduchu a znečišťujícím látkám, které v něm mohou být přítomny. Nejprve je popsán základní sklad vzduchu, který tvoří především dusík (N₂), kyslík (O₂) a další plyny ve stopových množstvích. Následně jsou uvedeny hlavní znečišťující látky, mezi které patří oxidy dusíku (NO_x), oxidy síry (SO_x), oxid uhelnatý (CO), oxid uhličitý (CO₂), vodní pára (H₂O), těžké kovy a polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU).

Kapitola také vysvětluje pojem smog, což je směs znečišťujících látek v ovzduší, která může být tvořena hlavně oxidem dusičitým, oxidem siřičitým, částicemi prachu a dalšími látkami. Smog se obvykle dělí na dva typy – letní (fotochemický) a zimní (redukční) smog.

Dále jsou objasněny pojmy emise a imise. Emise označuje množství škodlivin, které jsou vypouštěny do ovzduší přímo ze zdrojů, jako jsou továrny nebo dopravní prostředky. Naopak imise představuje množství znečišťujících látek, které jsou přítomny v ovzduší na určitém místě a mohou být vdechovány lidmi a zvířaty či ovlivňovat prostředí.

Literatura

- LANGHAMMER J Kvalita povrchových vod a jejich ochrana, Praha 2002, s. 1-222
- LEDVINA M., STOKLASOVÁ A., CERMAN J. Biochemie pro studující medicíny. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2009, 269 s. ISBN 978-802-4614-144.
- MOLDAN, B., BRANIŠ, M. (2003) Globální problémy životního prostředí. In: Mezřícký, V. (ed). Globalizace. Praha: Portál 147 str. (ISBN: 80-7178-745-5)
- Vodní portál UNESCO <http://www.unesco.org/water>
- <http://e-chembook.eu/teorie-acidobazických-reakcí>
- BENCKO, Vladimír, et al. *Hygi ena : Učeb ní texty k seminář ům a praktick ým cvi čen ím*. 2. vydání. Praha : Karolinum, 1998. 185 s. s. 54 - 58. ISBN 80-7184-551-5.
- Mikroplasty ve vodě <https://www.ih.cas.cz/mikroplasty-ve-vode/>
- Degradace půd <https://mze.gov.cz/public/portal/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/deggradace-pud/kontaminace-pudy>
- Index kvality ovzduší ČHMÚ
- Znečištění ovzduší <https://old.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/1ZOZP/ovzdusi/viden.htm>
- Olověné broky <https://ekolist.cz/cz/publicistika/priroda/myslivci-uz-nesmi-lovit-olovenymi-broky-v-mokradech>

9 ZÁKLADNÍ CHROMATOGRAFICKÉ TECHNIKY PRO ROZDĚLENÍ A ANALÝZU PŘÍRODNÍCH LÁTEK

9.4 IZOLACE ANALYTŮ

Extrakce rozpouštědlem

-nejběžnější metoda extrakce přírodních látek a kontaminantů ze vzorku

Extrakce rozpouštědlem se zakládá na principu rozdělení složek vzorku mezi dvě fáze – kapalnou a pevnou nebo mezi dvě nemísitelné kapaliny. Cílové látky se rozpustí v rozpouštědle, které je následně odděleno od původní matrice, čímž vznikne vzorek vhodný pro chromatografickou analýzu.

Výběr vhodného rozpouštědla: Rozpouštědlo by mělo mít vysokou afinitu k analytům a nízkou afinitu k nežádoucím složkám vzorku. Pro **GC** se často používají organická rozpouštědla, jako jsou hexan, dichlormethan, etylacetát nebo methanol, protože analytické látky musí být těkavé. Pro **LC** se používají polarizovaná rozpouštědla, jako je methanol nebo acetonitril, v závislosti na polaritě analytů.

POLARITA

Polární rozpouštědla

Obsahují iontovou vazbu nebo kovalentní polární vazbu

- Rozpouští polární a iontové sloučeniny
- Voda, ethanol, nižší karboxylové kyseliny (kyselina octová), HF, NH₃

Nepolární rozpouštědla

- Obsahují žádné nebo pouze nepochybné funkční skupiny – rozpouštějí nepochybné látky
- Nepochybné látky mají menší rozdíl elektronegativity, proto se dají hůře rozdělit
- Nemísí se s vodou
- Benzen, xylén, CCl₄, diethylether (CH₃CH₂OCH₂CH₃)

Příprava vzorku: Pevné nebo kapalně vzorky se rozmíchají nebo smísí s vhodným rozpouštědlem. U pevných vzorků je často nutná homogenizace či mechanické rozrušení (mletí), aby došlo k efektivnímu uvolnění analytů. Například při extrakci z biologických vzorků (tkáň, krev, moč) se přidává rozpouštědlo přímo ke vzorku a směs se míchá, aby došlo k extrakci analytů.

Třepání a míchání: Směs vzorku a rozpouštědla se intenzivně míchá (např. pomocí vortexu nebo ultrazvuku), aby se maximalizovala účinnost extrakce a došlo k úplnému přenosu analytů do rozpouštědla.

Oddělení fází: Po dokončení extrakce se pevné částice (pokud jsou přítomné) oddělí například filtrací nebo odstředěním. U kapalných vzorků se oddělí nemísitelné fáze pomocí separační nálevky, pokud se jedná o kapalně-kapalinovou extrakci.

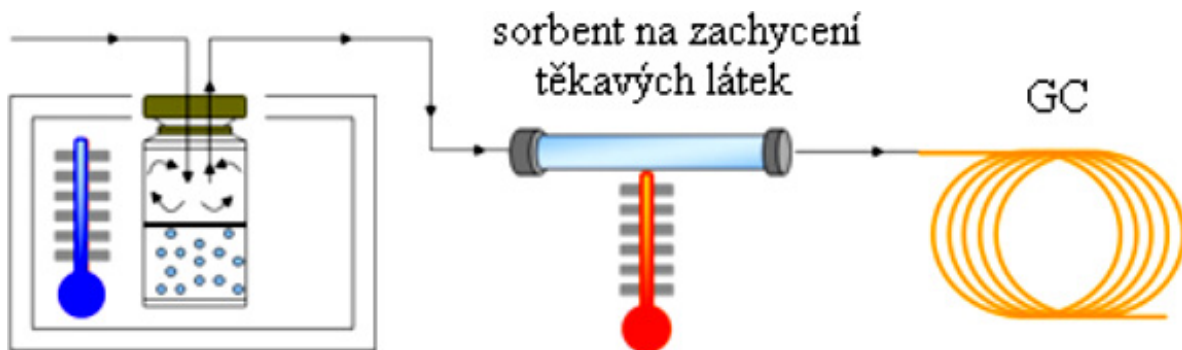
Koncentrace a čištění: V závislosti na typu vzorku může být extrakt dále koncentrován pomocí odpařování rozpouštědla (např. v rotační vakuové odparce), aby se dosáhlo vyšší koncentrace analytů. V případě přítomnosti nežádoucích složek může být nutné další čištění, např. pomocí pevné fáze (SPE) nebo kapalně-kapalinové extrakce.

Mikroextrakce pevnou fází

Mikroextrakce pevnou fází (SPME – Solid Phase Microextraction) je sorpčně-desorpční technikou získání vzorků nevyžadující rozpouštědla. Analyty jsou sorbovány na SPME vláknech různých parametrů a následně desorbovány v nástřikovém prostoru chromatografu. Metoda je použitelná ve spojení s plynovou i kapalinovou chromatografií. Poskytuje lineární výsledky v širokém koncentračním rozsahu. Volbou vhodného typu vlákna se dosáhne reprodukovatelných výsledků i pro nízké koncentrace analytů. Aby byla reprodukovatelnost co nejvyšší, je vhodné používat shodné doby vzorkování. Značnou nevýhodou kromě vysoké ceny SPME vláken je skutečnost, že po analýze není k dispozici stejný vzorek pro biologické či jiné testy.

Headspace techniky pro látky těkavé, zplynitelné a měřitelné na GCMS

Tyto techniky jsou vhodné pro těkavé přírodní látky s dostatečnou tenzí par při normální teplotě. Jedná se o sorbci zkoumaných těkavých látek na sorbent s následným vymytím sorbentu rozpouštědlem. Látky lze sorbovat ze statické atmosféry v nádobě obsahující objekt vylučující těkavé látky. Alternativně lze zkoumané objekty umístit do nádoby a tuto promývat čištěným vzduchem a těkavé látky strhávané proudem vzduchu zachycovat na sorbent a následně je vymývat rozpouštědlem. Přičemž proud vzduchu může opakovaně cirkulovat v uzavřeném obvodu (tzv. „close-loop“ systém), nebo obvod může být otevřený (Obrázek 25). Při statickém uspořádání lze atmosféry nad přírodním materiálem vzorkovat plynotěsnou stříkačkou a následným nástřikem nabrané plynné fáze do plynového chromatografu. Při dynamickém uspořádání dochází ke kontinuálnímu strhávání těkavých látek proudem vzduchu a jejich následnému zakoncentrování. Toto uspořádání vede ke koncentrovanějším vzorkům, neboť jímání těkavá látka postupně uvolňovaná z přírodního materiálu se zakoncentrovává buď na adsorbentu, nebo vymražením do malého objemu rozpouštědla. Zachycené látky se po skončení jímání vymyjí rozpouštědlem ze sorbentu, nebo se tepelně desorbují přímo v injektoru plynového chromatografu. Používaná dynamická technika jímání těkavých látek z živých jedinců používá relativně nízký průtok vzduchu (většina aparatur je sestavena na maximální průtok 10 ml/min), aby nedocházelo k nežádoucímu vysychání. Jako sorbenty se uplatňují např. aktivní uhlí, Poropak Q, Tenax nebo SuperQ[®]. Po najímání se těkavé látky adsorbované na sorbentu eluují vhodným rozpouštědlem (pentan, hexan). Aby se zamezilo průniku okolních těkavých látek, musí být aparatura velmi dobře utěsněna. Tato technika poskytuje optimálně koncentrované a čisté vzorky pro re-analýzu za předpokladu udržení maximální inertnosti aparatury. Je zvláště vhodná v případech, kdy se na produkci těkavých látek podílí více žláz, které spolu vytváření v určitém kontextu specifické směsi rozmanitého složení.



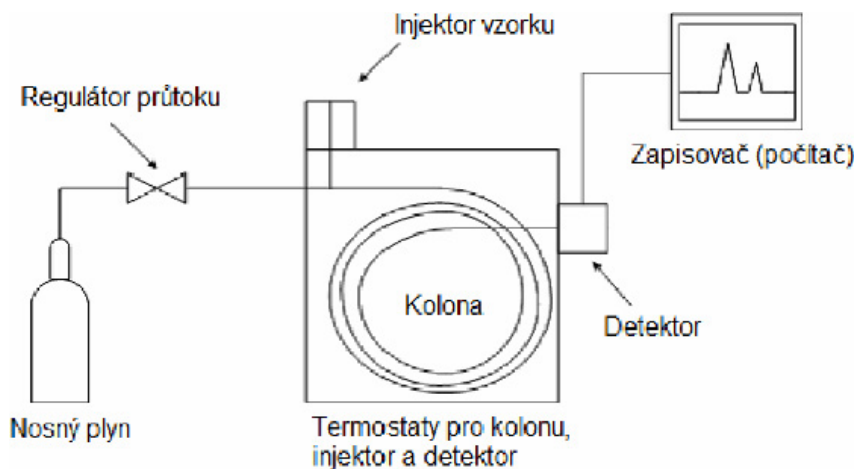
Obrázek 25: Dynamická headspace – schéma

Výhodou headspace proti extraci je vyšší koncentrace vzorku s vyšší mírou opakovatelnosti. Nevýhodou jsou však velké nároky na aparaturu, které se dají eliminovat použitím odběrových pump, vysoké požadavky jsou kladeny na čistotu rozpouštědel. V případě neodborné manipulace s odběrovými čerpadly může však dojít ke kontaminaci vzorků nečistotami z prostředí nebo ke kontaminaci vlastní smyčky.

9.2 METODY ANALÝZY VZORKŮ LÁTEK S NÍZKÝM BODEM VARU

9.2.1 PLYNOVÁ CHROMATOGRAFIE S HMOTNOSTNĚ SPEKTROMETRICKOU DETEKCÍ (GC-MS)

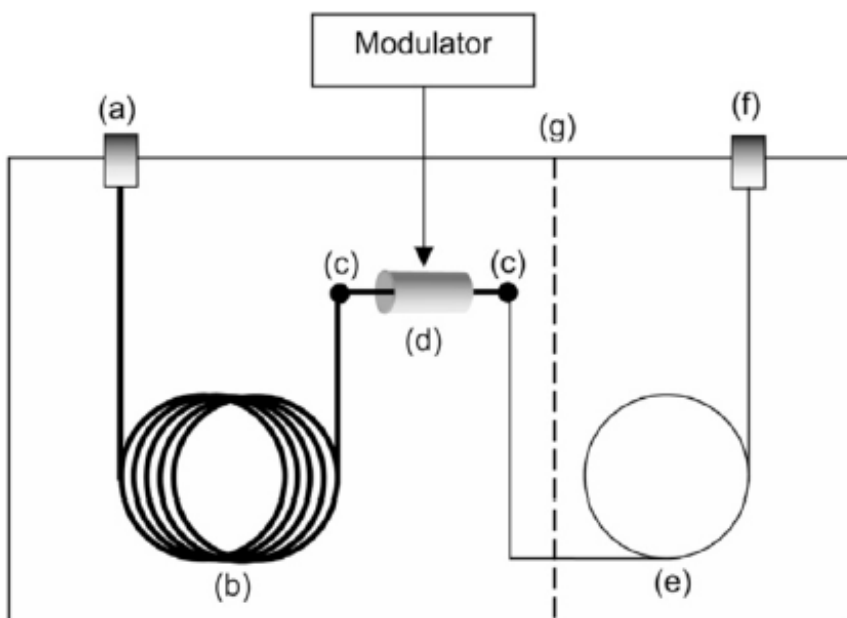
Klíčovou metodou při analýze těkavých látek je plynová chromatografie ve spojení s hmotnostní spektrometrií. Plynový chromatograf slouží k separaci komplexních směsí analytů a hmotnostní spektrometrie pak poskytuje cenné informace o struktuře jednotlivých analytů. Detekční limity se u moderních přístrojů GC-MS pohybují v řádu pikogramů. Součástí GC separace je výběr vhodné kolony, kde je možné docílit rozlišení látek počínaje karboxylovými kyselinami, alkoholy, aldehydy, ketony a aromatickými sloučeninami konče. Při použití chirálních kolon lze separovat enantiomery opticky aktivních analytů.



9.2.2 DVOUROZMĚRNÁ CHROMATOGRRAFIE S HMOTNOSTNĚ SPEKTROMETRICKOU DETEKCÍ (GC×GC-MS)

Potřeba vícerozměrné plynové chromatografie se objevila již v rané fázi vývoje samotné GC jako prostředek ke zvýšení účinnosti separace v komplikovaných oblastech jedno-rozměrného chromatogramu. Právě dvourozměrné systémy vyžadují dva nezávisle oddělené separační mechanismy při zachování spojení primární kolony s kolonou sekundární.

Výhodou tohoto uspořádání je možnost analyzovat složité směsi těkavých látek při malém množství daného vzorku. Veškerý eluent procházející první kolonou prochází i krátkou sekundární kolonou (Obrázek 26). Ta je uzpůsobena na vysokorychlostní podmínky umožňující rychlé dávkování z primární kolony. GC×GC poskytuje druhý rozměr při chromatografickém rozlišení. Toho je dosaženo použitím dvou ortogonálních separačních fází (např. nepolární a polární) během jediné analýzy. Použití těchto dvou oddělených separačních mechanismů rozšiřuje chromatografickou rovinu a vytváří další, čímž získáváme další píky použitelné k identifikaci látky nerozlišitelné pomocí jednorozměrného systému.



Obrázek 26: Schéma GC×GC: a) injektor; b) primární kolona; c) kolonové konektory; d) rozhraní GC×GC; e) sekundární kolona; f) detektor (FID, MS)

Rozhraní mezi oddělenými dimenzemi tvoří modulátor, který zvyšuje amplitudu chemických signálů a usnadňuje tak přenos do druhé dimenze systému. Nedělitelnou součástí tohoto systému je i jeho detektor. Jako detektor se využívá nejčastěji průletový hmotnostní spektrometr (time-of-flight MS) pracující na principu měření času, který potřebuje ion k překonání vzdálenosti mezi iontovým zdrojem a vlastním detektorem, tzv. doby letu t.

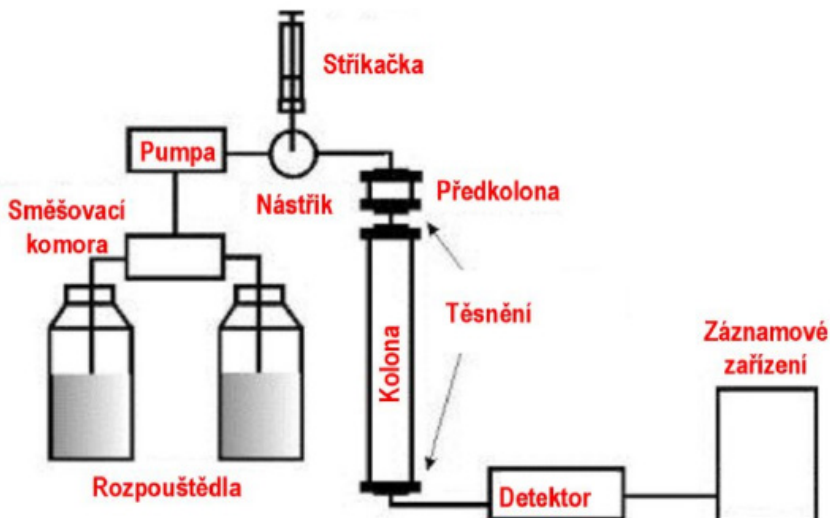
9.2.3 PLYNOVÁ CHROMATOGRRAFIE S DETEKČÍ POMOCÍ INFRAČERVENÉ SPEKTROMETRIE (GC-FTIR)

Cílem každé absorpční spektroskopie je stanovení hodnoty absorpce světla dané vlnové délky vzorkem. Při ozáření vzorku monochromatickým paprskem se změří množství absorbovaného světla při různých vlnových délkách. Při použití Fourierovy transformace se získá větší množství informací jednodušším způsobem. Spíše, než ozařování vzorku monochromatickým paprskem používá tato technika ozařování paprskem obsahujícím světla o různých vlnových délkách. Dále je paprsek upraven tak, aby obsahoval různé kombinace kmitočtů, čímž se získá druhý datový bod. Tento proces se několikrát opakuje, poté počítač všechny tyto údaje vyhodnotí a tím se získá absorpce při každé vlnové délce. GC se používá k separaci jednotlivých analytů analyzované směsi, ty jsou potom nasměrovány do FTIR spektrometru zaznamenávajícímu infračervené spektrum vzorku. Tato technika je komplementární s GC-MS. GC-FTIR je velmi vhodným nástrojem například pro identifikaci cis/trans-izomerie dvojné vazby skeletu organické sloučeniny.

9.3 METODY ROZDĚLENÍ A ANALÝZY LÁTEK S VYŠŠÍM BODEM VARU A POLARITOU, KTERÉ SE NEDAJÍ ZPLYNIT DO 300C. K APALINOVÉ CHROMATOGRRAFIE (LC)

Kapalinová chromatografie (LC) je analytická metoda používaná k oddělení, identifikaci a kvantifikaci složek ve směsi. Tento princip je založen na rozdělení analyzovaných látek mezi dvě fáze: mobilní fázi (kapalina) a stacionární fázi (pevná nebo kapalná, nanesená na pevný podklad), kterými vzorek prochází. Vhodná pro netěkavé a teplotně citlivé látky. LC umožňuje analyzovat široké spektrum látek, od malých molekul po velké biomolekuly. Vysoká citlivost a přesnost. Kapalinová chromatografie je metoda pro analýzu komplexních směsí v chemii, biochemii, farmaceutickém průmyslu a dalších vědních oborech.

☒ VYSOKOÚČINNÁ KAPALINOVÁ CHROMATOGRRAFIE



1. Základní složky kapalinové chromatografie

Mobilní fáze: Kapalina, která unáší vzorek systémem. Může být tvořena čistým rozpouštědlem nebo směsí rozpouštědel. Mobilní fáze se volí na základě polaritý analytů a stacionární fáze. Mezi často používaná rozpouštědla patří například voda, methanol, acetonitril.

Stacionární fáze: Tvořena nejčastěji pevným materiálem, na kterém se vzorek separuje. Typicky jde o silikagel s různými chemickými modifikacemi, které zajišťují různé typy interakcí s analyty (např. reverzní fáze, kde je povrch nepolární).

Chromatografická kolona: Úzká trubice naplněná stacionární fází, kterou protéká mobilní fáze. Separace analytů probíhá na základě jejich interakcí se stacionární a mobilní fází.

Detektor: Přístroj, který detekuje a kvantifikuje analyty, jakmile opustí kolonu. Mezi běžné detektory patří UV/VIS detektory, hmotnostní spektrometry (MS) nebo fluorescenční detektory.

2. Princip separace

Princip kapalinové chromatografie spočívá v tom, že jednotlivé složky vzorku mají různé afinity ke stacionární a mobilní fázi. Toto rozdělení způsobuje jejich rozdílnou rychlost pohybu kolonou, což vede k jejich separaci.

Mobilní fáze: Přenáší vzorek kolonou. Analyty, které interagují více s mobilní fází (např. jsou s ní chemicky kompatibilní), se pohybují rychleji.

Stacionární fáze: Je tvořena materiálem, který má tendenci zadržovat analyty, čímž zpomaluje jejich průchod kolonou. Látky, které více interagují se stacionární fází, se budou kolonou pohybovat pomaleji.

3. Typy interakcí mezi analyty a fázemi

Adsorpční chromatografie: Analyty interagují s povrchem stacionární fáze prostřednictvím fyzikálních nebo chemických vazeb (např. van der Waalovy síly, vodíkové vazby).

Rozdělovací chromatografie: Separace je založena na rozdělení analytů mezi mobilní fázi a kapalinu imobilizovanou na stacionární fází.

Iontová chromatografie: Stacionární fáze obsahuje iontově aktivní složky, které mohou interagovat s iontovými analytickými látkami.

Reverzní fáze (RP-LC): Tento typ je nejběžnější. Stacionární fáze je nepolární (např. modifikovaný silikagel s připojenými alkylovými řetězci) a mobilní fáze je polární (např. voda s organickým rozpouštědlem). Nepolární látky se více vážou ke stacionární fází a pohybují se pomaleji, zatímco polární látky se pohybují rychleji.

4. Průběh analýzy

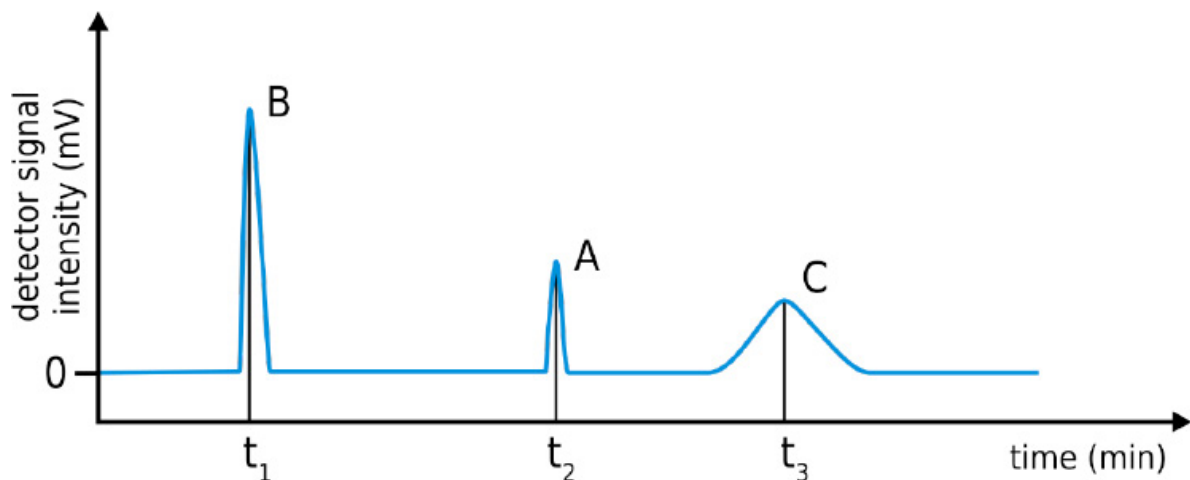
Injekce vzorku: Malé množství vzorku je vstříknuto do proudu mobilní fáze, která ho nese skrz kolonu.

Separace: Jak vzorek prochází kolonou, jeho jednotlivé složky interagují různě se stacionární a mobilní fází, což způsobí jejich separaci. Analyty se pohybují různou rychlostí a opouštějí kolonu v různých časech.

Detekce: Když analyty opustí kolonu, projdou detektorem, který měří jejich přítomnost. Detektor převádí tuto informaci do grafického výstupu (chromatogramu), kde je viditelný čas průchodu jednotlivých složek (retention time) a jejich koncentrace.

5. Chromatogram

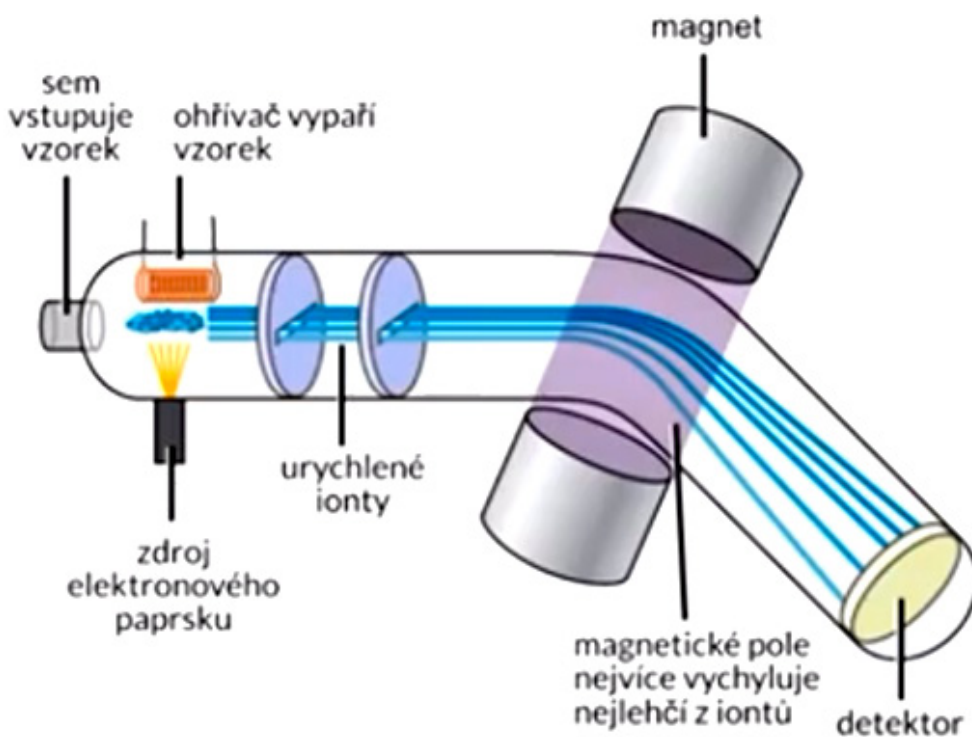
Výstupem kapalinové chromatografie je chromatogram – graf závislosti intenzity detektoru na čase. Každá látka ve vzorku má na chromatogramu charakteristický „pík“, který představuje čas, kdy látka prošla kolonou. Poloha píků (retenční čas) a jejich plocha umožňují identifikaci a kvantifikaci jednotlivých složek vzorku.



Obr. Chromatografický záznam, každý pík odpovídá jedné látce ze směsi, která opouští kolonu s určitým tzv. retenčním časem.

9.4 DETEKTORY ZALOŽENY NA HMOTNOSTNÍ SPEKTROMETRIE

Hmotnostní spektrometrie (MS) je metoda, která se používá k identifikaci látek na základě jejich hmotnosti. Je to velmi citlivá a přesná technika, která dokáže zjistit, z jakých atomů nebo molekul se vzorek skládá. Jak to funguje?



FLOWERS, Paul; THEOPOLD, Klaus; LANGLEY, Richard a kol. OpenStax [online]. [cit. 18.5.2020].
Dostupný na WWW: <https://openstax.org/books/chemistry-2e/pages/2-3-atomic-structure-and-symbolism>

Obr. Schema hmotnostního detektoru

1. Ionizace

Nejprve je vzorek, který chceme analyzovat, přeměněn na ionty (to jsou částice s elektrickým nábojem). To se děje pomocí různých technik, které do molekul dodají energii, takže se „rozpadnou“ a stanou se z nich nabitě částice.

2. Zrychlení iontů

Nabitým iontům je pak dodána energie a jsou urychleny v elektrickém poli. Tím se ionty pohybují rychleji směrem ke speciálnímu detektoru.

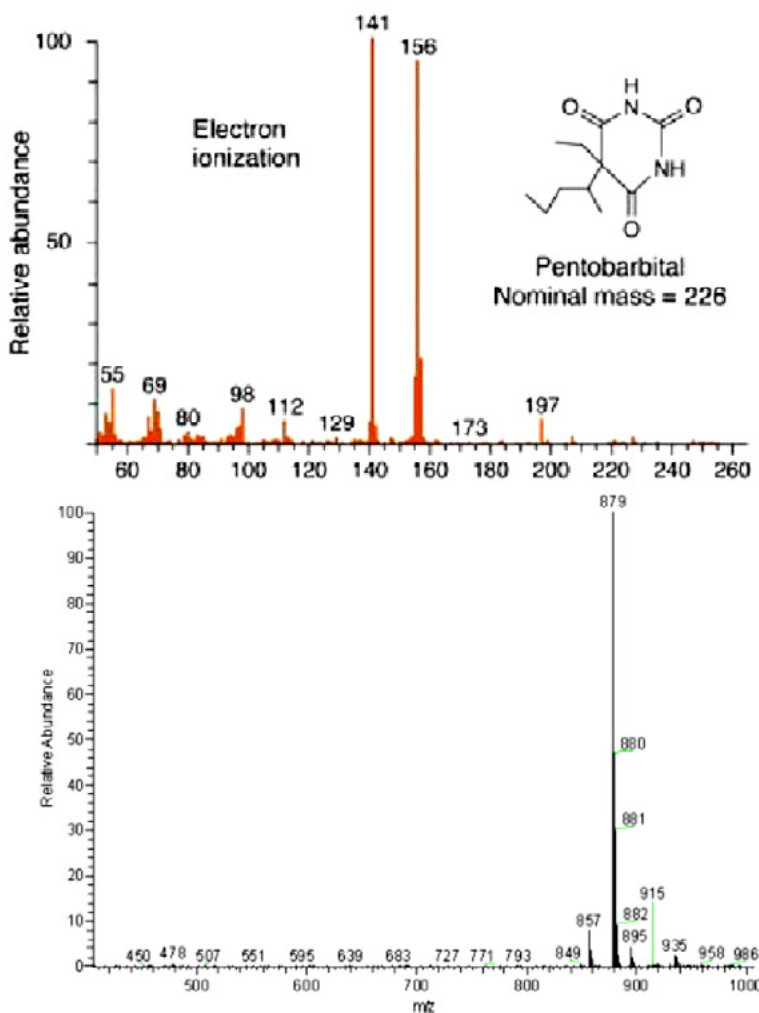
3. Oddělení podle hmotnosti

Hmotnostní spektrometr má část, která odděluje ionty podle jejich hmotnosti. Těžší ionty se pohybují pomaleji a lehčí ionty rychleji. V tomto kroku se ionty třídí podle jejich hmotnosti.

4. Detekce iontů v detektoru

Nakonec ionty dopadnou na detektor, který měří jejich počet a zaznamená, jak těžké jsou. Výstupem je graf nazývaný **hmotnostní spektrum**, kde se ukáže, kolik různých iontů s různou hmotností ve vzorku bylo.

Hmotnostní spektra, určují, o jakou látku se jedná.



Obr. Hmotnostní spektra, výstupy z Hmotnostně spektrometrických detektorů, nahoře Elektron Impact, tzv. tvrdá ionizace, molekula se rozpadá na hodně iontů. Typicky používané za plynovými chromatografy.

Dole měkká ionizace, hlavním iont odpovídá molekulové hmotnosti molekuly obohacené o ionizační činidlo a jejím izotopům. Typicky používané za kapalinovými chromatografy.

LESYČR




Podporujeme oborové vzdělávání



NIGHT PEARL



ELOVEC

**TERMovIZE
NOČNÍ VIDĚNÍ
A DENNÍ OPTIKA**

**VŠE PRO LOV
NA JEDNOM MÍSTĚ**

+420 573 379 670
www.nightpearl.com
info@nightpearl.com

 [nightpearloptics_cesko](https://www.instagram.com/nightpearloptics_cesko)
 [nightpearlcesko](https://www.facebook.com/nightpearlcesko)
 Night Pearl

+420 732 295 500
www.elovec.cz
objednavky@elovec.cz

 [elovec_cz](https://www.instagram.com/elovec_cz)
 [elovec.cz](https://www.facebook.com/elovec.cz)

Název: Aplikovaná chemie

Autoři: Ing. Anna Jirošová, Ph.D., RNDr. Alina Kalyniukova, Ph.D.,
Ing. Radka Nagy, PhD, Ing. Tereza Volšátová, Ph.D.

Vydavatel: Česká zemědělská univerzita v Praze

Schváleno ediční komisí FLD

Publikace prošla recenzním řízením.

Tisk: Tisk Kvalitně s.r.o.

Počet stran: 128

Rok vydání: 2025

ISBN: 978-80-213-3451-9

Vydavatel: Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 00 Praha-Suchbát

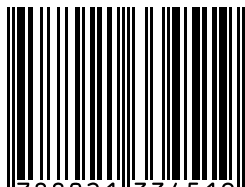
Publikace vznikla za podpory Fakulty lesnické a dřevařské.

Tisk: Tisk Kvalitně s.r.o., Petržilkova 13, 158 00 Praha 13

Aplikovaná chemie

Ing. Anna Jirošová, Ph.D., RNDr. Alina Kalyniukova, Ph.D.,
Ing. Radka Nagy, PhD., Ing. Tereza Volštátová, Ph.D.

2025



9 788021 334519