



SPOLEČNOST MLADÝCH AGRÁRNÍKŮ  
ČESKÉ REPUBLIKY

**MODERNÍ POZNATKY VE  
VÝŽIVĚ HOSPODÁŘSKÝCH A  
DOMÁCÍCH ZVÍŘAT**  
12/015/1310b/164/000099

**SKOT A JEHO SPECIFIKA**

**Ing. Marie Balabánová**



PROGRAM ROZVOJE VENKOVA

Evropský zemědělský fond pro rozvoj venkova: Evropa investuje do venkovských oblastí

# OBSAH

<b>1</b>	<b>SKOT.....</b>	<b>3</b>
1.1	CHARAKTERISTICKÉ VLASTNOSTI SKOTU .....	4
1.2	STAVY SKOTU .....	5
1.3	UŽITKOVOST .....	6
1.4	VÝŽIVA PŘEŽVÝKAVCŮ .....	7
1.4.1	<i>Specifikace přežvýkavců.....</i>	8
1.4.2	<i>Příjem krmiva a jeho regulace.....</i>	10
1.4.3	<i>Trávení živin.....</i>	15
<b>2</b>	<b>MINERÁLNÍ PRVKY .....</b>	<b>18</b>
2.1	DĚLENÍ MINERÁLIÍ .....	18
2.2	FUNKCE .....	19
2.3	ZDROJE .....	19
2.3.1	<i>Anorganická forma .....</i>	20
2.3.2	<i>Organická vazba .....</i>	21
2.4	STOPOVÉ PRVKY .....	23
2.4.1	<i>Zinek.....</i>	23
2.4.2	<i>Měď.....</i>	29
2.4.3	<i>Železo .....</i>	30
2.4.3.1	Krevní elementy .....	30
2.4.3.2	Laktoferin.....	31
2.4.3.3	Antagonistické vztahy stopových prvků .....	34
<b>3</b>	<b>UKAZATELE ZDRAVÍ .....</b>	<b>35</b>
3.1	METABOLICKÉ TESTY.....	36
3.1.1	<i>Volné radikály.....</i>	38
3.1.1.1	Zkrmování zaplísněného krmiva.....	40
3.1.2	<i>Onemocnění .....</i>	42



# 1 SKOT

Zástupci této skupiny hospodářských zvířat doprovázejí člověka již od neolitu (mladší doby kamenné, 6 000 – 4 000 př. n. l.). Vyskytují se po celém světě mimo arktické a tropické pásmo a první zmínky o jejich docenění jsou známy již 5 000 – 3 000 př. n. l., kdy v Egyptě byla uctívána starověká bohyně Hator s hlavou krávy coby symbol hvězdného nebe a noci, v níž se rodí nové slunce (ŠPAČEK *et al.*, 1987, LAŠTŮVKA *et al.*, 2001, PETR, 2003, SAMBRAUS, 2006). Po světě se objevovaly různé kultury býka a asi za nejznámější jsou považovány jeskynní malby v jeskyni Lascaux ve Francii. Za základní místa domestikace předků dnešního skotu jsou považována 3 místa – Úrodný půlměsíc, nížina řeky Indus a severovýchodní Afrika (PETR, 2003). Člověk nejprve divokého předka zajal a začal ho krmit, poté, co poznal jeho potravní návyky, chování a potřeby spojené s reprodukcí, mohl přejít k jeho ochočování, které mělo za následek cílené využití schopností skotu nejen k činnosti člověka, ale i ke zkvalitnění života člověka i zvířete. Následná vlastní domestikace již vedla k fyziologickým a morfologickým změnám. U domestikovaných zvířat se změnilo zbarvení, velikost i hmotnost těla, staly se méně nenápadné, prodloužila se doba páření a říje se začala opakovat vícekrát během roku. Díky péči člověka se změnilo chování skotu a zvýšila se produkce mléka i masa (LAŠTŮVKA *et al.*, 2001).

Proces domestikace byl podmínkou proto, aby se dokázala tato zvířata využívat nejen jako zdroj masa lovcům, ale také aby člověk od nich mohl získávat mléko. Lidé konzumují maso po více než 15 tisíc generací. Po celé toto období bylo maso v jídelníčku symbolem síly (STEINHAUSER *et al.*, 2000). Až později se začal skot využívat i jako zdroj mléka. Nejstarší svědectví o dojení skotu poskytuje 4 500 let starý sumerský vlis znázorňující mimo jakoukoli pochybnost dojení krávy. Svědectví o konzumaci kravského mléka staré 3000 až 4000 let poskytly malby z Egypta a saharských lokalit. Zbytky po mléčném tuku byly nalezeny v Británii na střepích keramiky 6 500 let starých (PETR, 2003). Zvířata byla dále využívána jako tažná síla nebo pro jezdeckví, v mnoha asijských státech jsou takto využívána dodnes, zpracovávala se jejich kůže i srst, jejich domestikace vedla i k tomu, že se stala zdrojem zábavy a relaxace a v mnoha zemích i kulturou. Neméně důležitým je i využití chlévské mrvy v zemědělství, zpracování rohoviny či loje (SAMBRAUS, 2006).

Pro evropský skot se považují za předky 2 pratuři – *Bos primigenius* (pratur) a *Bos brachyceros* (pratur krátkorohý). Oba tyto pratuři jsou předkem našeho původního primigenního plemene české červinky. *Bos primigenius* je pokládán za přímého předka evropského tura domácího, který vyhynul v 17. století v Polsku. Snahy vedly k jeho obnovení a navrácení do přírody, jedná se však pouze o částečný návrat, protože genetická informace původního praturu je již nenávratně ztracena. Jeho tmavočerné až hnědočerné zbarvení s charakteristickým úhořím pruhem a mohutné rohy se s průběhem domestikace měnilo a dnešní plemena, kterým dal tento předek vzniknout, hýří nejen barvami, ale také variabilitou ve velikosti a tvaru těla, rohatostí či bezrohosti nebo hustotou osrstění (ŠPEČEK *et al.*, 1987).

## 1.1 Charakteristické vlastnosti skotu

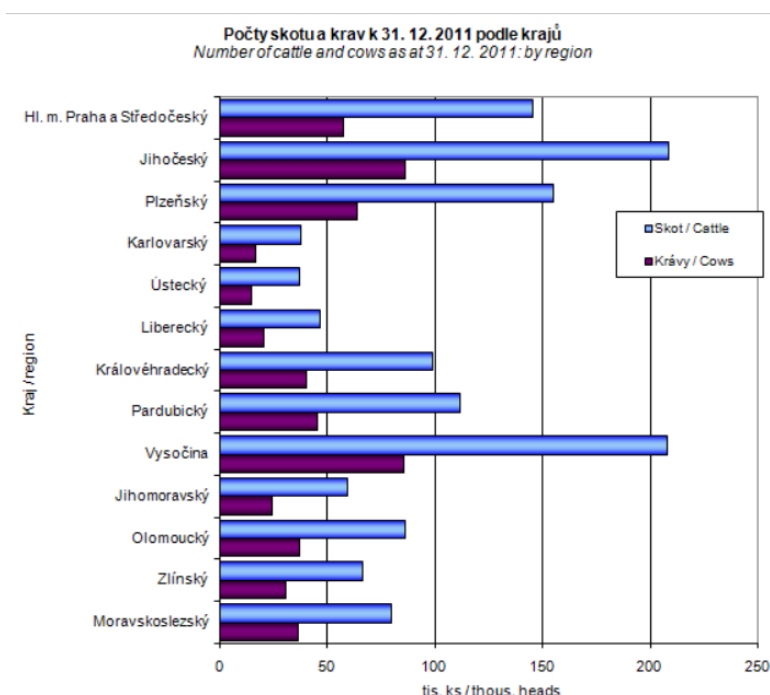
Tur domácí (*Bos taurus* neboli skot) se zoologicky řadí do říše živočichové, kmen strunatci, podkmen obratlovci, nadtřída čelistnatci, třída savci, řád sudokopytníci, podřád přežvýkavci, nadčeď: dutorožci, čeď turovití, podčeď tuří a rod: praví tuří. Zástupci této nejmladší vývojové větve turovitých mají mohutnou lebku, lícní část je dlouhá, mozkovna krátká. Mulec je velký, žláznatý, lysý, v dolní části někdy s nevýraznou svislou brázdou. Chrup je neúplný, vždy chybějí horní řezáky. Záprstní kosti 3. a 4. prstu jsou srostlé a jsou to jediné prsty, na které tuří došlapují, pasírky jsou zakrnělé. Mají charakteristicky vyvinutý třídlílný předžaludek – bachor, čepec a kniha, a za nimi následuje vlastní žláznatý žaludek, slez. Výlučně rostlinná potrava se hromadí v bachoru, kde se natravuje hlavně celulóza pomocí bachorových mikroorganismů (bakterie, prvoci). Odtud jde do čepce, kde se částečně odvodňuje a vrací zpět do dutiny ústní. Během přežvykování dochází k mísení se slinami, které fungují jako pufr. Jícnovým žlabem jde kašovitá hmota do knihy, kde se jemně drtí a postupuje do slezu. Děloha je dvourohá a placenta ostrůvkovitá. Samice mají vyvinuty 4 mléčné žlázy v tříselné krajině a každá ústí v samostatném struku. Dalším významným znakem jsou rohy, vyrůstající na násadci čelní kosti. Jsou to deriváty kůže, které narůstají z pokožky od báze, tudíž nejstarší jsou na hrotech. Jedinec je nosí trvale a podle rýh zrůsobených ročními obdobími lze stanovit přibližný věk jednice. Rohy skotu jsou posunuty dozadu a odstupují bočně od lebky. Sdružují se ve stádech, ve kterých je udržována určitá hierarchie. Kráva je březí 9 měsíců, vrhá převážně jedno tele a pohlavně dospívají v 1,5 roce věku (LAŠTŮVKA *et al.*, 2001).

Skot se může dělit podle několika hledisek. Podle geografického rozšíření se dělí na stepní, nížinné a horské druhy, podle stupně prošlechtění na primitivní, kuturní a zušlechtěné nebo podle původu a utváření lebky na pratuří, krátkorohé, čelnaté, dlouhočelé a bezrohé druhy. Nejčastějším členěním je podle směru jejich užitkovosti a to na mléčný skot, masný a na skot kombinované užitkovosti. Mezi plemena mléčná se řadí Holštýnské, Ayshirské a Jerseyké plemeno. Masná plemena se dle velikosti tělesného rámce mohou ještě dělit na velká plemena (např. Charolais, Plavé Akvitánské, Masný simentál), středního rámce (Hereford, Aberdeen Angus, Piemontes, Limousine nebo Belgické modré plemeno) a masný skot malého tělesného rámce (např. Galoway nebo Skotský náhorní skot). Plemena kombinovaná lze rozdělit ještě na plemena horská strakatá (Montbeliard, Simentálský skot, Český strakatý skot apod.), červenostrakatá nížinná (Holandský nebo Německý červenostrakatý skot) a hnědá alpská plemena (Švédský, Maďarský či Německý hnědý skot) (ŠPAČEK *et al.*, 1987, SAMBRAUS, 2006).

## 1.2 Stavy skotu

Stavy skotu v naší zemi klesají již od roku 1989. V současné době lze pozorovat pokles stavů dojnic hlavně z důvodu poklesu výkupní ceny za litr mléka. Mléko a mléčné výrobky však stále zůstávají stále důležitou složkou lidské výživy, i přestože chov dojeného skotu je v ČR ohrožen. Průměrná roční spotřeba mléka a mléčných výrobků připadající na jednoho obyvatele ČR roste. Paradoxem tedy je, že oproti rostoucí spotřebě mléka u nás stavy dojnic neustále klesají. Tento trend je dlouhodobý a kvůli nynější situaci na trhu s mlékem se pokles jen zrychluje. V roce 1989 bylo v ČR přibližně 1,23 mil. kusů, o 20 let později byl počet 3krát nižší a s nezanedbatelným poklesem lze počítat i nadále. I přesto je řada chovatelů rozhodnuta pokračovat v chovu dojnic a ve výrobě mléka (HEZKÝ, 2009).

Podle stavu k 30. červnu 2011 se počet skotu proti stejnému období předchozího roku zvýšil o 2,5 tis. kusů (tj. o 0,2 %), z toho počet krav bez tržní produkce mléka vzrostl o 17 tis. ks (o 10,1 %) a počet dojných krav se snížil o 4,5 tis. kusů (o 1,2 %). Oproti počátku roku 2011 stavy skotu vzrostly o 4,6 %, z toho stavy krav bez tržní produkce mléka o 11,1 % a počet dojných krav o 0,1 %. Výroba mléka dosáhla v 1. pololetí 1 319 mil. litrů, tj. ve srovnání s minulým rokem pokles o 0,6 %. Průměrná denní dojivost 19,50 litru vzrostla o 1,6 %. Na 100 krav se narodilo 54 kusů telat (o 1,7 % více), odchovalo se 50,5 kusů telat (o 1,7 % více). Úhyn telat do 3 měsíců činil 6,6 % z počtu narozených (o 1,5 % bodu méně oproti stejnému období předchozího roku). Tržnost mléka byla 95,9 %. Prodej jatečného skotu meziročně klesl o 3,1 tis. tun ž. hm. (o 4 %). Kraj Vysočina je hned na druhém místě po Jihočeském kraji co do počtu skotu a krav, ale je na prvním místě z pohledu výroby mléčných výrobků (ČSÚ, 2011).



Obr. 1 Počty skotu a krav k 31. 12. 2011 podle krajů (ČSÚ, 2011).

Krávy bez tržní produkce mléka – reprodukce ve stádě, sambách nebo jak, možná steinhauser (STEINHAUSER *et al.*, 2000). Náklady na chov krav bez tržní produkce mléka a na masné krávy jsou nižší než na krávu dojnou. Jediným opakovatelným produktem těchto krav je tele, proto se snažíme, aby servisperioda byla co nejkratší. Poruchy reprodukce mají obvykle velmi úzký vztah k nedostatkům ve výživě. Chovatelsky nejvýznamnějším syndromem tohoto vztahu je tzv. Stádová sterilita s vážnými ekonomickými dopady pro chovatele. Z hlediska výživy je nejproblémovějším obdobím reprodukce prvních 1000 dní laktace, ale nejdůležitějším obdobím je příprava na porod. Užitekčnost je na začátku laktace nejvyšší, avšak schopnost přijímat sušinu krmiva se zvyšuje postupně tak, jak se pomalu rozvolňuje trávicí trakt donedávna tísněného plodem. Zákonitě tedy vzniká deficit živin a především energie. V nevyvážených krmných dávkách bývá někdy s nedostatkem energie spojen přebytek dusíkatých látek. Důsledkem překrmování dusíkatými látkami mohou být ovariální cysty, pro které jsou dojnice vyřazeny z chovu. Cysty mohou být způsobeny i acidózou a celkově lze říci, že ve většině podniků s problematickou reprodukcí je chronická acidóza hlavní příčinou těchto poruch. Chronická acidóza působí negativně na vyvíjející se plod a oslabuje jej natolik, že telata se rodí málo životaschopná, se sníženou odolností a častými průjmy. Acidóza je provázena také špatným stavem končetin a častým výskytem zánětů paznehtní škrý. Dostatek strukturní vlákniny v krmné dávce je jedním z nejdůležitějších parametrů krmné dávky, a to nejen v období 1. fáze laktace. (BURDYCH *et al.*, 2004).

### 1.3 Užitekčnost

Pravěký člověk nemohl tušit, jak se bude užitekčnost zvířat v průběhu domestikace vyvíjet. Produkce mléka samic divoké formy tura dostačovala jen pro odchov vlastních mláďat (SAMBRAUS, 2006). Každý chovatel se snaží udržet na trhu a jediným jeho pomocníkem ke splnění tohoto cíle je kvalita mléka. Tu mohou zajistit pouze zdravé dojnice. Chovatelé se snaží investovat do modernějších technologií chovu dojnic a do strojů, které se podílejí přímo i nepřímo na produkci mléka.

Jak na semináři s názvem Mastitidy 2009 uvedla Ing. Růžena Seydlová, CSc., v současnosti jsou více než tři čtvrtiny dojnic ustájeny volně a po roce 2013 by se již tento způsob ustájení neměl používat vůbec. Dalším ukazatelem, který má podle Ing. Seydlové vliv na kvalitu mléka, je systém dojení. V této oblasti od 90. let minulého století došlo k výraznému posunu. Asi 81 % krav je dojeno v dojárnách a přibližně u 18,7 % dojnic používají chovatelé potrubní dojení. Zbývající část (asi 0,3 %) zbývá na dojení do konví (HEZKÝ, 2009).

Ke změnám takto došlo za poslední roky v užitekčnosti dojnic. S roční užitekčostí přibližně 7 500 kg mléka se nacházejí čeští chovatelé před chovateli z Francie, Rakouska či Polska. Vše má ale svoji cenu a na druhé straně stojí zhoršení zdravotního stavu dojnic.

Celkový počet mikroorganismů (CPM) v mléce se od roku 1999 snižuje, ale počet somatických buněk (SB) v roce 1989 byl nižší než je dnes. Mléko hodnocené jako velmi dobré by mělo mít maximální hodnotu 100 000 SB v 1 ml mléce. Tento parametr splňuje pouze 7 % mléka dodávaného do mlékáren. Přitom, je-li u dojnice překročeno toto množství SB, existuje silné podezření, že dojnice není zdravotně v pořádku a může tak docházet k ekonomickým ztrátám v souvislosti s produkcí mléka. Vliv plemene na tuto hodnotu mléka není výrazný, proto lze zvýšený obsah somatických buněk v mléce považovat převážně za projev technologie chovu dojnice (HEZKÝ, 2009).

Zemědělci mají zkušenosti, že starší dojnice, zvláště ty vysokoprodukční, mají s vyšším věkem větší zdravotní problémy. Jak uvádí MATĚJČEK (2004), produkční choroby mají velmi často subklinický průběh a přetrvávají v organismu velmi dlouho. Ve chvíli, kdy jsou diagnostikovány na základě klinických projevů, bývá již často pozdě a organismus je již nevratně těžce poškozen.

Z kontroly užítkovosti z roku 2009 lze pozorovat nepříznivý vývoj v podílu dojnic na jednotlivých laktacích. Pro porovnání v letech 2005 až 2009 se zvýšil podíl krav na prvních třech laktacích ze 77,4 % na 78,9 % (35,6 % prvotelky, 26 % na druhé laktaci a 17,3 % na třetí laktaci). Průměrné pořadí laktace za sledované období pokleslo z 2,5 v roce 2005 na hodnotu 2,4 v roce 2009. Podíváme-li se na rok 1994, tak v tomto roce bylo vykázáno průměrné pořadí laktace v kontrole užítkovosti na úrovni 2,9 a ve stejném roce bylo na prvních třech laktacích 67,8 % krav. Jendou z příčin tohoto vývoje je vysoká dojivost prvotetek odpovídající intenzivnímu šlechtění na užítkovost obou hlavních dojených plemen. Z hlediska nákladů na obměnu stáda, nejvyšší produkce mléka za laktaci a celoživotní užítkovosti krav není tento trend v chodu dojnic hodnocen kladně (BUCEK, 2009).

Součástí kontroly užítkovosti je i sledování příčin vyřazování krav. V roce 2009 bylo vyřazeno z kontroly užítkovosti 149 728 krav, z toho 11 899 krav z důvodu zrušení kontroly užítkovosti. Podíl vyřazených krav z celkového počtu laktací v kontrole užítkovosti dosáhl v roce 2009 40,2 % a v posledních letech se mírně zvyšoval. V roce 2009 byl špatný zdravotní stav důvodem k vyřazení z chovu 82,5 % krav a 17,5 % krav bylo vyřazeno ze zootechnických důvodů. Ze zdravotních důvodů byly významné zejména problémy s plodností, obtížné porody a onemocnění mléčné žlázy (BUCEK, 2009). Za nejčastější poruchami po otelení a na začátku laktace STAUFENBIEL (2007) uvádí poruchy energetického metabolismu, metabolismu sacharidů a tuků.

## **1.4 Výživa přežvýkavců**

Ve výživě přežvýkavců mají klíčovou úlohu procesy, které se odehrávají v předžaludku, kde jsou krmiva využívána mikroorganismy. Zplodinami mikrobiálního metabolismu jsou oxid uhličitý, metan a těkavé mastné kyseliny. Vytvořené plyny jsou vylučovány, kyseliny vstřebávány většinou přímo přes stěnu bachoru a v organismu dále

metabolizovány. Také mikrobiální biomasa, trávená ve slezu a střevě stejně jako u zvířat nepřežvýkavých, je využívána jako zdroj energie, bílkovin a dalších živin. Jen část krmiva je trávena a využívána přímo, bez účasti mikrobiální populace (ZELENKA, 2010). Kromě příjmu krmiv, resp. sušiny, je hlavním problémem ve výživě dojnic negativní energetická bilance v době po porodu. Její příčinou je rychlý nárůst mléčné produkce.

#### 1.4.1 Specifikace přežvýkavců

Zvláštní význam mají obsahy v objemném krmivu. Při extenzivní výživě mladého skotu nebo suchostojných dojnic představují komponenty objemného krmiva buď jediný nebo dokonce hlavní zdroj z celkového přijatého krmiva. Travní a kukuřičné siláže jsou dominujícími komponenty. RAAB (2007) zmiňuje obsahy některých prvků zjištěné LUFA Northwestern z roku 2006 ve vybraných objemných krmivech. V travní siláži se nacházela měď výrazně a zinek už v menší míře pod oficiálním doporučením potřeby, mangan a ve velmi silné míře železo podstatně nad limitem. Při porovnávání průměrných hodnot sečí v průběhu roku se od sebe čísla výrazně nelišila, ale rozmezí hodnot v jednotlivých sečích bylo značné. Kukuřičné siláže vykazovaly v porovnání s travními silážemi výrazně nižší obsahy zvláště u mědi, manganu a železa. Až na železo nedosahovaly hodnoty sledovaných prvků potřebného množství.

V příjmu krmiva lze pozorovat druhové rozdíly. Kůň využívá k příjmu krmiva především pysky, které jsou velice pohyblivé a obsahují četná nervová zakončení. Při příjmu krmiva nevyužívá zraku. Krmivo rozlišuje prostřednictvím hmatových chlupů na pyscích. Při pasení uchopuje travu pomocí pysků a řezáků a krátkým trhnutím hlavy nazad ji utrhne. Okopaniny hryže řezáky (JELÍNEK *et al.*, 2003).

Skot přijímá krmivo hlavně pomocí pohyblivého drsného jazyka. Pysky jsou málo pohyblivé a s výjimkou mechanicky upraveného krmiva (šrot, otruby apod.) je skot při příjmu krmiva prakticky nevyužívá. Zbytky olizuje jazykem. Na pastvě obtočí skot trs trávy jazykem, vtáhne jej do dutiny ústní a krátkým trhnutím hlavy utrhne. Nízké porosty spásá nedokonale pomocí řezáků spodní čelisti a částečně málo pohyblivými pysky. Obdobným způsobem přijímá krmivo i koza. Ovce má rozštěpený horní pysk, který jí umožňuje spásat i velmi nízký porost. Jinak přijímá krmivo podobně jako skot, hlavně pomocí jazyka a zubů. Prase přijímá krmivo pomocí jazyka a zubů a jako pomocný orgán mu slouží rypák. Masožravci využívají k příjmu krmiva především zubů a někdy si pomáhají i předními končetinami. Ptáci jako kur, krůta či holub zrno a krmnou směs klovajíc, husa a kachna je nabírají zobákem jako lžičkou. Při pasení ukusují zelené rostliny zobákem, který je vybaven rohovou ploténkou a příčnými zrohovatělými lamelami (JELÍNEK *et al.*, 2003).

Pití je reflexní proces, při kterém se tekutina nasává do ústní dutiny. Sání je nepodmíněný reflexní děj, hlavně u mláďat savců, protože jím mláďe získává mléko z mléčné žlázy. Mláďata obejmou struk oběma pysky, z jazyka vytvoří žlábek, který spojí konec struku s hltanem. Snížením spodní čelisti a pohybem jazyka dozadu se vytvoří v dutině ústní podtlak



a přispěním tvářového svalstva se mléko vytlačuje ze struku do žlábků jazyka, kterým stéká do hltanu. Současně dochází k dráždění receptorů mléčné žlázy a vybavuje se reflex spouštění mléka (JELÍNEK *et al.*, 2003).

Kůň a přežvýkavci ponořují tlamu do tekutiny až po koutky a pomocí pysků, jazyka a poklesem spodní čelisti ji nasávají do dutiny ústní a polykají. Prasata mají ústní štěrbinu široce rozeklanou a při pití ji neponořují zcela do tekutiny, což má za následek charakteristický mlaskavý zvuk. Masožravci vmetají tekutinu do ústní dutiny jazykem. Ptáci nabírají vodu do zobáku a polykají ji při záklonu hlavy. Holub uzavře nozdry a vodu nasává se skloněnou hlavou (JELÍNEK *et al.*, 2003).

Schopnost efektivně využívat objemná krmiva je, z hlediska výživy lidské populace, významnou předností skotu před monogastrickými zvířaty. Trávicí ústrojí skotu je svou strukturou a funkcemi specializováno na využití celulózy, tvořící podstatu objemných krmiv. Z tohoto hlediska je výroba kvalitních objemných krmiv, přes všechny dočasné cenové výkyvy jadrných krmiv, pro skot fyziologickou nutností (KUDRNA, ILLEK, ČERMÁKOVÁ, 2009). K základním objemným krmivům patří vojtěšková siláž, travní siláž, GPS (silážované celé rostliny obilnin), kukuřičná siláž, seno a sláma. Neexistuje dokonalé objemné krmivo pro krávy, každé má své výhody a nevýhody. Směs kukuřice a slámy, coby donora sušiny, pocitu plnosti batoru a fyzikálně efektivní neutrálně detergentní vlákniny, se stala převážně v Americe velmi populární (SHAVER, 2011). Pokud chceme zkrmovat seno, měli bychom vybrat takové, které má minimální obsah dusíkatých látek, draslíku a co možná nejnížší poměr kationtů a aniontů. Dále je důležité dobré zpracování a zamíchání směsné krmné dávky (TMR) (VELECHOVÁ, 2011).

V našich podmínkách má těžko zastupitelnou úlohu pro své vynikající dietetické vlastnosti a příznivý vliv na činnost mikroorganismů v předžaludku především seno. Obsahuje vitamín D<sub>2</sub>, nenarušuje pH v batoru, neobsahuje aceton a jiné jedovaté produkty nevhodného kvašení ani toxické zplodiny rozkladu bílkovin. V období stání na sucho a v období rozdojování by měla dojnice dostávat alespoň 1 % kvalitního sena ze své živé hmotnosti. Nedostatek sena se projeví ve špatném zdravotním stavu mláďat hned po narození (ZELENKA, 2010).

Mají-li vysoce užitečná zvířata v krmné dávce (KD) větší množství jadrných krmiv, je třeba si uvědomit, že bakterie nejsou k jejich využívání nezbytné. Úpravou jadrných krmiv vločkováním se zvýší podíl by-pass energie, která není využita mikroflórou, ale je plnohodnotně využita následně postruminálně trávicím traktem. Jemným šrotováním se zvyšuje povrch, na který mohou působit mikroorganismy a zároveň snižuje chutnost pro zvířata. Fyzikální strukturou krmné dávky se musí přežvýkavcům umožnit životně důležité přežvykování. Kontroluje se na sadě sít. Na vrchním síti s oky 19 mm by mělo zůstat 2 – 8 %, na druhém síti s oky 8 mm 30 – 50 %, na posledním síti o průměru ok 1,2 mm 30 – 50 % a tímto sítím by mělo propadnout více než 20 % krmiva. Čím vyšší je užitečnost zvířete, tím méně hrubých krmiv je vhodné zkrmovat (ZELENKA, 2010). Podle DOLEŽALA *et al.* (2010

se nesmí zapomínat na dostatečný příjem strukturní vlákniny, za kterou je považována taková, která je nad 8 mm. V krmné dávce by měla být zastoupena minimálně z 8 %, optimálně však z 15 – 26 % nebo 30 – 50 %. Strukturní vláknina je nepostradatelná z hlediska formování vláknité matrice v bachoru a podněcuje přežvykování.

Krmná dávka slouží do značné míry k výživě mikroorganismů a tomu je nutné přizpůsobit techniku krmení. Čím lépe se podaří vyhovět jejich požadavkům, tím lépe bude živen přežvýkavec a tím vyšší užitkovosti v rámci svého genofondu může dosáhnout. Nejsou-li zajištěny vhodné podmínky pro mikroorganismy, může zvíře žrát luxusní krmnou dávku, a přitom hladovět. Nežádoucím průběhem mikrobiálních procesů může být i vážně poškozeno. Mikrobiální populaci předžaludku vyhovuje stabilní systém krmení, při kterém se během roku střídají krmné dávky co nejméně. Je velmi efektivní, když se některá složka krmné dávky nemění celý rok, funguje tak jako stabilizátor minerálních procesů. Pokles užitkovosti po změnách krmné dávky tak lze podstatně zmírnit. Vhodné z tohoto pohledu jsou směsné krmné dávky (TMR), ve kterých jsou komponenty navzájem promíchány. Do krmného vozu se krmiva za použití tenzometrické váhy dávkují postupně od nejmenších do největších podílů hmotnosti, od suchých k vlhkým a od dlouhých ke krátkým strukturám. Míchá se jen po dobu nezbytně nutnou pro dokonalou homogenizaci (3 – 5 minut od naložení posledního komponentu). Při překročení doby míchání se porušuje struktura krmiv, což vede ke snížení příjmu TMR zvířaty. V krmných vozech s vertikálním mícháním může dojít i k opětovné separaci částic. Ideální sušina krmné dávky je 50 – 55 %. U dojnic s vysokou užitkovostí je nejvýhodnější, když mají zvířata sušené krmivo k dispozici téměř nepřetržitě. TMR se navází několikrát za den, aby bylo krmivo vždy čerstvé a zvířata o něj měla stálý zájem. Častější navázení je důležité zejména v létě. Na krmných stolech je třeba krmivo minimálně 4 – 6krát za den přihrnout. Aby se nehromadily nedožerky, dávkuje se tak, aby před jedním z denních navázení krmiva zvířata vyžrala většinu zbytků a žlaby nebo krmné stoly se mohly vyčistit. Při přemísťování krmiva, jeho meziskladování, úpravě a neúplným příjmem zvířaty vznikají ztráty pohybující se mezi 2 – 10 %. Většinou nejde ani tak o ztráty na hmotnosti jako o snížení výživné hodnoty. Také se může neefektivně hospodařit s krmivy tak, pokud chceme využít genetický potenciál zvířat v maximální míře. Důsledkem pak je rekordní užitkovost, ale na úkor předčasného vyřazení jedince z chovu (ZELENKA, 2010).

#### **1.4.2 Příjem krmiva a jeho regulace**

Výše příjmu krmiva ovlivňuje množství přijatých živin zvířetem. Schopnost zvířete přijímat předkládaná krmiva v dostatečném množství je základním předpokladem správné výživy odpovídající normám potřeby živin a energie pro danou užitkovost (KUDRNA *et al.*, 1998).

Příjem krmiva u přežvýkavců závisí i na jeho stravitelnosti a obsahu stravitelné energie. Příjem krmiva je komplexně řízený proces. Jeho centrum leží, obdobně jako v případě regulace tělesné teploty, v hypotalamu. Na rozdíl od tělesné teploty, kde je striktně

dán tzv. set point neboli bod nastavení, příjem potravy podléhá značným krátkodobým výkyvům. Dlouhodobě je však celková energetická bilance a s ní hmotnost dospělého a zdravého jedince udržována na překvapivě stabilní úrovni (GANONG, 2001, *ex* KOTRBÁČEK, 2007).

Příjem krmiva představuje rozhodující regulační mechanismus, jehož pomocí organismus udržuje v těle dostatečné množství substrátů jak pro uvolňování energie, tak pro obnovu a výstavbu buněčných struktur a pro produkci. Mezi výdejem energie a příjmem krmiva musí být rovnovážný stav. Příjem krmiva je koordinován neurohumorálními regulačními mechanismy a ovlivňován chemickými a tepelnými změnami v organismu, četnými signály z trávicího systému a změnami ve vnějším a vnitřním prostředí, včetně mechanismů zapojených do udržování homeostáze (JELÍNEK *et al.*, 2003).

Roztažení stěn žaludku a jeho náplň je prvním významným stimulem eliminujícím tzv. hladové kontrakce. Mechanoreceptory ve stěně žaludku tuto změnu registrují a prostřednictvím nervu vagu ji předávají jako významný signál do centra sytosti. Voluminózní (objemné) krmivo nebo krmivo, které se trávicím traktem pastuje pomaleji, má proto výraznější sytostní účinek. Tento mechanismus se uplatňuje zejména u přežvýkavců (existence ghrelinu u nich nebyla dosud prokázána), a to aktivací mechanoreceptorů nacházejících se ve stěně čepce a batoru (ENGELHARDT *et al.*, 2005, *ex* KOTRBÁČEK, 2007).

Významnou úlohu v regulaci příjmu krmiva hraje především nervová soustava. Příjem krmiva je bezprostředně řízen z tzv. potravinových center, tj. shluků nervových buněk umístěných v hypotalamu (JELÍNEK *et al.*, 2003). K těmto tzv. jádrům se pak sbíhají informace o momentálním i dlouhodobém nutričním stavu organismu, náplni trávicího traktu (GIT), procesu trávení, hladině metabolitů ve vnitřním prostředí apod. (KOTRBÁČEK, 2007).

Centrum hladu leží v laterální části hypotalamu. Jeho poškození vyvolává nechutenství (anorexii), zvíře ubývá na váze a může uhynout i při volném přístupu ke krmivu (KUDRNA *et al.*, 1998, JELÍNEK *et al.*, 2003). Podle nových poznatků je pocit hladu spojený s aktivitou neuronů laterálního hypotalamu dáván do souvislosti s nedávno objeveným hormonem ghrelinem – „hormonem hladu“ (KOJIMA *et al.*, 1999, *ex* KOTRBÁČEK, 2007, NAKAZATO *et al.*, 2001; *ex* KOTRBÁČEK, 2007). Jde o peptid produkovaný hlavně buňkami fugální části žaludeční sliznice. Produkce ghrelinu se zvyšuje před příjmem potravy a prostřednictvím neuropeptidu Y jako mediátoru aktivuje tento hormon centrum hladu (CUMMINGS *et al.*, 2001, *ex* KOTRBÁČEK, 2007, WILLIAMS *et al.*, 2005, *ex* KOTRBÁČEK, 2007). Vzestup plazmatické hladiny ghrelinu vede nejen k zahájení konzumu potravy, ale určuje i její přijaté množství.. jedním z dalších jeho účinků je stimulace sekrece růstového hormonu. Jestliže se sečtou účinky obou hormonů, je zřejmé, že zejména pro mladý, rostoucí organismus je výsledný anabolický efekt velmi žádoucí (KOTRBÁČEK, 2007).

Centrum sytosti je umístěno mediálně. Receptory uložené v trávicím traktu, glukostatické, lipostatické a termostatické mechanismy předávají informace o naplnění trávicího traktu, koncentraci metabolitů v krvi a dalších faktorech centrálnímu nervovému systému (CNS) (KUDRNA *et al.*, 1998). Poškození tohoto centra způsobuje nadměrný příjem krmiva (hyperfagii) a má-li zvíře neomezený přístup ke krmivu, tloustne. Metabolická sytost je spojena se zvýšenou hladinou glukosy a aminokyselin, se změnou tukového metabolismu a dochází k ní za 1,5 až 2 hodiny po nakrmení (JELÍNEK *et al.*, 2003).

V souvislosti s trávením přijaté potravy a její pasáží do střeva je vylučován cholecystokinín (CCK), někdy označovaný také jako hormon sytosti. I když se jeho hlavní role týká stimulace tvorby trávicích enzymů, aktivace centra sytosti u něho byla rovněž prokázána. Jeho sekrece je spouštěna při dosažení určité náplně žaludku. Obdobný účinek je přisuzován řadě peptidů GIT a také pankreatickým hormonům – glukagonu, somatostatinu a inzulinu. Inzulin přitom může příjem krmiva nejen snižovat, ale i zvyšovat, a to v případě, že vyvolá hypoglykémii. Mechanismus účinku zmíněných hormonů zřejmě spočívá v ovlivňování hladiny glukózy v krvi. Uvažuje se také o stimulaci syntézy sytostních neuropeptidů v CNS (KOTRBÁČEK, 2007).

Potravinová centra jsou vzájemně propojena a jsou aktivována signály z periferie i z CNS za vzniku buď pocitu hladu nebo sytosti. Informace ze zrakových, čichových a chuťových center mozku jsou doplňovány informacemi z jaterních a střevních glukoreceptorů a z mechanoreceptorů žaludku a střev. Za spoluúčasti endokrinního systému a autonomních nervů řídí hypothalamus rovněž metabolismus v buňkách. Předpokládá se, že po příjmu krmiva aferentní signály aktivují centrum sytosti a to utlumí činnost centra hladu. Zvíře ztratí zájem o další příjem krmiva. Po nakrmení postupem času aferentní signalizace slábne. To má za následek utlumení centra sytosti a obnovení činnosti centra hladu. Zvíře opět hledá a přijímá krmivo (JELÍNEK *et al.*, 2003).

Významnou regulační roli hraje i koncentrace metabolitů v krvi – především glukóza (u přežvýkavců též kyseliny), dále aminokyseliny a mastné kyseliny (KOTRBÁČEK, 2007). K nejdůležitějším hypotézám vysvětlujícím regulaci příjmu krmiva patří dle JELÍNKY *et al.* (2003):

**Glukostatická hypotéza** – podle této teorie je regulačním faktorem koncentrace glukosy v krvi, zatímco hypothalamus má funkci glukorecepční. Jeho neurony reagují na hladinu glukosy v krvi. Hypoglykémie podněcuje příjem krmiva, zatímco hyperglykémie zvýší podráždění centra sytosti a zvíře přestává přijímat krmivo. Tento mechanismus převažuje u zvířat s jednokomorovým žaludkem.

Právě této teorii bylo věnováno hodně pozornosti už od 50. let minulého století. Zjistilo se, že zvířata přijímají potravu v úzké závislosti na hladině krevní glukózy (KOTRBÁČEK, 2007).

**Lipostatická hypotéza** – uplatňuje se především u přežvýkavců a ptáků na základě signálů z tukové tkáně a krve. Podle této teorie je kontrolní systém organismu naprogramován

na určitý obsah tuku ve tkáních. Pokud podíl lipidů v tukových tkáních překročí stanovenou úroveň, zvýší se lipolýza, následně dojde ke snížení příjmu krmiva. V opačné případě, kdy obsah tuku ve tkáních je pod určitou úrovní, dochází ke zvýšené resorpci tuku, ke zvýšené lipogenezi a k většímu příjmu krmiva. U přežvýkavců je tímto regulátorem především hladina TMK v krvi. Její pokles příjem krmiva stimuluje, zvýšená hladina těchto těkavých mastných kyselin ho tlumí.

Lipostatická teorie příjmu krmiva u přežvýkavců, jak je popisována u monogastrů, nehraje významnější roli. K inhibici příjmu potravy může přesto vést zvýšená oxidace tukových rezerv u vysokoprodukčních dojnic v první třetině laktace. Při současně zvýšené tvorbě apetitu tlumících ketolátů konzum klesá. To přispívá k negativní energetické bilanci těchto jedinců (KOTRBÁČEK, 2007).

**Aminostatická teorie** – zakládá se na tom, že příjem krmiva závisí na obsahu aminokyselin, zejména metioninu. Jak jeho nedostatek, tak i nadbytek snižuje příjem krmiva. Jeho účinek na kontrolu příjmu krmiva může být dokonce vyšší než vliv teploty nebo obsah tuku v těle. Příjem krmiva se zvyšuje při nízkém obsahu bílkovin v krmné dávce a při nevyváženosti obsahu aminokyselin. Při větších disproporcích v aminokyselinovém složení krmné dávky však může dojít i k rychlému a výraznému poklesu příjmu krmiva.

**Obsah vody v organismu** – mezi příjmem krmiva a vody existuje přímá závislost. Souvisí to s udržováním osmotického tlaku v krvi. Dehydratace organismu příjem krmiva tlumí.

**Termostatická teorie** – příjem krmiva ovlivňuje i okolní teplota. Při jejím poklesu dochází ke zvyšování příjmu krmiva a při vysokých teplotách příjem krmiva naopak klesá. Termostatický mechanismus se uplatňuje prostřednictvím termoregulačních center. Vliv teploty je však třeba posuzovat ve vztahu k proudění vzduchu a vlhkosti vzduchu.

Termostatická teorie zdůrazňuje fakt, že každý příjem potravy je spojen s uvolněním části její energie ve formě tepla. Jde o tzv. specifický dynamický účinek potravy, který v určitých situacích může přispět ke zvyšování teploty těla. Tomu pak organismus předchází snižováním konzumu krmiva, např. během horkých letních dnů, v nevětraných objektech apod. (KOTRBÁČEK, 2007).

**Vliv endokrinních žláz** – vliv těchto žláz se uskutečňuje především prostřednictvím metabolických center.

**Fyziologický stav organismu** - příjem krmiva je ovlivňován i věkem, užitkovostí, říjí, ovulací, graviditou apod. Z vnějších faktorů hraje významnou úlohu roztažení žaludku přijatým krmivem, chemické složení krmiva a jeho chuťové a pachové vlastnosti. Skot rozlišuje sladkou, kyselou a slanou chuť. Existuje specifická chuť na vápník, fosfor, zinek, tiamin, metionin a bílkoviny. Příjem krmiva závisí i na sociálním postavení. Schopnost zvířat regulovat příjem v závislosti na obsahu energie, příp. dalších látek je jen částečná (KUDRNA *et al.*, 1998, KOTRBÁČEK, 2007).

Regulaci příjmu krmiva však nelze v plné šíři objasnit pouze existencí hypothalamických center. Vždy se jedná o proces komplexní. Na periferní i centrální receptory působí různé metabolity, takže do mozku přicházejí informace o celkové energetické situaci organismu. Na jejich základě přijímá zvíře určité množství krmiva odpovídající měnícím se energetickým potřebám, v závislosti na užítkovosti, vykonané práci, na podmínkách vnějšího prostředí a energetické hodnotě krmné dávky. Toto rychlé uspokojování momentálních energetických potřeb je nazýváno Krátkodobou regulací příjmu krmiva. Vedle toho existuje dlouhodobá regulace příjmu krmiva, která slouží k vyrovnaní energetických poměrů spojených s předchozím nedostatečným nebo nadbytečným krmením. Po období hladovění následuje přechodně zvýšený příjem krmiva a období nuceného krmení je vystřídáno sníženým příjmem krmiva. Na krátkodobé i dlouhodobé regulaci příjmu krmiva se podílejí různé fyziologické mechanismy. Základem krátkodobé regulace jsou kontrakce prázdného žaludku a glukostatický mechanismus, na dlouhodobé regulaci se podílí snížení produkce tepla a lipostatický mechanismus (stav tukových zásob a obsah tukových metabolitů v krvi) (JELÍNEK *et al.*, 2003).

K pochopení dlouhodobé regulace přispěl v roce 1995 objev hormonu sytosti – leptinu, peptidu tvořeného tukovými buňkami. Čím více je tukové tkáň, tím je produkce tohoto hormonu vyšší a jeho účinkem pak dochází k potlačení apetitu (FRIEDMAN *et al.*, 1998, *ex* KOTRBÁČEK, 2007, BALDELLI *et al.*, 2002, *ex* KOTRBÁČEK, 2007). Organismus tímto mechanismem kontroluje úroveň svých energetických zásob a tím i hmotnost. Leptin, obdobně jako ghrelin, působí na centra sytosti prostřednictvím četných neurotransmiterů. Z nich mnohé jsou známy hypofyzární hormony nebo jejich prekurzory. Také zvýšená produkce hypothalamického kortikoliberinu (CRH) může příjem potravy utlumit. To vysvětluje pokles hmotnosti při dlouhodobě působícím stresu. Dobře známý je též pokles apetitu v nemoci. Jde o součást obecné obrany organismu proti infekci, provázené vzestupem cytosinů, látek s mnoha účinky a produkovaných makrofágy.

Jestliže u monogastrů byla závislost mezi hladinou glukózy v krvi a příjmem krmiva prokázána, u přežvýkavců tento vztah prokázán nebyl. Souvisí to s faktem, že u těchto zvířat je glukozemie trvale nízká. Glukóza jako regulátor se proto uplatnit nemůže. Její roli zastupují produkty bacheřové fermentace – těkavé mastné kyseliny (RUCKEBUSCH *et al.*, 1991, *ex* KOTRBÁČEK, 2007). Nepřekvapuje proto, že jsou do regulace konzumu potravy zapojeny. Například infuze kyseliny octové do bacheře vede k redukci příjmu krmiva. Nejde přitom o specifický vliv této kyseliny. Příčinou je vzestup osmolarity bacheřové tekutiny. Bouřlivě probíhající fermentace vedoucí k poklesu pH a zejména produkce ketolátek vede k inhibici motoriky předžaludku a následně i k poklesu krmiva. Z produktů fermentovaného trávení, které se dostávají do krve, má podstatnější vliv na příjem potravy pouze hladina kyseliny propionové. Je to v souladu s její glukoneogenetickou funkcí, tj. s přeměnou propionátu na glukózu. Předpokládá se existence jaterních glukoreceptorů, které uvedené

metabolické změny registrují a mohou příjem krmiva inhibovat (ENGELHARDT *et al.*, 2005, *ex* KOTRBÁČEK, 2007).

V uplatnění jednotlivých mechanismů regulujících příjem krmiva existují větší či menší druhové odlišnosti. Příjem krmiva u přežvýkavců závisí i na jeho stravitelnosti a obsahu stravitelné energie. Krmná dávka bohatá na bílkoviny a energii zpomaluje trávení a vyprazdňování předžaludku a následně snižuje příjem krmiva. Krmná dávka s nízkým obsahem bílkovin a přídavkem močoviny urychluje trávení a průchod obsahu trávicím traktem a příjem krmiva se zvyšuje. Obdobným způsobem se příjem krmiva zvýší po jeho mechanické úpravě (rozmělnění). Z metabolických faktorů omezuje příjem krmiva obsah těkavých mastných kyselin (TMK), zejména kyseliny octové a propionové. S poklesem příjmu krmiva je spojen i souhrn pocitů projevujících se nepřekonatelnou snahou se napít, též označovým jako žízeň. Příčinou žízně je buď pokles obsahu vody v těle o více než 0,5 l na 100 kg hmotnosti nebo narušení fyziologického poměru mezi vodou a chloridem sodným. Doprovodným znakem žízně je snížené vylučování slin a moči a pokles chuti k příjmu krmiva. Při vyšším deficitu vody (3 - 5 l na 100 kg hmotnosti) klesá tvorba potu, dochází ke zvýšení tělesné teploty a srdeční frekvence, zvíře obtížně dýchá. Při příjmu vody zmizí pocit žízně dříve, než se obnoví normální balance vody ve tkáních, zvíře přestane pít. Je to následek samotného procesu pití a roztažení žalu vypitou tekutinou. K postresorpčnímu ukojení žízně dochází až následně (JELÍNEK *et al.*, 2003).

### 1.4.3 Trávení živin

Mechanické a chemické zpracování potravy začíná už v dutině ústní. Potrava se zde žvýká, proslinuje a vytváří se sousto, u přežvýkavců se ještě přežvykuje. Mechanickému zpracování krmiva v ústní dutině se říká žvýkání. Potrava se při něm rozmělnuje, obohacuje slinami a připravuje k polknutí. Některé živočišné druhy žvýkají potravu důkladně, jiné nedokonale, mnohé ji polykají celou.. Přežvýkavci žvýkají krmivo při příjmu jen nedokonale. Skot potřebuje na žvýkání jednoho sousta 15 – 30 žvýkacích pohybů a ovce 5 – 10 v závislosti na druhu přijímaného krmiva. Hrubá píce s rozmělní na částčky o velikosti asi 1,2 – 1,5 cm. Při příjmu nešrotovaného obilí se většina zrn dostává do batoru zcela nerozžvýkána. Předběžná technologická úprava krmiva snižuje spotřebu energie na žvýkání, avšak krmivo rozmělněné na částčky menší než 0,8 – 1 cm narušuje trávicí procesy v předžaludku. Jen na příjem běžné zimní krmné dávky (bez přežvykování) spotřebuje kráva 15 – 20 000, ovce 10 – 12 000 žvýkacích pohybů za 24 hodiny. K důkladnému mechanickému zpracování přijatého krmiva dochází u přežvýkavců až při přežvykování (JELÍNEK *et al.*, 2003).

Žvýkání je reflexní děj, který se vybavuje drážděním receptorů sliznice ústní dutiny, jazyka a zubů potravou. Centrum pro žvýkání se nachází v prodloužené míše a je propojeno s mozkovou kůrou. Odstředivé dráhy vedou ke žvýkacím svalům, které pohybují dolní čelistí. Při žvýkání nemají přežvýkavci ústní štěrbinu zcela zavřenou. Vypadávaní krmiva zabraňuje

vodorovné držení hlavy a aborálně směřující papily ve vnitřní ploše tváří a nitkovité bradavky jazyka. Žvýkáci svaly mohou vyvinout vysoký tlak. Mechanické zpracování krmiva v ústní dutině je důležité pro další jeho trávení. Příliš jemně rozmělněné krmivo prochází žaludkem rychle do tenkého střeva a trávící efekt se snižuje (JELÍNEK *et al.*, 2003).

Obohacení sousta o sliny má velký význam. Rozmezí pH slin je 6,8 – 8,5 a obsahují jak látky anorganické, tak i organické. Význam slin je mechanický (zvlhčování sliznice ústní dutiny a zvlhčení potravy), chemický (štěpení škrobu či maltózy), sliny umožňují chuťové vjemy, slinami se z organismu vylučují různé přebytečné látky (K, Ca, F, I i Hg, Pb či léčiva). Sliny dále obsahují 3 nárazníkové systémy – hydrogenuhličitánový, fosfátový a mucin, které neutralizují kyseliny a přebytečné zásady krmné dávky, a tím udržují optimální účinnost slinné alfa-amylázy a chrání povrch zubů před porušením. Z dalších významů, které mají sliny, to jsou antibakteriální a antivirové účinky (lysozym, imunoglobulin A apod.). U přežvýkavců se sliny významně podílejí na hospodaření dusíkem. Část močoviny ornitinového cyklu se vylučuje slinami a slouží bachorovým mikroorganismům jako zdroj dusíku pro syntézu aminokyselin. Obsah močoviny ve slinách se pohybuje od 2,5 do 60 mmol/l a závisí na její koncentraci v krvi a na věku zvířete. Sliny skotu navíc obsahují parotin, který se podílí na regulaci vápníku v těle a má vztah ke krevnímu tlaku. Pomocí  $\text{NaHCO}_3$  udržují optimální pH obsahu předžaludku, zředí jej, napomáhají jeho maceraci a usnadňují rejekci (JELÍNEK *et al.*, 2003).

Slinná žláza příušní přežvýkavců a některé další drobné slinné žlázy vylučují sliny nepřetržitě, nezávisle na příjmu krmiva, přežvykování a složení krmné dávky. Z celkového množství vylučovaných slin připadá kolem 50 % na příušní žlázy, 8 - 10 % na podčelistní, 2 - 3 % na podjazykové a 35 - 38 % na drobné žlázy dutiny ústní. Skot vyloučí na 100 kg živé hmotnosti nebo na 1 kg sušiny krmiva 8 - 10 l slin, ovce 6 - 8 l. Příjem krmiva a zejména přežvykování celkového množství slin zvyšují. Spontánní vylučování slin začíná u telat asi v 5 - 6 týdnech, u jehňat a kůzlat ve 3 - 4 týdnech. Sliny mají velmi významnou úlohu v procesu trávení v předžaludku. Vysoké pH (8,0 - 8,4) a zvýšená koncentrace močoviny, bikarbonátů a fosfátů neutralizují kyselé produkty kvašení, udržují stálou osmotickou koncentraci a iontové složení obsahu předžaludku, čímž přispívají k vytvoření optimálních podmínek pro činnost mikroorganismů. Chemické složení slin z příušní slinné žlázy závisí na krmné dávce a době od posledního krmení. Nepřítomnost těchto slin má za následek narušení acidobazické rovnováhy a vodní bilance (JELÍNEK *et al.*, 2003).

Rozžvýkáním a prosliněním krmiva se vytvoří sousto vhodné k polykání. Polykání je složitý reflexní děj, při kterém je sousto dopraveno z ústní dutiny hltanem a jícnem do žaludku. Tvorba sousta a jeho posun do ústní úžiny jsou ovladatelné vůlí. Vlastní polykací reflex je vůlí neovlivnitelný. Začíná mechanickým podrážděním receptorů kořene jazyka, patrových oblouků, měkkého patra a zadní stěny hltanu. Může být vyvolán i nahromaděnými slinami. Suchá sliznice polykání ztěžuje. Centrum polykacího reflexu se nachází v prodloužené míše na spodině čtvrté mozkové komory. Koordinovanými pohyby svalů



dutiny ústní, hltanu, hrtanu a jícnu se sousto posunuje směrem k žaludku (JELÍNEK *et al.*, 2003).

Vláknina tvoří významnou a nepostradatelnou složku krmné dávky přežvýkavců. Je tvořena komplexem stavebních polysacharidů (sacharidů buněčné stěny) celulózu a hemicelulózu, dále pektinem a nesacharidovým ligninem. Tak jako všechny složky krmné dávky má i vláknina ve výživě přežvýkavců svou pozitivní i negativní roli. Mezi hlavní pozitiva patří zejména to, že se podílí jakožto zdroj stravitelných živin na energetické hodnotě krmiv. Dalším, neméně významným kladem, je její nezbytnost pro správný průběh trávení a funkce trávicího traktu. Podporuje žvýkání – udržení správného pH batoru, předcházení acidózám a stimuluje pohyby batoru. Mezi zápory patří její negativní vztah ke stravitelnosti ostatních živin a omezování výše příjmu krmiva (JANČÍK, 2009).

Hlavním cílem krmení přežvýkavců není nakrmit samotné zvíře, jako je tomu například u monogastrů, ale zajistit intenzivní fermentaci v batoru a maximální výtěžek mikroorganismů. Mikrobiální protein je totiž vysoce využitelný, jako aminokyselinové složení nejlépe odpovídá potřebám přežvýkavců a co je nejdůležitější, je pro přežvýkavce nenahraditelný. Pokud chceme zajistit maximální množení mikroorganismů a tím samozřejmě maximální výtěžek mikrobiálního proteinu, musíme do batoru dodat optimální množství dusíku a energie. Dusík získávají mikroorganismy z amoniaku, který je v batoru fermentován z dusíkatých látek krmiva. Energie je získávána skrze těkavé mastné kyseliny (kyselina octová, propionová a máselná), které jsou tvořeny fermentací sacharidů, jejichž významná část je do batoru dodávána jako součást vlákniny (JANČÍK, 2009).

Vláknina jako taková není trávena enzymy savců. A právě schopnost využívat vlákninu pomocí Bavorových mikroorganismů a jejich enzymů staví přežvýkavce do jedinečné pozice vysoce efektivního transformátora rostlinné hmoty na živinově vysoce bohaté živočišné produkty, jako jsou maso a mléko. Stravitelnost vlákniny je ovlivňována zejména druhem krmiva, dobou retence v různých částech trávicího traktu a dále množstvím a působením mikrobiálních enzymů zejména v batoru, ale částečně i v tlustém střevě. Výše trávení závisí na nestravitelném podílu krmiva a na výsledku procesu degradace v batoru spolu s pasáží tráveniny do postruminálních částí trávicího traktu. Samotný proces trávení stavebních sacharidů zahrnuje hydrolýzu polysacharidů a následnou přeměnu monosacharidů na těkavé mastné kyseliny (TMK), fermentační plyny a teplo. Jednotlivé části vlákniny nejsou v batoru fermentovány stejně. Pektin je rychle a zcela fermentován na TMK, celulóza a hemicelulóza jsou neúplně fermentovány na TMK (hemicelulóza více, celulóza méně) a lignin (zpevňující část rostlinných pletiv) nepodléhá fermentaci a není pro zvířata zdrojem živin ani energie (JANČÍK, 2009).

Stanovení vlákniny spočívá v tom, že se stanoví neutrálně detergentní vláknina (NDF) hydrolýzou v neutrálním detergentu a acidodetergentní vláknina (ADF) hydrolýzou v kyselém detergentu. Tyto dva výsledky doplněné o stanovený acidodetergentní lignin (ADL) vytváří

ucelený obraz o složení té části vlákniny, která má největší vliv na výši stravitelnosti a využitelnosti krmiv (JANČÍK, 2009).

Znalost obsahu NDF je velmi dobře využitelná nejen při hodnocení kvality jednotlivých krmiv, ale zejména při optimalizaci složení krmných dávek (KD). Obsah NDF v KD skotu má velký vliv na výši příjmu sušiny zvířaty. Při optimálním obsahu NDF mohou zvířata přijímat až 4 % (některé vysokoužitkové dojnice až 4,5 %) sušiny ze své živé hmotnosti. Vysoký obsah NDF v KD může snížit příjem sušiny i na pouhých 1,5 až 2 %. Naopak nízký obsah NDF způsobuje poruchy trávicí soustavy, zejména acidózy. Pro optimální funkci bahu by KD měla obsahovat 28 až 32 % NDF v sušině, a z toho až 75 % by mělo být dotováno z objemných krmiv. Pro počátek laktace je doporučován obsah NDF v KD 30 až 33 %, pro střední část 30 až 36 % a pro konec laktace 34 až 40 %. V období stání na sucho by se měl obsah NDF v KD ještě zvýšit, a to zejména kvůli zajištění regenerace bahu a celé trávicí soustavy dojníc. V počátku stání na sucho je doporučován obsah NDF 40 až 45 % a před otelením 37 až 40 % (JANČÍK, 2009).

## **2 MINERÁLNÍ PRVKY**

Minerální látky jsou v živočišném těle zastoupeny v množství 3 – 5 % tělní hmoty. Mají významný vliv na normální průběh metabolických procesů a tím i na užitkovost a zdraví zvířat, jejich dlouhověkost, reprodukci atd. Podle stupně potřeby můžeme minerální látky rozdělit na nepostradatelné, postradatelné a toxické. Toto rozdělení má ovšem jen relativní platnost. Nepostradatelnost prvku pro organismus je zpravidla určena jeho přítomností v živočišném organismu v normálním metabolickém stavu, stabilitou zastoupení v organismu, morfologickými a fyziologickými změnami tkání při vyvolání deficitu prvku v dietě, dosažením normality metabolického stavu zvířete při aplikaci prvku (ZEMAN *et al.*, 2006).

### **2.1 Dělení minerálů**

Zařazení jednotlivých prvků do skupiny „postradatelných“ prvků je jen relativní. Stejně tak je možné, aby z „nepostradatelného“ prvku se stal toxický, vstoupí-li do organismu v mnohonásobném přebytku. Ve výživě zvířat se podle ZEMAN *et al.* (2006) rozdělují nepostradatelné prvky na makroelementy (vápník, fosfor, sodík, hořčík, draslík, síra a chlór) a na mikroelementy (železo, měď, zinek, mangan, kobalt, jód, selen a molybden). K toxickým se řadí například olovo, kadmium, rtuť, arzén, fluór aj. Makro i mikroelementy jsou zastoupeny v organismu zvířat víceméně ve stálém podílu. Živočišný organismus má velkou schopnost regulace obsahu minerálních látek, a to bez ohledu na mimořádně vysokou variabilitu jejich exogenních zdrojů.

## 2.2 Funkce

Existují čtyři základní funkce minerálních prvků v organismu živočichů:

Strukturální – minerální látky tvoří strukturální složky tkání a orgánů – např. vápník a fosfor se podílejí na strukturálním uspořádání skeletu a zubů, fosfor a síra na struktuře proteinů a buněčných membrán, zinek na strukturální stabilitě molekul inzulinu a řady metaloproteinů, měď určuje strukturu ceruloplazminu, železo strukturu hemoglobinu a myoglobinu.

Fyziologická – minerální látky mají význam v procesech trávení, vstřebávání a utilizace živin, podílejí se na udržování osmotického tlaku, acidobazické rovnováhy, permeability membrán. Jsou nezbytné pro přenos a přeměnu energie, syntetické a detoxikační procesy, pro udržování nervosvalové dráždivosti, ovlivňují reprodukční funkce.

Katalytická – minerální látky působí jako katalyzátory enzymatických a hormonálních systémů a tím zasahují do celého metabolismu.

Regulační – minerální látky regulují metabolické pochody – jód jako součást  $T_3$  a  $T_4$ . Vápník, hořčík, zinek ovlivňují buněčnou replikaci a transkripci (JELÍNEK *et al.*, 2003).

Minerální látky patří k základním stavebním živinám kostní tkáně. V nich je uloženo asi 83 % minerálií a v ostatních tkáních těla zbývajících 17 %. Kromě podílu na stavbě těla se podmiňují udržování acidobazické rovnováhy, osmotického tlaku, podílí se na tvorbě vitamínů, enzymů, hormonů, hemoglobinu, živočišného produktu atd. Minerální látky mají nezbytný vliv na normální činnost mikroflóry trávicího aparátu zvířat, zejména pro činnost bachorové mikroflóry. Kromě kvantitativního zastoupení elementů má ve výživě zvířat mimořádný význam jejich vzájemný vztah v krmné dávce, zejména vztah alkalických a acidogenních prvků. Ke kyselinotvorným prvkům patří síra, chlór a fosfor, k alkalickým draslík, sodík, vápník a hořčík. Přebytek kyselinotvorných i alkalických prvků v dietě je z hlediska potřeb zvířat nežádoucí (ZEMAN *et al.*, 2006).

## 2.3 Zdroje

Hlavním exogenním zdrojem makro i mikroelementů jsou krmiva. Jejich minerální složení je velmi rozdílné nejen pokud se týká druhové příslušnosti, ale i v rámci téhož druhu. Přitom relativně větší variabilita zastoupení minerálních látek v krmivu téhož původu je ve vegetační části rostliny než v rozmnožovacích orgánech. V rámci téhož druhu ovlivňuje minerální složení rostlin zejména fyzikálně-chemické vlastnosti půdy, její pH, půdní typ, podnebí a povětrnostní podmínky (srážky a teplota v daném roce a v daném vegetačním období), hnojení a agrotechnika krmných plodin, vegetační fáze sklizně, geneticky zakotvené zvláštnosti (např. vlastnosti jednotlivých odrůd) (ZEMAN *et al.*, 2006).

V sušině hlavních druhů rostlinných krmiv převládá draslík a vápník. Variabilita zastoupení u téhož prvku může dosahovat u mikroelementů dvoj až trojnásobku, u

mikroelementů až desetinásobku průměrných hodnot. Z uvedených prvků (Ca, P, Na, K, Mg) převládá v živočišném organismu vápník a fosfor. V těle dojnice připadá na vápník asi 56 %, na fosfor 31 % a naopak na draslík jen 6 % ze všech hlavních makroelementů. Velmi podobné vztahy existují u jiných druhů zvířat. Složení živočišného těla a živočišných produktů je z hlediska zastoupení hlavních minerálií známé. Avšak přesné stanovení potřeby jednotlivých minerálií je mimořádně obtížné, protože o metabolickém zapojení prvků v živočišném organismu rozhoduje jejich obsah a vzájemný poměr v krmivech, chemická skladba, ve které vstupují do organismu, možnost vytváření se určitých rezerv minerálií v organismu a jejich uvolňování při větším či menším deficitu v dietě (ZEMAN *et al.*, 2006).

Kromě zdrojů minerálií z krmiv se používají k doplnění deficitních prvků v krmné dávce průmyslově vyráběné minerální směsi či jejich komponenty. Mnohé z těchto chemicky přesně definovaných sloučenin mají při řízení minerálního metabolismu zvířat přednost před zdroji minerálních prvků z krmiv. Tak např. využití železa z krmiv rostlinného původu nedosahuje zpravidla 10 %. Zřetelně lepší je utilizace železa například ze sulfátů (až 97 %) či chloridů (asi 75 %) (ZEMAN *et al.*, 2006).

### 2.3.1 Anorganická forma

Nejen prvek musí být povolen ke zkrmování hospodářským zvířatům, ale také jeho odpovídající forma vazby. K doplnění je hlavně používáno jako zdroj anorganických forem, tj. solí těchto mikroelementů (oxidy, sulfáty). Využitelnost těchto anorganických forem stopových prvků je velmi nízká (dle studií VÚVZ a dalších pracovišť v ČR), nedosahuje 15 %. Na nízkém stupni je také využití stopových prvků nativních vazeb v krmivech pro hospodářská zvířata. Tato skutečnost je základní příčinou vzniku sekundárních deficiencí minerálních prvků s nativními projevy na příjem krmiv, využití živin, produkci a reprodukci zvířat a zvýšené frekvenci jejich obsahu v prostředí (prvky nevyužité organismem zvířete jsou při současném vysokém dávkování do směsi až z 90 % vylučovány do prostředí s negativním působením v potravním řetězci). Mimo to je evidentní dosavadní plýtvání drahými zdroji těchto látek zatěžujícími ekonomiku chovu a produkci zvířat (ŠIMEK, ZEMAN, ŠUSTALA, 2000).

Využitelnost různých forem vazeb prvků jednotlivých druhů zvířat je také omezena. Z anorganických vazeb jsou nejlépe využitelné sírany. Nejvýznamnější je to u mědi. Např. oxid mědnatý u skotu je využitelný v podstatně hůře než síran mědnatý. Naopak u oxidu zinečnatého a síranu zinečnatého je tomu u skotu s využitelností naopak (RAAB, 2007). U přežvýkavců např. uvádí JONGBLOED *et al.* (2002) 100% využitelnost mědi z  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  a 76% u  $\text{CuO}$  a 100% využitelnost zinku ze síranové vazby  $\text{ZnSO}_4$  a z oxidové vazby  $\text{ZnO}$  98%.

### 2.3.2 Organická vazba

Minerální látky – mangan, zinek, měď, selen, chrom v organické formě (vazba na organickou matici – aminokyseliny, peptidy, kvasinky) mají významný vliv na produkci, reprodukci, zdraví a ekonomiku všech kategorií skotu. Jejich používání jak v zahraničí, tak také v podmínkách chovu zvířat v České republice se neustále rozšiřuje a tímto nutričním faktorem je příznivě ovlivněna intenzifikační úroveň chovů. Byla uskutečněna řada studií např. se suplementací zinku v organické chelátové formě v porovnání s anorganickými zdroji – solemi, oxidy (ZnO). Plodnost je jedním z hlavních problémů, které obvykle musí řešit farmáři - producenti mléka. Problémy s plodností krav jsou vždy v těsném vztahu k úrovni produkce mléka. Pro prosperující chov krav je zásadní otázkou produkce mléka a odchovu telat. Optimum je nejméně jedno tele za rok a dosažení průměrného produkčního věku krav 4-8 roků. Udržení dobré plodnosti krav a zdraví je ovlivněno hormonálním stavem organismu, funkcí dělohy a schopností udržet optimální růst a vývoj embrya. Procesy spojené s udržením plodnosti jsou závislé na dostatečném přísunu esenciálních stopových prvků, které výrazně ovlivňují imunitní systém, hormonální stav a integritu buněčných epiteliálních tkání organismu. Inadekvátní koncentrace těchto esenciálních stopových prvků ve tkáních přispívá ke zvětšení frekvence výskytu časně embryonální úmrtnosti. Adekvátní dodání organických forem stopových prvků – proteináz Cu, Mn a Zn do krmných dávek dojnic v průběhu 100 dnů po otelení se projevuje zlepšením plodnosti, zapaštění a podporuje embryonální vývoj plodu. Stopové prvky – měď, zinek a mangan hrají nezastupitelnou a významnou roli při reprodukčních funkcích. Nedostatek těchto prvků je často spojen s reprodukčními problémy. Zinek je důležitý pro spermatogenezi a nezbytný pro správnou funkci epitelu urogenitálního traktu. Předčasný úhyn zárodku a reprodukční poruchy jsou asociovány s deficiencí Cu. (ŠIMEK, ZEMAN, ŠUSTALA, 2000).

Povolené organické vazby jsou cheláty aminokyselin a glycidové cheláty. U vazby prvku s aminokyselinami pochází anion z hydrolyzovaného sójového proteinu, v druhém případě ze syntetického glycinu. Se selenem není možná žádná chelátová forma. Selen je v organické vazbě k dispozici pouze z kvasnic (RAAB, 2007). Ekologizace výroby krmiv, přípravy směsí a užití krmných aditiv předpokládá omezení průniku cizorodých látek do potravinového řetězce. To předpokládá realizaci takových postupů biotechnologického charakteru, které maximálně sníží zátěž životního prostředí. V současné době jsou mikroelementy, především Mn, Zn, Cu, Cr a další prvky doplňovány do krmných dávek ve formě minerálních premixů, nebo minerálně-vitamínových směsí. Perspektivními zdroji stopových prvků jsou minerální proteináty, jejichž využitelnost je několikanásobně vyšší než anorganických zdrojů. Alternativním použitím stopových prvků je tzv. organická forma, kdy stopové prvky jsou vázány na aminokyseliny a peptidy. Jedná se o proteináty stopových prvků. Jejich biologická využitelnost je vyšší oproti anorganickým formám. Minerální proteináty příznivě ovlivňují imunitní schopnosti zvířete, omezují efekt stresu, reprodukci, kvalitu produktu, obsah somatických buněk v mléce u dojnic, zdraví a růst zvířat. Využití

organicky vázaných forem zdrojů minerálních látek ve výživě zvířat představuje významný faktor příznivého vlivu na kvalitu produkce mléka a masa u hospodářsky chovaných zvířat. Při cílené aplikaci je jejich použití pro chovatele ekonomické. U produkce mléka je například příznivá ekonomika především ve zlepšení kvalitních ukazatelů, snížení počtu buněčných elementů, lepší realizační cena produkce, omezení výskytů zánětů mléčné žlázy, prevence vzniku závažných onemocnění končetin – laminitid u vysokoprodukčních krav, zlepšení vitality telat, snížení ztrát úhynem a snížením nákladů na akutní léčbu zvířat. V procentickém vyjádření v závislosti na úrovni chovu skotu je možné kalkulovat s minimálním ekonomickým efektem 2 až 5 %. V řadě případů je možné dosáhnout ekonomické efektivity vyšší než 10 %. Organické formy zdrojů minerálních látek se postupně stávají trvalou součástí skladby krmných dávek a směsí pro skot. Výzkum jejich aplikace a vlivu na zdravotní stav, produkci, reprodukci, ekonomiku se stále prohlubuje a jejich praktické využití ve výživě zvířat se rozšiřuje (ŠIMEK, ZEMAN, ŠUSTALA, 2000).

U mědi jsou povoleny například sloučeniny s octanem, uhličitanem, síranem, chloridem, metionátem, oxidem, či chlátem mědi s aminokyselinami nebo ve vazbě s glycinem. Selen je povolen zkrmovat ve formě seleničitanu a selenanu nebo již ve zmíněné podobě kvasnic (RAAB, 2007). ŠIMEK, ZEMAN, ŠUSTALA (2000) sledovali vliv organických forem Cu, Mn a Zn na % zabřezávání u krav. Průkazně zjistili zvýšení % zabřezávání v průměru z 51 % vlivem organických mikroprvků na 68 %.

Minerální látky z krmiva jsou v organismu ukládány do zásoby a v době potřeby jsou uvolňovány a dopravovány krví na místo určení. Z toho důvodu je analýza minerálních látek v plazmě (séru) krve považována za orientační a nemůže podle ní být usuzováno na potřebu minerálních prvků. Vzhledem k různým vztahům mezi jednotlivými prvky je důležité vědomí, že zvýšení jednoho prvku v krevní plazmě může vést následně ke změnám v hladinách jiných prvků. K těmto vztahům je třeba přihlížet při vyhodnocení tzv. metabolických testů, kdy z odběru krve a z následné analýzy se snažíme vyvozovat závěry směrem ke kvalitě krmné dávky. Je velmi důležité, aby se tyto testy prováděly na větším počtu zvířat, u kterých se bude analýza dělat několikrát ročně. Teprve z ucelené řady rozborů lze provést plnohodnotné závěry (ZEMAN *et al.*, 2006).

Koeficienty stravitelnosti živin je procentický podíl stravitelné živiny z celkového obsahu živiny v krmivu. Jedná se o koeficient bilanční (zdánlivé) stravitelnosti živiny (ZEMAN *et al.*, 2006). Zinek obsažený v zrnech obilnin a rostlinných proteinech je méně stravitelný, protože zároveň obsahují velké množství kyseliny fytové, která zabraňuje vstřebávání zinku. Nadbytečný příjem zinku je nebezpečný hlavně z důvodu poklesu stravitelnosti mědi (KING a COUSINS, 2006).

## 2.4 Stopové prvky

Stopové prvky jsou nezbytné a musí být dodávány v krmivu. Nedostatečné zásobení se podílí na multifaktoriálních poruchách ovlivňujících úroveň užitkovosti. Klinické nálezy spojené s problémy s plodností, s paznehty či mastitidou jsou jen nepatrnou částí problému (WINDISCH, 2003). SCHULZ (2006) dále pak uvádí, že nedostatek stopových prvků nebývá často rozpoznán.

Mikroelementy jsou prvky vyskytující se v organismu ve velmi malém množství. Mnohé z nich jsou pro zvířata nepostradatelné (Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Mo, I, Se, Cr aj.). Jejich nedostatek v půdě se projeví nedostatkem v krmivu. Karence však může vzniknout i při normálním obsahu v krmivech, ale nevhodném poměru k jiným stopovým prvkům nebo mikroelementům. Organické látky (aminokyseliny, speciálně metionin, cystein, EDTA), které vážou polyvalentní kationty, vytvářejí cheláty. Některé cheláty jsou nedostupné pro zvíře (např. fytáty), jiné chrání minerální látku před tvorbou nerozpustných komplexů ve střevě a jsou velmi dobře vstřebávány. Cheláty mají většinou vyšší účinnost, ale mnohonásobnou cenu a při prodeji jsou snadno falšovatelné – těžko se analyticky stanoví, zda je prvek v organické nebo anorganické formě (ZEMAN *et al.*, 2006).

Skot potřebuje měď, zinek, mangan, jód, kobalt a selen. Z dalších povolených doplňkových látek coby stopových prvků ještě železo a molybden. Oba tyto prvky se vyskytují u přežvýkavců spíše ve vysokých obsazích, s nimiž jsou spojené negativní antagonistické vztahy (RAAB, 2007).

### 2.4.1 Zinek

Zinek má z pohledu buňky strukturální, katalytickou a regulační funkci a hraje důležitou roli v růstu a vývoji, odpovědi organismu na různé antigeny, má neurologickou funkci a důležitý vliv na reprodukci (COUSINS, 2006). Zinek je základní stopový prvek pro všechny formy života, nalezený v téměř 100 specifických enzymy. Vedle železa je zinek nejběžnější stopový prvek v těle a nachází se v každé buňce (PRASAD, 1998). Je obsažen v téměř 100 specifických enzymech (NRC, 2000), slouží jako strukturální iont, který je uložen a přenášen v metallothioneinu (COTTON *et al.*, 1999). Zinek je druhý nejhojnější tranzitní kov v organismech - po železu, a je jediným kovem, který objevuje ve všech enzymatických třídách (BROADLEY *et al.*, 2007). BRANDT (2009) říká, že zinkové ionty jsou často koordinovány k aminokyselinovým postranním řetězcům, např. kyseliny asparagové, kyseliny glutamové, cysteinu a histidinu, a tvoří tak proteiny. Teoretický a výpočtový popis vazby zinku a proteinu je obtížný. Bílkoviny obsahující zinek jsou přítomny ve více než 160 enzymech (ZEMAN *et al.*, 2006). Zinek má značný vliv na strukturu proteinů (např. antioxidační enzym) a také na složení buněčných membrán (KING a COUSINS, 2006, O'DELL, 2000). Ztrátou zinku z buněčné membrány dojde ke zvýšení citlivosti k jejich oxidaci a tím se zmenšuje jejich funkčnost (O'DELL, 2000). Byly nalezeny proteiny obsahující zinek, které mají vliv na regulaci exprese genu a byly označeny jako faktory

přepisu DNA a podílejí se na funkci specifických genů. Zinek má vliv i na přenos signálů v buňce, byl prokázán vliv na produkci hormonu podněcující nervové přenosy spojené s chutí a vůní (PRASAD *et al.*, 1997). Zinek se podílí i na apoptóze (naprogramované buněčné smrti – hojení zranění např. odstranění kožních krust) (TRUONG-TRAN *et al.*, 2000).

Zinek se účastní metabolismu sacharidů, je aktivátorem inzulínu. Nedostatek zinku se projevuje parakeratózami, častými zejména u prasat. Potřeba zinku se zvyšuje při nadbytku mědi a vápníku. Zinek se doplňuje síranem, uhličitanem, octanem i mléčnanem zinečnatým aj. Maximální dávka zinku je 250 mg/kg, u oxidu zinečnatého do 600 mg/kg, z chelátovaných sloučenin jen 80 mg Zn/kg. V souvislosti se zákazem krmných antibiotik se ve směsích pro selata v zvýšené míře využívají antibakteriální účinky zinku. Jde především o použití vyšších koncentrací oxidu zinečnatého k tlumení průjmů. Nadměrné vylučování zinku ve výkalech však může vést k zátěži životního prostředí. V zemích EU byla proto koncentrace Zn v krmných směsích legislativně omezena na úroveň 250 mg/kg (ZEMAN *et al.*, 2006).

Zinek je součástí mnoha metaloenzymů, kterými je například Cu-Zn superoxid dismutáza, karboanhydrázy, alkohol dehydrogenázy, karboxypeptidázy, alkalické fosfatázy a RNA-polymerázy, které mají vliv na metabolismus sacharidů, proteinů, lipidů a nukleových kyselin. Zinek reguluje kalmodulin, proteinkinasu C, hormony štítné žlázy a syntézu inositol fosfátu. Deficit zinku ovlivňuje tvorbu prostagamnglinu a tím může ovlivňovat jeho luteální funkci (GRAHAM, 1991).

Kost je významným homeostatickým orgánem metabolismu minerálních látek, a to nejen vápníku a fosforu, ale také hořčíku, sodíku a zinku. Kost je tvořena bílkovinnou matrix a v ní uložených minerálů – vápníku a fosforu ve formě hydroxyapatitu, ale i dalších formách jako karbonát a citrát. Dále obsahuje sodík, hořčík, zinek, železo, fluor, stroncium a stopové množství řady biogenních i rizikových prvků (JELÍNEK *et al.*, 2003).

Využitelnost kyseliny listové je závislá na množství enzymu obsahujícím zinek v organismu (KING a COUSINS, 2006), dále je součástí bílkovinného přenašeče vitamínu A (retinolu) v krvi. Kyselina listová je důležitá pro schopnost přizpůsobení oka snížené světelnosti prostředí (BORON *et al.*, 1988, CHRISTIAN, 1998).

V chovech hospodářských zvířat se také používají profylakticky působící přípravky obsahující komplex chitosanových oligosacharidů s minerálními látkami (Ca, Fe, Zn). Tyto přípravky mají antibakteriální aktivitu a je možné je přidávat do pitné vody (OPLETAL a SIATKA, 2010).

Příjem zinku v potravě se přímo odráží na jeho hladině v krvi, protože jsou na zinek bohaté erytrocyty, což ovlivňuje jeho vyšší obsah v krvi než v plazmě (JELÍNEK *et al.*, 2003). Optimální příjem zinku má vliv na normální funkce imunitního systému, normální DNA syntézu a buněčné dělení, ochranu buněčných složek před účinky volných radikálů, udržuje optimální strukturu a vlastností kostí, má vliv úroveň produkce, ovlivňuje hladinu testosteronu v krvi, metabolismus mastných kyselin, vitamínu A, sacharidů a proteinů, působí na kvalitu kůže a kožních derivátů apod. Nedostatek zinku během nejintenzivnějšího období



růstu mláďat je běžně pozorovatelný na zpomalení růstu vedoucí až k retardaci jedinců (MacDONALD, 2000). Množství přijatého množství během gravidity má vliv životaschopnost mláďat, nízké hladiny zinku v krmivu mohou vést k dřívějším porodům méně aktivních mláďat s nižší porodní hmotností (CAULFIELD *et al.*, 1998).

Adekvátní příjem zinku je základním předpokladem udržení integrity imunitního systému (BAUM *et al.*, 2000), při jeho nedostatku se stávají jedinci náchylnější na různé druhy infekčních podnětů. Zvyšuje se vnímavost k infekčním průjmům, následně dehydrataci organismu nebo k respiračním onemocněním. Zdrojem snadno vstřebatelného zinku jsou luskoviny nebo pивovarské kvasnice. (SHANKAR a PRASAD, 1998, WAPNIR, 2000).

Nedostatek zinku se projevuje zpomalením růstu a vývoje, zpožděním pohlavního dospívání, poškození pokožky a kožních derivátů, průjmy, poruchami imunitního systému, zhoršením hojení ran a chuťových vjemů, poruchou zraku, poruchami chování. Mírný nedostatek zinku je doprovázen zhoršením fyzického stavu a zvýšením náchylnosti ke stresovým faktorům (infekce apod.) (HAMBIDGE, 2000).

Zinek je kofaktorem nebo složkou v mnoha enzymových systémech týkajících se metabolismu energie, proteinů, tuků a nukleových kyselin. Je obecně rozšířen a ukládán v celém těle. U krav v přechodném období (tj. dva týdny před porodem a období následující bezprostředně po něm) se hlavní úloha zinku může týkat zvyšování vazné kapacity nenasyceného železa a pomoci při snižování zadržovaných fetálních membrán. Doplnění krmných dávek zinkem bylo spojeno se zvýšením vazné kapacity nenasyceného železa a s trendem nízkého výskytu zadržovaných fetálních membrán u multiparních krav. Výzkum provedený v roce 1998 naznačil, že u krav, kterým bylo dodáváno 12 g síranu železnatého na den, byl vysoký obsah železa v krmné dávce příčinným faktorem v retenci fetálních membrán. Absorpce zinku je ovlivněna mnoha faktory. Když je zkrmován ve vysokých koncentracích, tři minerály - měď, vápník a železo snižují absorpci zinku. Směrnice pro dojnice stanovené v roce 2001 státní radou pro výzkum USA (National Research Council - NRC) stanovily absorpční koeficient zinku z krmiv na 15 %. Aby se splnily potřeby absorbovaného zinku pro vysokobřezí krávy (650 kg), měla by krmná dávka obsahovat minimálně 30 ppm zinku na základě sušiny. Výzkum ukázal, že při porodu koncentrace zinku v séru klesají o cca 25 % z hodnot, které měly krávy měsíc před porodem. Ale krávy, kterým je zinek doplňován v krmivu, se vrací na hodnoty, které měly měsíc před porodem, již za 30 dní po porodu. V roce 2002 výzkum ukázal, že průměrná koncentrace zinku v játrech laktujících krav byla 140 ppm se standartní odchylkou 52 ppm na základě sušiny, ukazující že většina všech krav byla v nízkém akceptovatelném rozmezí (VONDRÁŠKOVÁ, 2002).

Zinek má podobně jako ostatní mikroelementy v organismu mnohostrannou funkci. Vyskytuje se ve všech buňkách živých organismů, je součástí řady enzymů, působí jako jejich aktivátor, je důležitý při syntéze proteinů a nukleových kyselin. Je nezbytný pro růst zvířat, pro normální procesy v kůži, při tvorbě kožních útvarů, ovlivňuje metabolismus kostí, reprodukční procesy. Je součástí inzulínu, zasahuje do energetického, proteinového i

minerálního metabolismu. Ovlivňuje kvalitu glukagonu a kortikotropního hormonu (ILLEK *et al.*, 2000). Zinek hraje významnou roli v imunitním systému organismu a má jistou úlohu v procesech bachorové fermentace. Při nízkém obsahu zinku v krmné dávce přežvýkavců je snížena úroveň trávení celulózy (UNDERWOOD a SUTTLE, 1999). Prostřednictvím řady enzymů zasahuje zinek do biochemických reakcí na subcelulární a celulární úrovni. Celkový obsah zinku v organismu savců je asi 10-15x větší než obsah mědi a více než 100x větší než obsah manganu. Nejnížší koncentraci zinku mají nervová a plicní tkáň, nejvyšší koncentraci má cévnatka oka a prostata. Relativně vysoký obsah zinku je v kůži a kožních útvech, v slinivce břišní, játrech, v koře ledvin. Rovněž spermie jsou bohaté na zinek. Obsah zinku ve svalové tkáni je rozdílný podle barvy a funkční aktivity jednotlivých svalů. Světle barevné svaly s nízkou aktivitou obsahují podstatně méně zinku než svaly tmavé s vysokou aktivitou. V jaterních buňkách je zinek přítomen mitochondriích, cytoplasmě, mikrozomech a v buněčném jádru. Část zinku v jaterních buňkách (asi 1/9) je velmi pevně vázána v pravděpodobně na nukleové kyseliny. Velký podíl jaterního zinku je v podobě metaloenzymů. Při jaterních onemocněních koncentrace zinku v játrech klesá. Zinek obsažený v pankreatu je koncentrován především v Langerhansových ostrůvcích a hraje důležitou roli ve funkci beta buněk, které produkují inzulin. V kostech je zinek obsažen především v oblastech aktivní osteogeneze, kde je součástí alkalické fosfatázy a karboanhydrázy. Zinek je aktivně koncentrován v místech hojení u kostních fraktur. Při zvyšujícím se obsahu zinku v krmné dávce se zvyšuje obsah zinku v kostech. Obsah zinku v kůži a kožních derivátech je vysoký (ILLEK *et al.*, 2000). Epidermis obsahuje více zinku než korium (škára). Obsah zinku v srsti je variabilní u jednotlivých zvířat liší se podle jejich stáří i místa odběru vzorku srsti. Apikální a bazální část chlupu má značně rozdílný obsah zinku. Obsah zinku v pigmentované srsti skotu se neliší. Vysoká koncentrace zinku je i v rohovině paznehtů, a to v závislosti na obsahu zinku v dietě (ILLEK, 2010). V krvi je zinek obsažen v krevní plazmě, erytrocytech, leukocytech a trombocytech. Asi 1/3 plazmatického zinku je volně vázaná na albumin, zbytek je pevněji vázán na globulin. Zinek obsažený v erytrocytech je téměř výlučně ve formě karboanhydrázy, jen nepatrná část zinku tvoří součást jiných enzymů obsažených v erytrocytech. Leukocyty obsahují zinek ve formě metaloproteinu. Část zinku v leukocytech je součástí fosfatáz. Všeobecně se uvádí, že 75-88 % celkového zinku v krvi je obsaženo v erytrocytech, 12-22 % v krevní plazmě a 3 % v leukocytech. Obsah zinku v krevním séru je vyšší než v plazmě, a to v průměru asi o 16 %. Tento rozdíl je způsoben uvolněním zinku z rozpadajících se trombocytů při koagulaci krve. Obsah zinku v krvi reaguje na změny zinku v potravě. Zvýšená dotace zinku zvyšuje koncentraci zinku v plné krvi a krevní plazmě (ILLEK, 1987, *ex* ILLEK *et al.*, 2000). Obsah zinku v mléce je poměrně vysoký a pohybuje se u krav a ovcí v rozmezí 3-5 ml/l. Mléko prasnic má vyšší obsah zinku než mléko přežvýkavců. Koncentrace zinku v kolostru dojníc a prasnic je 3-5x vyšší než v mléce. Obsah zinku v mléce je ovlivněn příjmem zinku v potravě. Se zvýšenou dotací zinku se zvyšuje i obsah zinku mléce. Většina zinku v mléce je vázána na kasein, pouze asi 12 % je ve

ultrafiltrabilní formě, zcela nepatrné množství je ve spojení s mléčným tukem. (ILLEK *et al.*, 2000). Zinek je vstřebáván převážně v tenkém střevě, a to zejména v duodenu. Resorpce zinku je ovlivněna řadou faktorů. Hlavním faktorem, který ovlivňuje vstřebávání zinku, je jeho množství v krmné dávce. Při sníženém množství zinku v potravě se procento vstřebávání zvyšuje a při vysokém obsahu v krmivu se snižuje. Absolutní množství vstřebávání zinku je však při nedostatečném obsahu v krmné dávce menší a při enormním překrmování podstatně větší. U zvířat, která projevují příznaky karence, je procento resorpce zinku větší než u zvířat bez syndromu karence. Procento využití je ovlivněno i stářím zvířat. Mladší telata resorbují vyšší procento zinku z krmiva než telata starší a dospělý skot (MILLER, 1970). Využitelnost zinku v krmné dávce negativně ovlivňuje i nadbytek fosforu v krmné dávce. Resorpce zinku je negativně ovlivněna i kadmiem. Kadmium soutěží se zinkem na důležitých vazebných místech v buňkách organismu. Významný antagonistický vztah je i mezi zinkem a mědí a také mezi zinkem a olovem. Nadbytek jednoho prvku omezuje resorpci druhého. Antagonistický vliv kyseliny rytinové je známý a významný především u monogastričních zvířat, zvláště u prasat. U skotu nebyl prokázán významný vliv kyseliny rytinové na resorpci zinku vzhledem k tomu, že podstatná část této kyseliny je v bachoru metabolizována. Primární či sekundární karence zinku byla prokázána u laboratorních zvířat, ptáků, prasata, ovcí, koz, skotu i člověka. Základní projevy karence zinku spočívají ve zhoršení růstu, nechutenství, ve změnách na kůži, sliznicích a kožních útvarech a v poruchách reprodukce. Karence zinku u skotu jsou méně časté než u prasat, ale u telat a mladého skotu jsou aktuální i v našich podmínkách. Mírná karence zinku se projevuje pouze sníženým příjmem krmiva, špatným využitím živin, což u telat způsobuje zpomalení růstu a u žíru menší hmotnostní přírůstky, u dojnic pak nižší dojivost a nepravidelnou říji. Významnější forma onemocnění je vedle výše uvedených změn charakterizována typickými změnami na kůži – tak zvanou parakersatózou. U telat jsou kožní změny lokalizovány na dorzální ploše nosu, v okolí očí, uší, na vnitřních plochách stehen a na karpálních a spěnkových kloubech. U dojnic pak na kůži vemene, v okolí vulvy a na kořeni ohonu. Bývá postižena i sliznice jícnu a předžaludku. Na postižených místech se tvoří a hromadí suché šupiny šedé až světle hnědé barvy, které tvoří strupovité krusty a způsobují zježení srsti a svědění. Olizování a otírání postižených partií způsobuje olysání, zarudnutí, exkoriace, někdy až krvácení. Místy je kůže vrásčitá, edematózní, ztlustělá. Tyto změny na karpálních a spěnkových kloubech způsobují strnulou a váhavou chůzi zvířat. V dutině ústní se vyskytuje eroze a krvácení dásní. U býků je zpomalen růst varlat a hyperkeratózní změny postihují i kůži šourku. Mechanismus retardace růstu telat a mladého skotu při karenci zinku lze spatřovat v nechutenství a snížení příjmu krmiva, nedokonalému využití živin z krmiva, poruchám metabolismu. Bylo prokázáno, že příjem potravy při karenci zinku je podstatně snížen a využitelnost krmiv je nižší (ILLEK *et al.*, 2000). V důsledku karence zinku je narušen imunitní systém zvířat. Zvláště u jehňat, telat a mladého skotu s výskytem karence zinku dochází k častým onemocněním respiračního a trávicího ústrojí (DROKE *et al.*, 1993, ENGLE *et al.*, 1997). U dojnic se při karenci zinku

významně zvyšuje počet somatických buněk v mléce a opakovaně byla prokázána zvýšená predispozice pro vznik mastitid. V chovech s karencí zinku je i častější výskyt onemocnění končetin. V důsledku dlouhodobé karence zinku dochází ke zhoršení kvality rohoviny paznehtů, která se rychleji opotřebovává, na kůži prstu se mnohem častěji objevují zánětlivé procesy, jako je dermatitis digitalis a dermatitis interdigitalis. V celém komplexu vyvolává tato karence zinku ekonomické ztráty (ILLEK *et al.*, 2000).

Téměř 90 % zinku je v mléce krav navázáno na kasein, v mlezivu je to jen 60 % (KINCAID a CRONRATH, 1992). PAVLATA, PECHOVÁ, DVOŘÁK (2004) zaznamenali koncentraci zinku v mlezivu vyšší než ve zralém mléce. Při prvním nádoji zaznamenali Zn  $416,76 \pm 120,07 \mu\text{mol/l}$ . VAILLANCOURT a ALLEN (1991) 12 hodin po porodu naměřili koncentraci zinku  $257 \pm 14 \mu\text{mol/l}$ , která dalších 12 následujících hodin klesla na hodnotu  $141,0 \pm 8 \mu\text{mol/l}$  a třetí den po porodu bylo naměřeno  $82 \pm 5 \mu\text{mol/l}$  zinku. Tento pokles si vysvětlují autoři jako reflexi na klesající hladinu glukokortikoidů v čase uplynulém od porodu, který má za následek přesunutí zinku z krve do mléčné žlázy. Klesající tendence hladiny zinku v krvi je znatelná i v našem případě, kdy plemence s anorganickou formou zinku v krmné dávce měly v den porodu  $14,55 \pm 2,526 \mu\text{mol/l}$  a sedmý den po otelení  $10,08 \pm 2,347 \mu\text{mol/l}$  a plemence s organickou formou zinku měly v den porodu průměrnou hladinu zinku v krvi  $13,98 \pm 1,798 \mu\text{mol/l}$  a sedmý den po otelení  $12,93 \pm 1,362 \mu\text{mol/l}$ . S postupem laktace došlo k nárůstu zinku v krvi.

PECHOVÁ, PAVLATA, LECHOVÁ (2006) u kontrolní skupiny 20 dojnic plemene českého strakatého skotu zaznamenaly měnící se hladiny zinku v mléce v rozmezí  $38,002 - 86,113 \mu\text{mol/l}$ ; u 20 pokusných dojnic, kterým bylo množství  $2,2 \text{ mg Zn/ks/den}$  uhrazeno ve formě methionovém chalátu, byly sledovány hladiny zinku  $57,336 \pm 10,554 \mu\text{mol/l}$ ; střední koncentrace  $57,443 \mu\text{mol/l}$  a nejčastěji byla naměřena hodnota  $61,2 \mu\text{mol/l}$ .

HAHN a BAKER (1993) ve svých třech studiích zkoušel vliv různých hladin a forem zinku na růst prasat a na hladinu zinku v krvi 150 osmi kilogramových prasat. V první studii byl prasatům podán ZnO v dávce 0, 250, 500, 1000, 3000 a 5000 mg/kg;  $\text{ZnSO}_4$  v dávce 1500 nebo 2500 mg Zn/kg a komplex zinek-lysin (Zn-Lys) v dávce 1500 a 2500 mg Zn/kg. Vývojový trend zinku v plazmě prasat byl u skupiny s  $\text{ZnSO}_4$  a Zn-Lys lineární s podobnými hodnotami, zatímco s přidavkem ZnO se lámal – koncentrace zinku se nezvyšovala až při dávce 1000 mg Zn/kg, pak došlo k lineárnímu nárůstu ( $P < 0,01$ ). V druhé své studii zkrmoval prasatům 3000 a 5000 mg Zn/kg ve formě ZnO a 3000 a 5000 mg Zn/kg ve formě  $\text{ZnSO}_4$ . Hladina zinku při zkrmování  $\text{ZnSO}_4$  v plazmě prasat byla téměř dvojnásobná než u ZnO. Při dávce 3000 mg Zn/kg a 5000 mg Zn/kg ze zdroje ZnO byla hladina zinku v plazmě 1,30 mg/l a 1,99 mg/l; z formy  $\text{ZnSO}_4$  2,78 mg/l a 3,27 mg/l. A ve třetí studii sledoval vliv přidavku 3000 mg Zn/kg ve formě ZnO,  $\text{ZnSO}_4$ , Zn-Met. Hladina zinku v krvi byla v případě zdroje zinku v oxidové formě 2,20 mg/l; u síranové formy 4,01 mg/l a u formy organické 4,82 mg/l ( $P < 0,05$ ).

Také WEDEKIND *et al.* (1994) sledovali vliv zkrmované formy zinku na prasnice a na alokaci zinku v krvi a v kostech. U šesti skupin odstavených vepřů po 20 kusech ve skupině a šesti skupin odstavených prasniček opět po 20 kusech ve skupině sledovali zinek poskytnutý v krmivu sledovaných prasat ve formě ZnO, ZnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O, Zn-Met a Zn-Lys. Nejvíce zinku v analyzovaném obrátlu bylo u skupiny s ZnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O, pak Zn-Met, poté ZnO a nejméně s formou Zn-Lys. Nejvyšší hladinu zinku v krvi měla varianta s ZnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O, poté Zn-Met, ZnO a ze sledování byla nejnižší hladina zinku u skupiny s Zn-Lys. S délkou podávání krmných dávek se u všech skupin zvyšovala jak hladina zinku v krvi tak v kostech.

#### 2.4.2 Měď

Měď je reprezentovaná ve všech rostlinách a zvířatech. Měď je distribuovaná široce v těle a vyskytuje se v játrech, svalu a kosti. Měď je přepravovaná v krevním řečišti na proteinu plazmy nazvané ceruloplasminy. Když je měď absorbována střevem, tak je následně transportována do jater a tam je vázána na bílkovinu (ANONYM, 1980). Měď je nenahraditelným krve tvorným prvkem, napomáhá mobilizaci železa a jeho vazbě do hemu. Je součástí některých metaloenzymů, ovlivňuje činnost jiných enzymů, účastní se tkáňového dýchání a působí na některé žlázy s vnitřní sekrecí. Snížená pružnost cév u zvířat nedostatečně zásobených mědí vede k rupturám aorty. Nadbytek molybdenu potřebu mědi zvyšuje. Měď lze přidávat v krystalickém síranu měďnatém, methionátu měďnatém aj. Přidávky vysokých dávek krystalického síranu měďnatého do krmné směsi ovlivňují složení mikrobiální populace trávicího traktu. Dříve se používaly ve značné míře při výkrmu prasat, kde podstatně zvyšovaly přírůstky a zlepšovaly konverzi krmiva. Koncentrace Cu v játrech takto vykrmených prasat se mnohonásobně zvyšuje, nebývá však ani potom vyšší než v játrech přežvýkavců. Dnes je obsah mědi ve směsích pro prasata omezen. Vysoký obsah mědi v krmivu je spojen s vysokým obsahem Cu ve výkalech, a tím se zvyšuje zátěž životního prostředí. V mléčných krmných směsích pro telata je nejvyšší přípustná dávka 30 mg/kg a u ostatních zvířat 35 mg/kg. Podává-li se měď ve sloučenině s aminokyselinami (Cu(x)1-3 nH<sub>2</sub>O, kde x je aniont jakékoliv aminokyseliny z hydrolyzované sóji), je nejvyšší přípustná dávka 20 mg/kg (ZEMAN *et al.* 2006). Věř se, že zinek a měď soutěží o absorpci do zažívacího ústrojí tak, že dieta, která je nadměrná v jednom z těchto minerálů, má za následek nedostatek v dalších elementech. Kvůli její roli v usnadňování absorpce železa může nedostatek mědi mít za následek často chudokrevnost a podobné symptomy (JELÍNEK *et al.*, 2003).

Měď je obsažena ve všech tkáních organismu. Tvoří přibližně 0,002 až 0,0025 % hmotnosti těla zvířat. Nejvyšší koncentrace mědi je v játrech, ledvinách, slezině, srdci a mozku. Nejnižší koncentrace mědi má hypofýza, štítná žláza a prostata. Ve svalové tkáni je koncentrace na střední úrovni a je poměrně stabilní. Funkce tohoto biogenního prvku je v organismu mnohostranná. Měď je nezbytná pro tvorbu pigment, elastinu, kolagenu, ovlivňuje metabolismus kostí, reprodukční funkce, krev tvorbu, keratinizaci chlupů i činnost nervové

soustavy. Je součástí a aktivátorem mnoha enzymů a metaloproteinů. Důležitými metaloenzymy jsou monoaminoxidáza, diaminoxidáza, superoxidismutáza, tyrozináza, cytochromoxidáza, laktáza, dehydrogenáza a další. Prostřednictvím uvedených enzymů měď zasahuje do řady biochemických reakcí na celulární a subcelulární úrovni, a ovlivňuje tak metabolismus. Důležitými metaloproteiny obsahující měď je ceruloplasmin, erytrokuperin a cerebrokeuperin. V krvi je měď rovnoměrně rozdělena mezi plazmu a erytrocyty. V erytrocytech je vázána na specifickou bílkovinu erytrokuperin a hemokuperin. V krevní plazmě je z 80 % měď obsažena v ceruloplasminu a zbytek je vázán na albumin. Jisté množství mědi obsahují i leukocyty a trombocyty. Koncentrace mědi v krevní plazmě skotu činí 12 až 16  $\mu\text{mol/l}$ . Resorpce mědi probíhá v tenkém střevě aktivním způsobem (JELÍNEK *et al.*, 2003).

### 2.4.3 Železo

Tento mikroprvek je součástí bíloviných přenašečů kyslíku hemoglobin, myoglobinu a cytochromů i řady enzymů (katalázy, peroxidázy). Deficience je nejčastější u selat. Při nedostatku lze přidávat do krmiva krystalický síran železnatý, fumaran železnatý, chelát železa a aminokyselin aj. V EU se vyžaduje, aby mléčné krmné směsi o sušině 88 % obsahovaly 30 mg Fe/kg, čímž by měl být zajištěn dostatek železa pro zdraví a dobrý růst telat (ZEMAN *et al.*, 2006).

#### 2.4.3.1 Krevní elementy

7 – 10 % hmotnosti těla zvířat tvoří krev. Např. u březích krav se objem krve zvyšuje z 61 mg na 81 ml/kg ž. hm. zvířete. Na vytvoření 1 l mléka je třeba, aby vemenem dojnice protéklo min. 500 litrů krve, které mléku předá živiny (JELÍNEK *et al.*, 2003).

Krev je složena z několika typů krvinek (leukocyty, erytrocyty a trombocyty - asi 45 % celé krve), zbytek tvoří krevní plazma – nažloutlá tekutina, která je kapalným médiem krve. Krevní plazma je v podstatě vodní roztok obsahující 90 % vody, 7 % plazmatických proteinů; 0,9 % anorganických solí a zbytek tvoří rozptýlené látky. V plazmě lze sledovat i obsah minerálních látek, na jejichž objem v krvi má vliv jejich množství přijaté z krmné dávky (např. zinek, selen nebo mangan).

**Bílé krvinky neboli leukocyty** (3 %) jsou částí imunitního systému a eliminují původce infekcí. Zvýšené množství leukocytů může poukazovat mimo jiné na právě probíhající zánětlivý proces v těle, vakcinaci nebo na právě proběhnutý porod (JANEWAY *et al.*, 2001). Podle velikosti, tvaru buněčného jádra, přítomnosti granul v cytoplazmě a jejich barvy rozlišujeme 5 základních typů bílých krvinek (KAJEROVÁ, RYBÁŘ, SKŘIVAN, 2006). **Červené krvinky neboli erytrocyty** (96 %) obsahují hemoglobin a distribují kyslík. Jejich životnost se pohybuje kolem 120 dní. **Krevní destičky neboli trombocyty** (1 %) jsou odpovědné za srážení krve. Počet trombocytů se zvyšuje během březosti, při tělesné námaze a pod vlivem adrenalinu (JELÍNEK *et al.*, 2003).

Do základního vyšetření krevního obrazu patří právě stanovení krvinek a dále hematokritu a množství hemoglobinu. **Hematokrit** se zjišťuje z nesrážlivé krve. Při odstředování dochází k usazování červených krvinek, leukocytů a krevních destiček. Nad nimi zůstane vrstva plazmy. Protože červených krvinek je nejvíce (krevních destiček a leukocytů je zanedbatelné množství), hodnota hematokritu závisí na poměru červených krvinek a krevní plazmy. Zvýšený hematokrit nastává například při dehydrataci nebo u novorozenců jedinců (UTHMAN, 1997, DOUBEK *et al.*, 2007).

**Hemoglobin** je červený transportní metaloprotein erytrocytů, jehož molekula je složena z hemu (navázané dvojmocné železo) a z bílkovinné (globinové) složky. Jeho hlavní funkcí je transport kyslíku z plic do tkání a opačným směrem odstraňování oxidu uhličitého z tkání do plic (MURRAY *et al.*, 2002) Podílí se také na udržování acidobazické rovnováhy a při poklesu pH a vzestupu teploty dochází ke snazšímu uvolňování kyslíku z hemoglobinu. Zvýšená hladina hemoglobinu v krvi může být zapříčiněna erytrocytózou, snížená naopak erytrocytopenií (onemocnění způsobené anémií či uremií (DOUBEK *et al.*, 2007).

**Bilirubin** je pigment vznikající hlavně rozpadem hemoglobinu. Pokud dojde tedy ke zvýšení hladiny bilirubinu v krvi, může to znamenat, že zvíře právě prodělává akutní hemolýzu, jaterní insuficienci, hladoví nebo dojnice právě prodělává ketózu organismu (DOUBEK *et al.*, 2007).

Ne vždy zvýšené hladiny sledovaných parametrů jsou znakem kvalitnějšího či zdravějšího zvířete. Je na uvážení zdravého „selského“ rozumu, co je a co naopak není žádoucí a na základě těchto poznatků vyvodit závěry, které povedou ke zlepšení nejen zdravotního stavu, ale i celkového welfare zvířete.

#### 2.4.3.2 Laktoferin

Laktoferin je bílkovina, která má ve své struktuře zabudované molekuly železa. Patří mezi nejdůležitější antibakteriální, fungicidní a antivirové částice v těle. Je to bílkovina zabraňující množení bakterií. Téměř všechny bakterie potřebují ke svému množení železo. Laktoferin působí antibakteriálně díky tomu, že jim železo odebírá. Toto železo navíc laktoferin odevzdává červeným krvinkám. Umí poškozovat buněčné membrány bakterií, čímž zapříčiní jejich zánik. Dále může úplně zablokovat uhlovodíkový metabolismus bakterií, což opět vede k jejich zahubení. Nachází se především v mlezivu a mléce (REITER a ORAM, 1967). Výskyt laktoferinu byl však prokázán i ve slinách, slzách, nosním a bronchiálním hlenem, žaludeční a střevní tekutině, žluči a moči. Také slezina a kostní dřeň obsahuje velké množství tohoto proteinu. Množství laktoferinu v mléce je rozdílné pro různé druhy, více ho obsahuje lidské, prasečí či myší mléko, méně pak kravské a mléko jiných přežvýkavců (TENG, 2002).

PIERCE *et al.* (1991) ve své práci sledovali složení molekuly laktoferinu v kravském mléce z pohledu zastoupení jednotlivých aminokyselin a výsledky porovnávali se složením molekuly lidského laktoferinu (Tab. 1).

Tab. 1 Zastoupení aminokyselin v molekule kravského a lidského laktoferinu (PIERCE *et al.*, 1991)

	Kravský laktoferin	Lidský laktoferin
Alanin	67	63
Prolin	30	35
Arginin	39	43
Lyzin	54	46
Asparagin	29	33
Valin	47	48
Tryptofan	13	10
Cystein	34	32
Treonin	36	31
Izoleucin	15	16
Serin	45	50
Glutamin	29	27
Kyselina glutamová	40	42
Fenylalanin	27	30
Methionin	4	5
Leucin	65	58
Glycin	48	54
Tyrozín	22	21
Kyselina asparagová	36	38
Histidin	9	9
Celkem	689	691

WODJAK-MAKSYMIEC *et al.* (2006) potvrdili, že gen pro laktoferin může sloužit jako genetický marker koncentrace somatických buněk v mléce a také tedy jako ukazatel odolnosti nebo náchylnosti dojnic k mastitidám a jiným onemocněním mléčné žlázy. Je hlavním proteinem v sekundárních granulích neutrofilů (TENG, 2002).

Laktoferin, nazývaný někdy také laktotransferin nebo transferin se skládá z části aminokyselinové a z části cukerné, dohromady tedy jde o glykoprotein. Laktoferin vytváří prostorovou strukturu, která se popisuje jako brýlovitá, a v každé ze dvou kulovitých částí své prostorové struktury váže transferin molekulu železa (SUCHÁNEK, 2011). Poprvé byl objeven v roce 1939 v kravském mléce a byl pojmenován právě podle schopnosti vázat železo (z latinského slova ferrum - železo a lac - mléko) a pro jeho přítomnost v mléce (ADAM a KÍZEK, 2007).



Laktoferin má různé biologické funkce - hraje důležitou roli v metabolismu železa, buněčném dělení a množení, a také projevuje antibakteriální, antivirovou a antiparazitární aktivitu. Na základě těchto vlastností mu např. ADLEROVÁ, BARTOŠKOVÁ, FALDYNA (2008), BELLAMY *et al.* (1992) nebo LASH *et al.* (1983) přisuzují funkci při preimunitní obranyschopnosti. Laktoferin také hraje důležitou roli v obranných mechanismech mléčné žlázy u zvířat. Bakteriím potřebujícím železo pro růst může laktoferin zabránit tím, že neposkytne železo k jejich růstu, naopak jim ho odebírá, nebo dokonce tato chelatční vazba může určité kmeny bakterií přímo zničit (CHENG, 2007).

Mastitida je jednou z nejčastějších onemocnění, které mají významný ekonomický vliv na dojnice. Ve většině případů je způsobena výskytem především infekčních patogenů, a to zejména *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus uberis* a *Escherichia coli* (CHANETON *et al.*, 2008). Rozdíly ve výskytu těchto onemocnění jsou velké. Mléčná plemena z východní Francie (např. Montbéliard) a ve střední Evropě (např. Simmental, Brown Swiss), mají nižší počet somatických buněk v mléce a výskyt klinické mastitidy je u nich nižší než u vysokoprodukčního holštýnského skotu. Existují také rozdíly v chovech, které jsou převážně způsobeny stavem chovu (welfare). Přímý výběr zvířat odolných k mastitidám je obtížný, protože ve většině případů mastitidy nejsou zaznamenávány a predikce náchylnosti k tomuto onemocnění je velmi nízká (RUPP a BIOCHARD, 2008). Mastitida je jedním z hlavních důvodů snižování kvality dojnic. Vedle senzorické vlastnosti mléka jsou také narušeny fyzikální, biologické nebo nutriční vlastnosti a též složení mléka. Zdraví konzumentů mléka je ohroženo přítomností patogenů v mléce, či toxiny, které mohou produkovat, nebo výskytem reziduí antibiotik použitých k léčbě mastitid (ŠRUBAŘOVÁ a DVOŘÁK, 2009).

Mnohé vědecké týmy uvedly (APPELMELK *et al.*, 1994, COHEN *et al.*, 1992, DAVID *et al.*, 1993, NONNECKE a SMITH, 1984, RAINARD, 1986a, 1986b, 1987, RICHARD *et al.*, 1988, SMITH a SCHANBACHER, 1977) na základě silného vztahu mezi koncentrací laktoferinu a výskytem mastitid, že kravské mléko a jeho konzumace má významný vliv na obranyschopnost konzumenta před atakem *Escherichia coli*. Na druhou stranu se NONNECKE a SMITH (1984) a RAINARD (1986b) ve svých pracích zmínili o tom, že laktoferin má jen malé antibakteriální účinky na *Staphylococcus aureus* a *Streptococcus agalactiae*.

HARMON *et al.* (1975) uvádí, že koncentrace laktoferinu v mléce je v korelaci s krevními buňkami, fází laktace a množstvím mléka. Ale normální koncentrace laktoferinu u krav, a to zejména v období laktace, nebyla dosud jednoznačně stanovena. Za normální koncentraci laktoferinu v mléce během laktace se dříve považovalo 250-404 µg/ml (SUZUKI *et al.*, 1977, ex EL-LOLY a MAHFOUZ, 2011, HARMON *et al.* 1976, , WELTY *et al.*, 1976). Avšak KANYSHKOVA (2001) pozorovala, že množství laktoferinu výrazně vzrostlo během zánětu a při virovém onemocnění, a CHENG (2007), že koncentrace laktoferinu v mléce je ovlivněna fází laktace a počtem somatických buněk. Jejich teorie potvrdili

O'HALLORAN *et al.* (2009), kteří uvedli, že množství laktoferinu v kravském mléce se může výrazně zvýšit výskytem mastitidy, nebo u suchostojných krav.

#### **2.4.3.3 Antagonistické vztahy stopových prvků**

Využitelnost stopových prvků je mimo jiné závislá na nejrůznějších komponentech krmné dávky. Makroelementy, jako je síra, ale také stopové prvky, mohou vzájemnou využitelnost výrazně minimalizovat. Přes dostatečné zásobení prvky v krmivu není vyloučeno v těchto případech sekundární nedostatečné zásobení. Těmito takzvanými antagonisty mohou být například železo, zinek nebo síra (RAAB, 2007). Již příjem zvýšeného množství zinku po dobu několika týdnů může snížit schopnost vstřebávání mědi (KING a COUSINS, 2006), příjem železa převyšující potřeby organismu naopak může snížit vstřebatelnost zinku (SANDSTROM, 2001), což je důležitý fakt hlavně v období gravidity a pozdější laktace (O'BRIEN *et al.*, 2000, FUNG *et al.*, 1997). Na nižší hladinu zinku v organismu mají vliv také vysoké hladiny přijímaného vápníku v dietě (WOOD a ZHENG, 1997, McKENNA *et al.*, 1997).

U mědi jsou možná antagonistická působení již v bacheru díky tvorbě těžce rozpustného síranu měďnatého. Molybden může tyto efekty ještě posílit (WINDISCH, 2003).

Sloučeniny mědi a zinku mají antimikrobiální účinky. Představují tak levnou a účinnou alternativu ke krmným antibiotikům, nezanechávají však závadná rezidua ve tkáních a nepodporují vznik rezistence na antibiotika u bakterií. Lze je tedy zařadit do skupiny neantibiotických stimulatorů růstu s antimikrobiálním účinkem – spolu se sloučeninami manganu, nanočásticemi stříbra či oxidu zinečnatého. Nejčastěji takto používanými sloučeninami mědi jsou síran měďnatý, zásaditý uhličitán měďnatý, chlorid měďnatý a chelátové sloučeniny mědi s aminokyselinami. Protože měď se řadí k těžkým kovům, je její použití v zemích EU omezeno, přestože při intenzivní rostlinné výrobě obsah Cu v půdě a následně v rostlinných produktech (krmivu) klesá (SKŘIVANOVÁ a MAROUNEK, 2010).

Velká část krmiv se zakládá na zkrmování různých rostlinných semen nebo na její upravené formě. Hlavní formou fosforu v semenech je kyselina fytová, představuje 50-85 % fosforu v semenech obilovin, olejnin a luštěnin. Kyselina fytová coby silná 12 sytná kyselina má velkou sorpční schopnost vázat různé kationty. Její afinita ke kationtům klesá v tomto pořadí  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  a  $\text{Ca}^{2+}$ . Pevná vazba kationtů kovů s kyselinou fytovou ztěžuje jejich vstřebávání a díky této vlastnosti je zařazována do skupiny látek, které jsou označovány za antinutriční (MAROUNEK, 2010).

V místech s vysokou intenzitou živočišné výroby (chovy prasat a drůbeže) je kyselina fytová neboli fytát hlavní příčinou znečištění povrchových vod fosfáty. U zvířat s jednoduchým žaludkem není většina kyseliny fytové strávena, s výkaly odchází do kejdy a teprve tam podléhá mikrobiálnímu rozkladu za uvolnění fosfátů. Z toho důvodu se do krmiva prasat a drůbeže často přidává fytasa (VOHRA a SATYANARAYANA, 2003).

V rozvojových zemích je běžný nedostatek zinku a železa způsobený potravou chudou na tyto prvky a bohatou na kyselinu fytovou. Vápník ve vyšších koncentracích vazbu zinku

kyselinou fytoovou podporuje tím, že dochází ke koprecipitaci i malého množství Zn. Samotná kyselina fytoová, stejně jako kyselina šťavelová, je příčinou malé stravitelnosti vápníku, hořčíku, zinku i železa obsaženého v rostlinách. Ke snížení rizik nežádoucího navázání minerálních látek kyselinou fytoovou může dojít, pokud dojde k defosforylaci, byť jen částečné, nebo přidáním stasy. Podobný efekt mají i polysacharidy, které podporují růst mikroorganismů v zadních oddílech trávicího traktu (MAROUNEK, 2010). Železo je také známé, že napomáhá tvorbě těžce rozpustných sloučenin síranu mědnatého. Navíc železo ještě může potlačovat absorpci mědi také v tenkém střevě (WINDISCH, 2003).

Vliv na příjem zinku nemá pouze měď. Také nadbytek fosforu kromě narušení přeměny vitamínu D na kalciferol omezuje resorpci vápníku, zinku, mědi a železa. Vysoká koncentrace železa v krmné dávce negativně ovlivňuje resorpci mědi, zinku a manganu (JELÍNEK *et al.*, 2003).

YOKUS a CAKIR (2006) ve svých sledováních vlivu sezónnosti podmínek na změny koncentrace chemických a minerálních ukazatelů krevního séra zjistili, že hladina zinku, železa, chloru, sodíku a vápníku není ovlivněna sezónními vlivy, zatím co hladiny mědi, hořčíku a draslíku jim podléhají.

### 3 UKAZATELÉ ZDRAVÍ

Vysoké nároky kladené na produkci hospodářských zvířat mohou být uspokojeny pouze za předpokladu zachování plného zdraví zvířete. Zdraví je dáno výslednicí jednotlivých interakcí mezi organismem a jeho životním prostředím. K největšímu metabolickému zatížení dojnic dochází při maximální, geneticky dané produkci mléka a nedostatečné kapacitě příjmu živin, resp. jejich využití. V závislosti na úrovni jejich homeostatického mechanismu mohou dojnice do určité míry tuto stresovou situaci kompenzovat (MATOUŠKOVÁ, 2001).

Metabolické poruchy v organismu obvykle začínají subklinickou formou, která přetrvává určitý čas. Mezi počínající příznaky patří snížení produkce mléka a jeho kvality, poruchy reprodukce, zvýšení citlivosti na různé stresory (VRZGULA *et al.*, 1990). Již tyto příznaky se podílejí určitou měrou na nízkých ekonomických výsledcích chovu krav. Ekonomický význam plodnosti krav nespočívá pouze v hodnotě narozeného telete, ale i v hormonální stimulaci následné laktace. KVAPILÍK (1995) udává, že se zhoršováním ukazatelů plodnosti nad optimální hranici se prodlužuje délka laktace. Při prodloužení mezidobí o 1 den nad 365 dní se prodlouží délka laktace o 0,7 dne a délka neprodukční části laktace o 0,3 dne. Z ekonomického hlediska je třeba brát v úvahu, že prodloužení servis periody (SP) nad 80 dní o 20 dní představují ztrátu produkce 0,3 až 0,4 telete za osmileté využívání dojnice a 4% snížení roční užitkovosti (ŘÍHA, 2000). Optimální délka mezidobí by měla být 365 dní, inseminační interval 60 dní a servis perioda 90 dní (ŘÍHA, 1996).

### 3.1 Metabolické testy

Diagnostika produkčních a především metabolických poruch je velmi obtížná a náročná. Vyžaduje komplexní přístup a využívání nejnovějších poznatků vědy a moderní laboratorní techniky. Snaha o vytvoření ucelených diagnostických systémů zaměřených na kontrolu zdraví, produkce či reprodukce se datuje už od 70. let 20. století. Jmenovitě PAYNE *et al.* (1970) v Anglii vypracovali a postupně zdokonalili systém COMPT (Compton metabolit profite test), ve světě bylo vypracováno mnoho dalších systémů a mezi prvními pracovišti zabývajícími se touto problematikou byla i Katedra diagnostiky, terapie a prevence Vysoké školy veterinární v Brně, kde byl vypracován systém preventivní diagnostiky v 80. letech. Tento systém byl založen na celkové analýze stáda a na laboratorním vyšetření krve, moči, bachorové tekutiny u jednotlivých skupin zvířat vybraných podle fáze reprodukce a laktace. Tento systém je neustále rozvíjen a zdokonalován řadou pracovišť zabývajících se problematikou zdravotního stavu a užitkovosti skotu. Rovněž je přizpůsobován praxi v nových podmínkách zemědělského podnikání (HRDINA, 2008).

Kontrola metabolismu je prováděna v současné době na žádost zemědělského podniku nebo v rámci různých vědeckých grantů. Nejčastěji je vyšetření metabolismu dojníc žádáno při poklesu užitkovosti, při změnách ve složení mléka, při zhoršení reprodukčních funkcí ve stádě a dále při zvýšeném výskytu zdravotních poruch (uléhání po porodu či v laktaci, endometritidy, mastitidy, problémy s končetinami). Jednou s indikací pro realizaci metabolického testu je také zhodnocení účinnosti krmné dávky a eliminace případných negativních vlivů na zdravotní stav dojníc ve stádě. Metabolický test se provádí nejprve na základě analýzy stáda (hodnocení užitkovosti chovu, reprodukce, organizace chovu, výživy, kondice apod.), poté se vyberou zvířata a udělá odběr biologického materiálu, ze kterého je provedeno klinicko-biologické vyšetření a z výsledku jsou vyvozeny závěry. Vlastní vyhodnocení výsledků vyšetření metabolismu je velmi náročné, vyžaduje znalost referenčních hodnot a správnou interpretaci výsledků analýz. Pro vyšetření metabolismu dojníc se odebírají vzorky krve, moči a bachorové tekutiny podle potřeby je možné odebírat také mlezivo, mléko a biopáty kostní či jaterní tkáň. Odběru vzorků a následné manipulaci s nimi je třeba věnovat velkou pozornost, neboť řadu vyšetření je možno špatnou manipulací negativně ovlivnit, případně i znehodnotit. Podle cíle lze metabolické testy rozdělit na dvě základní skupiny, a to preventivní metabolický test, prováděný pro kontrolu výživy, a diagnostický metabolický test, který je vyžadován hlavně při výskytu poruch produkce, reprodukce nebo zdravotních problémů (HRDINA, 2008).

Mezi hlavní parametry metabolických testů patří u energetického metabolismu sacharidů a lipidů glukóza a trygliceroly. **Glukóza** představuje transportní formu sacharidů a je prekurzorem fruktózy a laktózy. Tvoří se v játrech z kyseliny propionové a také z kyseliny mléčné, glykogenu či glycerolu. Koncentrace glukózy v krvi je ukazatelem schopnosti krav dosáhnout rovnováhy mezi úrovní produkce a příjmem energie nebo tukové mobilizace. Její koncentrace v krvi je poměrně stálá a označuje se jako glykémie, fyziologické rozmezí se

nachází mezi 3,0 – 4,0 mmol/l. Ke snížení koncentrace dochází při nedostatku pohotové energie nebo při nedostatečné tvorbě kyseliny propionové v bachoru, při ketózách nebo těžkém narušení funkčnosti jater. Zvýšení hladiny glukózy může být zapříčiněno nadměrným působením stresu nebo aplikací některých léčiv. K tomuto jevu dochází však poměrně vzácně (PECHOVÁ *et al.*, 2004, *ex* HRDINA, 2008). **Triacylglyceroly** jsou metabolity lipidů, estery mastných kyselin a trojsytného alkoholu glycerolu. Snížená hladina triacylglycerolů je zapříčiněna například dlouhodobým deficitem energie v krmné dávce nebo třeba steatózou jater. Zvýšená hladina poukazuje na lipomobilizační syndrom či akutní pankreatitidy (DOUBEK *et al.*, 2007).

Metabolismus dusíkatých látek lze sledovat skrze metabolismus aminokyselin, detoxikaci amoniaku spojenou s tvorbou močoviny a skrze proteosyntézu. Syntéza močoviny patří mezi energeticky nejnáročnější procesy v organismu (HRDINA, 2008). **Močovina** je konečným produktem degradace bílkovin a je syntetizována v játrech a vylučována ledvinami. Její koncentrace v krvi je dobrým ukazatelem příjmu a metabolismu dusíku, dává obraz o exkreční schopnosti ledvin a syntetické schopnosti jater (PECHOVÁ *et al.*, 2004, *ex* HRDINA, 2008). Nadbytečný příjem proteinů způsobuje vzestup močoviny v organismu, tím se stimuluje tvorba prostaganglinu inhibující tvorbu progesteronu a má to za následek zvýšení embryonální mortality (ROSSOW, 2006).

Enzymatická diagnostika se využívá především v diagnostice hepatopatií (poruchy jater), myopatií (poruchy svalstva) a osteopatií (poruchy kosterního systému). Principem těchto stanovení je určení aktivity enzymů v krevní plazmě nebo tkáních. Nejčastěji se stanovuje aktivita enzymů v krevní plazmě nebo krevním séru. Za fyziologického stavu je aktivita určených enzymů nízká, při narušení orgánu dochází v důsledku změny permeability buněčných stěn nebo po rozpadu buněk postiženého orgánu k vyplavení intracelulárních enzymů do krevního řečiště a aktivita těchto enzymů v krvi se zvýší. **Aspartátaminotransferáza (AST, GOT)** je enzym, který se nachází v játrech, srdci, erytrocytech, střevní sliznici, nebo kosterních svalech. Její hladina stoupá při akutních poruchách jater, srdce či kosterních svalů. **Gamaglutamyltransferáza (GGT, GMT)** je enzym vázaný na membránu, má vysokou aktivitu v játrech, v pankreatu, ledvinách a tenkém střevě. Katalyzuje přenos gamaglutamylového zbytku na peptid nebo protein. Ke zvýšení aktivity GGT dochází především při cholestáze, poškození jater, či akutní pankreatitidě (PECHOVÁ *et al.*, 2004, *ex* HRDINA, 2008, DOUBEK *et al.*, 2007).

**Alkalická fosfatáza (ALP)** má 3 izomery (kostní, střevní a placentární), které hydrolyzují fosfátové estery v alkalickém prostředí. Ke zvýšené aktivitě ALP může dojít z několika důvodů, nejběžnější je u rostoucích zvířat, dále může mít na vyšší hladinu vliv hyperbilirubinémie, která falešně zvyšuje aktivitu ALP, dalšími důvody jsou hyperparatyreóza, onemocnění jater, žlučníku a žlučových cest (cholestáze), pankreatitidy, nebo onemocnění kostí. **Alaninaminotransferáza (ALT, GPT)** má nejvyšší aktivitu v hepatocytech, kde katalyzuje reakci alaninu a 2-oxoglutarátu při vzniku pyruvátu a

glutamátu. Dává informaci o poškození hepatocytů, ale při těžkém poškození jaterního parenchymu (mnohočetné nekrózy, abscesy, tumory) může být aktivita ALT v referenčním rozmezí nebo i nižší. Zvýšení její aktivity je způsobeno poškozením jater ať už v důsledku infekcí, intoxikací, traumat, šoku nebo tumorů. Na zvýšení množství ALT může mít také vliv akutní pankreatitida či anémie. Z dalších enzymů, které lze stanovit je **amyláza** katalyzující hydrolýzu polysacharidů na dostupnější oligosacharidy. Je produkována pankreatem, slinnými žlázami, v menší míře játry, vaječníky, mléčnou žlázou. Příčinami zvýšené aktivity mohou být akutní pankreatitida, cholestáze nebo renální insuficience (DOUBEK *et al.*, 2007).

### 3.1.1 Volné radikály

Volným radikálem je z fyziologického hlediska označen chemický radikál, který zvyšuje oxidativní charakter a posiluje redoxní reakce vnitřního prostředí organismu (krve, tkání, orgánů, buňky), dále pak snižuje množství a využití antioxidačních látek. Volné radikály jsou nestabilní a velmi reaktivní částice (atomy i molekuly), které jsou schopné samostatné existence (BEKLOVA *et al.*, 2008). Poločas trvání volných radikálů je  $10^{-5}$  až  $10^{-9}$  sekundy, ale existují i volné radikály s poločasem delším než den (GUTTERIDGE a HALLIWELL, 1992). Každá buňka je za den napadena asi 10 000 volných radikálů. Pokud nejsou antioxidační ochrana a reparační pochody dostatečně účinné, vzniká postupně karcinomem iniciovaná buňka a nakonec klinický nádor (HOLEČEK, 2005).

Volné radikály mohou vznikat v důsledku zevních fyzikálních faktorů, nejčastěji v důsledku působení záření na v zásadě libovolné molekuly. Protože vznik radikálu vyžaduje menší množství energie, může vznik volných radikálů vyvolat nejen ionizující záření, ale třeba i ultrafialové záření. Takto vzniklé volné radikály jsou již jednoznačně škodlivé. Volný radikál obsahují jeden, ojediněle dva volné nepárové elektrony. K tomuto nepárovému elektronu se snaží získat jiný elektron za účelem získání stability. Elektron je schopen odebrat z atomu nebo molekuly tuku, bílkoviny, i z DNA. Tento proces se nazývá peroxidace. Vysoká a poměrně nespecifická chemická reaktivita činí volné radikály nebezpečné pro všechny živé struktury. Některé buňky imunitního systému (např. neutrofily nebo makrofágy) mohou po stimulaci podstatně zvýšit svůj metabolismus a do svého okolí začnou produkovat agresivní látky charakteru mj. volných radikálů. Činností enzymů dýchacího řetězce vznikají v mitochondriích jako vedlejší produkt i volné radikály. Tyto jsou ovšem urychleně odstraňovány a výraznější roli mohou hrát jen při patologických stavech (reperfúzní poškození). Při peroxidaci vznikají karcinogenní aldehydy, hydroperoxy a lipofusciny, které jsou organismu dále nebezpečné (KAUSHIK, SINHG, SHASHI, 2003, HOLEČEK, 2005).

Volné radikály lze eliminovat vzájemným navázáním dvou radikálů na sebe, nebo navázáním volného radikálu na antioxidant. Základem obou reakcí je, že se dané reagenty musejí navzájem potkat. Při reakci dvou volných radikálů pak vzniká jedna molekula, která je dále nereaktivní. Při reakci volného radikálu s antioxidantem vznikají molekuly dvě a volný radikál buď předá svůj volný elektron antioxidantu, nebo ho antioxidant předá volnému

radikálu. V každém případě obě molekuly jsou dále nereaktivní a tudíž organismu bezpečné (HALLIWELL, 2009).

Metabolické produkty volných radikálů bývají označovány ROS (reactive oxygen species). K ROS látkám patří např. peroxid vodíku, singletový kyslík, kyselina chlorná atd. Peroxid vodíku je v organismu zneškodňován hlavně glutathionperoxidázou (GSHPx), méně katalázou (CAT). Ovšem při nedostatku těchto enzymů a v přítomnosti kovů jako Fe, Ni, Co, Cd, Cu vznikají z peroxidu vodíku 2 volné hydroxylové radikály, které teprve s dalším elektronem dají molekulu vody. Dále mohou vznikat vlivy vnějšího prostředí jako například kouření, pesticidy, znečištěním. Když je volných radikálů více než antioxidantů, dochází ke stavu oxidačního stresu. Na druhé straně organismus umí volné radikály efektivně využívat. Například v bílých krvinkách je obsaženo mnoho volných radikálů, které dokáží zabíjet kvasinky, mikroorganismy a jiné parazity. Díky volným radikálům může dojít k oplození vajíčka. Krátkodobý oxidační stres může být důležitý v prevenci stárnutí (KRŠKA *et al.*, 2008).

Volné radikály mohou mít několik podob, mohou to být sloučeniny kyslíku s volným nepárovým elektronem, které opětovaně poškozují mitochondrie a DNA. Nejčastějším zástupcem této skupiny je superoxid, který patří ke slabším oxidantům. Snadno podléhá dismutaci, takže často reagují dvě molekuly superoxidu, které si vzájemně předávají elektrony, za vzniku molekuly kyslíku a peroxidu vodíku (FRIDOVICH, 1978). Organismus je schopen vytvářet superoxiddismutázu - enzym, který přeměňuje superoxidový radikál na peroxid vodíku. Jsou známy 2 druhy superoxiddismutázy a to cytoplasmatický typ, který obsahuje Cu a Zn jako aktivní centrum enzymu a mitochondriální typ obsahující mangan – Mn. Superoxid je také často neutralizován vitamínem E, kdy je odbourán na kyslík vitamínem E, přitom však vzniká radikál vitamínu E, dále vitamín C regeneruje vitamín E za vzniku radikálu vitamínu C a ten je teprve odstraňován redukovaným glutathionem. Ten je zpětně redukován glutathion reduktázou za účasti nikotinamid adenin dinukleotid fosfátu - NADPH (HALLIWELL, 1992).

Mezi další zástupce volných radikálů patří sloučeniny kyslíku a vodíku jako velmi silná oxidancia převážně nukleových kyselin. Na rozdíl od superoxidů nemohou být hydroxylové radikály neutralizovány enzymy. Nejčastěji je neutralizován vitamínem E a albuminem (SMIRNOFF a CUMBES, 1989). Dále mohou být volné radikály ve formě molekuly kyslíku se dvěma nepárovými elektrony. Tyto radikály jsou součástí imunitního systému a oxidují LDL cholesterol, což podněcuje vznik pěnových buněk a následně snižuje pružnost cév. K jejich neutralizaci lze využít vitamín C nebo E (AL HOUSARI *et al.*, 2010).

Jedním z nejznámějších volných radikálů je peroxid vodíku. Ve své podstatě není výjimečně nebezpečný, ale pokud dojde k reakci peroxidu vodíku a dvojmocného železa vznikne velice reaktivní hydroxylový radikál a trojmocné železo, které následně reaguje se superoxidem (dalším volným radikálem). V organismu je peroxid vodíku neutralizován

enzymy glutathionperoxidázou obsahující selen nebo katalázou (BOVERIS, CHANCE, OSHINO, 1972).

### **3.1.1.1 Zkrmování zaplísněného krmiva**

V posledních letech se v chovech hospodářských zvířat setkáváme velmi často s problematikou mykotoxikóz (MODRÁ a SVOBODOVÁ, 2009). V chovu skotu představují mykotoxiny v současné době závažný ekonomický i zdravotní problém, a to především u telat a dojnic s vysokou produkcí mléka. Mykotoxiny coby sekundární metabolity mikroskopických hub nebílkovinné povahy mohou vyvolat různá onemocnění, která nejčastěji probíhají bez klinicky zjevných příznaků jako chronické mykotoxikózy. Nejčastěji se jedná o otravy trichoteceny (především deoxynivalenolem, DON), ochratoxinem A, zearalenonem, fumonisiny a aflatoxinem B<sub>1</sub> (KŘÍŽOVÁ, 2010).

Kyselá krmiva urychlují vstřebávání toxinů a prohlubují stupeň intoxikace. Přezvýkavci jsou méně vnímaví, pozorováno může být snížení mléčné produkce a zvýšení počtu somatických buněk v mléce. Odmítání krmiva, nechutenství a průjemy mohou být dalšími příznaky toxikózy (KUMMER a FALDÍKOVÁ, 2002). Dospělý skot s výjimkou mladých zvířat vysoko reprodukčních dojnic je např. vůči aflatoxinům relativně odolnější, ale zaplísněné krmivo přijímá nerad (KUMMER *et al.*, 2001). U krav bylo experimentálně doloženo, že po perorální aplikaci **DON** dochází k jeho vylučování mlékem jen ve velmi malém množství (KUMMER a FALDÍKOVÁ, 2002). DON je známý tím, že se vyskytuje ve slámě, kukuřici a kukuřičné siláži, trávě a travní siláži. V batoru zdravého zvířete přechází do formy méně toxické, nicméně degradování je neúplné. Znám je syndrom u dobytka severní Evropy, kdy se příjem DONu projevil zvýšenými případy mastitid a laminitid (GREMMELS, 2008).

Při podání krmiva kontaminovaného aflatoxiny B<sub>1</sub> a B<sub>2</sub> dojnicím lze zhruba po 12ti hodinách prokázat v mléce hlavně přítomnost aflatoxinů M<sub>1</sub> vznikajících z mateřských látek hydroxylací. Při jednorázovém příjmu kontaminovaného krmiva je nutné také předpokládat výskyt stopových množství aflatoxinu M<sub>1</sub> v mléce ještě po dvou až třech dnech (VELÍŠEK, 1999). Na rozdíl od většiny ostatních mykotoxinů je aflatoxin B<sub>1</sub> účinný právě až po jeho biotransformaci v organismu zvířete. Aflatoxin B<sub>1</sub> je nejsilnějším dosud známým přírodním karcinogenem. Karcinogenní účinek je důsledkem dlouhodobého příjmu nízkých dávek aflatoxinů. Aflatoxiny při perorálním příjmu vykazují zejména na játra toxický účinek, který závisí na výši dávky, na délce jejich příjmu a na druhu a věkové kategorii zvířat. Vysokou citlivost na aflatoxiny vykazují drůbež, mláďata a březí samice (KUMMER a FALDÍKOVÁ, 2002).

BRUCATO *et al.* (1986) na 24 mléčných telatech sledovali vliv aflatoxinu B<sub>1</sub> a zjistili, že u skupin, kde došlo ke krmení dietou obsahující mykotoxin, vzrostly červené a bílé krvinky a množství hemoglobinu. Také byl zaznamenán prokazatelný nárůst aspartát-aminotransferázy AST ( $P < 0,05$ ) a gammaglutamyltransferázy GGT s protrombinem ( $P <$



0,001). Zvýšení zmiňovaných enzymů je ukazatelem probíhajících jaterních problémů u aflatoxinových telat.

Navýšení albuminu, globulinu a aspartátaminotransferázy a GGT sledoval i BATTACONE (2009). S jejich nárustem se snižoval obsah bilirubinu a beta-hydroxybutyrátu v krvi. Na další krevní parametry, např. kreatin, alkalickou fosfatázu, laktátdehydrogenázu, cholesterol, protein, ureu, vápník či fosfor, příjem aflatoxinu B1 neměl vliv.

Závažné navýšení AST, GGT, LDH (laktátdehydrogenázy) a bilirubinu zaznamenal ve svém sledování na telatech, která byla krmena kontrolní krmnou dávkou a 2 dávkami s nízkou a vysokou dávkou infikovaného zrna, také OSWEILER *et al.* (1993). Ve sledování, které trvalo po sedmidenním návykovém období 31 dnů, se v posledním dnu projevila hladina AST 5krát vyšší než byla na počátku pokusu. Významný byl také rozdíl oproti kontrolní skupině na konci pokusu - čtyřnásobné navýšení u GGT a 2x větší byla hladina laktátdehydrogenázy a bilirubinu.

Přežvýkavci jsou na ochratoxiny rezistentní, neboť v bacheru dochází k jejich detoxikaci (KUMMER a FALDÍKOVÁ, 2002).

U skotu se projevuje nepravidelná říje a snížená fertilita působením zearalenonu, celkově však jsou estrogenní účinky slabší než třeba u prasat (ZELNÍČKOVÁ, 2009). DÄNICKE (2002) ve své práci taky upozorňuje na to, že na zearalenol jsou nejcitlivější prasata, zatím co drůbež a skot vykazují nižší citlivost. U prepubertálních jalovic mléčných plemen bylo při zkrmování zaplísňeného obilí zaznamenáno zvětšení mléčné žlázy. U ovcí je dokázáno, že dochází k přenosu zearalenonu do mléka (ZELNÍČKOVÁ, 2009). KLEINOVA (2002) tvrdí, že vzorky krve a ani bacherové tekutiny u sledovaných jalovic neposkytovaly žádné výkyvy na začátku, během ani na konci pokusu se zkrmováním zearalenolu. JONES (1999) přesto udává, že by dávka zearalenolu neměl přesáhnout množství 225 ppb, jinak může vyvolávat výše zmiňované zvětšení mléčné žlázy u jalovic, u dojnic snížení laktace, záněty pochvy, zhoršení reprodukce a celkový zhoršený příjem krmiva.

Dalším z toxinů, který lze prokázat v mléce je T-2 toxin. Tento toxin zasahuje nepříznivě do syntézy buněčných bílkovin, vyvolává imunosupresi, snížení počtu bílých krvinek, atrofii lymfatických uzlin, brzlíku a sleziny. T-2 toxin je také spojován se sníženou imunitou telat. V důsledku toxického vlivu na krevní destičky dochází ke snížení srážlivosti krve a k hemoragiím. T-2 toxin a jeho metabolity jsou asi z 0,2 % vylučovány mlékem (KUMMER a FALDÍKOVÁ, 2002). Zhoršení krevních parametrů telat potvrdil ve svém výzkumu i WEAVER (1980).

KIESLLING *et al.* (1984) sledoval vliv bacherové tekutiny na 6 mykotoxinů - aflatoxin B1, ochratoxin A, zearalenon, T-2 toxin, diacetoxyscirpenol (DAS) a deoxynivalenol (DON). Ochratoxin A se štěpí v první řadě na ochratoxin a fenylalanin, podle popisu HULT, TEILING, GATENBECK (1976). Více než 90% zearalenonu bylo degradováno na a-zearalenol a z menší části na izearalenol, DAS a T-2 toxin byli rychle a úplně dezacetylovány - DAS na monoacetoxyscirpenol a T-2 toxin HT - 2 toxinu

(KIIESLLING *et al.*, 1984). Tento autor dále pozoroval, že bachorová tekutina neměla žádný účinek pouze na aflatoxin B1 a DON. Zbylé 4 toxiny byly zcela degradovány v bachoru a to např. tím způsobem, že po 1 hodině od podání ochratoxinu A po něm již nebyly žádné stopy. Závěrem konstatuje, že aktivnější v rozkladu mykotoxinů byli prvoci oproti bakteriím. Na rozkladu zearalenolu se podíleli prvoci z 90 % a na rozkladu z 80 %. Naproti tomu je podle ZEMANA (2006) v bachoru degradováno jen 0 - 40 % zearalenolu a dokonce 0 - 50 % DON.

Dalšími závažnými mykotoxiny mohou být fumonisiny. EDRONGTON (1995) sledoval působení fumonisinu B1, B2 a B3 na jehňatech ve 3 hladinách (11,1 mg, 22,2 mg a 45,5 mg kontaminovaného materiálu) a porovnávali je s nulovou kontrolou. Jako ukazatele jaterního zdraví byly vybrány alkalická fosfatáza, glutamyltransferáza, AST. Tyto enzymy vykazovaly zvýšenou aktivitu a byly signálem poškození jater. Dokonce během došlo k několika úmrtím jehňat, která byla krmena nejvyšší dávkou mykotoxinů, a 1 jehně uhynulo na střední dávce mykotoxinů. Prokazatelně zvýšený byl také cholesterol triglyceridy, kreatin a urea ( $P < 0,05$ ). Také docházelo k poklesu těkavých mastných kyselin a pH bachoru jehňat. Stejnými mykotoxiny se zabýval i GURUNG (1998), který dělá pokusy na angorských kozách. Na začátku pokusu byly hladiny cholesterolu, triglyceridů, kreatinu, laktátdehydrogenázy, GGT a AST velmi podobné jak u kontrolní skupiny, tak i u koz krmených pokusnou dávkou s mykotoxiny. Po 112 dnech se u kreatinu našlo navýšení o necelých 70 %, ale u cholesterolu, triglyceridů, GGT a AST bylo navýšení až dvojnásobné. Plynulé navyšování sledovaných krevních parametrů bylo patrné již v několika meziodběrech (22., 56. a 84. den pokusu). Rezidua fumonisinů byla nalezena v játrech, ledvinách, ale i v srdečním svalu koz.

### 3.1.2 Onemocnění

Výživa krav je považována za nejvýznamnější faktor vnějšího prostředí, který determinuje produkci mléka, plodnost, zdravotní stav zvířat a umožňuje realizovat genetický potenciál jedince i celého chovu. Přes značné pokroky v rozvoji krmivářského průmyslu, pěstování pícnin, konzervace píce, sestavování krmných dávek, technologie a techniky krmení i značný rozvoj vědeckých poznatků ve fyziologii a patofyziologii přežvýkavců se stále setkáváme s řadou nedostatků ve výživě a krmení krav, které negativně ovlivňují produkci, reprodukci, zdravotní stav zvířat a způsobují velké ekonomické ztráty předčasným vyřazováním krav z chovu i úhynem zvířat zpravidla v peripartálním období. I když chovatel má dostatek informací o rizicích, které toto suchopostojné období přináší, stále dochází ke značným chybám ve výživě, ustájení i ošetřování krav. Tomu pak odpovídá i zdravotní stav a přímé i nepřímé ztráty (ILLEK, 2010).

Porod je natolik zatěžujícím procesem pro organismus krávy, že není-li kráva dostatečně fyzicky připravena na porod, mohou se vyvolat problémy již v průběhu porodu, hlavně v poporodním období, má to vliv především na produkci mléka (neobsahuje optimální úroveň), je narušena plodnost a dochází ke vzniku řady onemocnění, která způsobují značné

ekonomické ztráty a často končí vyřazením zvířat z chovu či jejich úhynem. Podle ILLKA (2010) je z celého mezidobí morbidita a mortalita zvířat v tomto období nejvyšší.

Nejčastější chybou konce laktace a v období stání na sucho je zvýšený příjem energie, což vede ke ztučnění krav, k těžkým prodům, k poruchám puerperia, k jaterní steatóze, ke ketóze, k poruchám plodnosti a k predispozicím vzniku dislokace slezu. **Syndrom ztučněných krav** vzniká zpravidla již ke konci laktace, především u krav s dlouhou servis periodou (SP) a z důvodu vysokého příjmu energie v období stání na sucho. Přetučnělé krávy v předporodním období snižují příjem sušiny významněji než krávy s optimální kondicí, nejsou tudíž schopny optimálně pokrýt vzrůstající živinové nároky rostoucího plodu, dělohy, placenty i mléčné žlázy, která se připravuje na tvorbu nejprve kolostra a posléze mléka. Dochází tak k lipomobilizaci již několik dnů před porodem, rozvíjí se steatóza jater, zvyšuje se množství ketolátek v krvi (ILLEK, 2010).

**Steatóza jater**, jakožto důsledek lipomobilizace vzniklé v průběhu negativní energetické bilance (NEB), je způsobena mastnými kyselinami z tukové tkáně, které slouží k odstranění deficitu energie za situací, kdy to organismus potřebuje. Je to běžné při hladovění, při podchlazení zvířat a na začátku laktace, kdy je výdej energie vyšší než příjem, což je u vysokoprodukčních dojnic velmi běžné. Proces lipomobilizace (glukoneogeneze) je biologický proces. Pokud je však příliš intenzivní, hepatocyty nestačí veškeré množství volných mastných kyselin metabolizovat a ty se hromadí v jaterních buňkách, dávají vzniknout triacylglycerolům, které omezují činnost hepatocytů (ILLEK, 2010). Mastné kyseliny, které jsou podrobeny oxidaci, mohou být oxidovány úplně až na oxid uhličitý nebo částečně oxidovány na ketolátky. K úplné oxidaci mastných kyselin dochází za účelem získávání energie ve formě ATP pro jaterní buňky, které potřebují jen omezené množství. Když však dojde k nadměrnému příjmu mastných kyselin, dochází k ukládání energie ve formě tracylglycerolů v játrech a ty tuční a zvyšují produkci ketolátek (GRUMMER, 2011). Dochází k narušení syntézy glukózy, albuminu, detoxikační činnosti, narušení buněčných membrán a imunitní funkce. Narušené hepatocyty nestačí vytvářet dostatečné množství lipoproteinů umžňující transport masných kyselin, játra se zvětšují, zvyšuje se koncentrace ketolátek v krvi a vzniká ketóza. Zároveň dochází predispozicím metritidy, mastitidy a laminitidy. Kráva snižuje žravost, užitkovost, hubne a dochází k narušení různých hormonálních systémů (ILLEK, 2010).

Ketóza je akutní či chronicky probíhající porucha energetického metabolismu charakteristická zvýšenou tvorbou ketolátek, jejich zvýšeným obsahem v krvi, mléce i moči, tukovou degenerací jater a nedostatečnou tvorbou glukózy. Vyskytuje se především u vysokoprodukčních dojnic v první třetině laktace. Ketóza je řazena mezi tzv. produkční choroby a způsobuje značné ekonomické a to tím, že snižuje produkci mléka, zhoršuje jeho jakost, narušuje plodnost, vyvolává imunosupresi a predisponuje vznik řady dalších onemocnění, jako je mastitida, metritida, laminitida a dislokace slezu. Subklinickou formou ketózy bývá v našich chovech postiženo 20 – 60 % dojnic v první fázi laktace. Zpravidla

neprobíhá ketóza jako samojedinné onemocnění, ale je doprovázena většinou endometritidou, subklinickou mastitidou, indigescemi a laminitidou. Onemocnění může přejít do chronické formy, zvíře chátrá a bývá vyřazeno z chovu (ILLEK, 2010).

Dalšími onemocněními, které mohou propuknout v jakékoliv fázi mezidobí, jsou bachorové indigesce, ať už to je jednoduchá bachorová indigesce, akutní bachorová acidóza, subakutní bachorová acidóza (SARA), chronická bachorová acidóza nebo bachorová alkalóza. **Jednoduchá bachorová indigesce** je spjata s nedostatečnou mikrobiální aktivitou bez ovlivnění pH bachorové tekutiny, způsobenou nevyrovnanou krmnou dávkou z pohledu obsahu živin, jejich deficiencí, nebo špatnou strukturou krmné dávky či zkrmování narušených nebo kontaminovaných krmiv. V důsledku působení těchto faktorů je bachorová mikrobiální omezena, trávenina není dostatečně využita na tvorbu těkavých mastných kyselin (TMK) a mikrobiálního proteinu. Dochází ke snížení produkce mléka a jeho kvality. **Akutní bachorová acidóza** je charakteristická výrazným snížením pH bachorové tekutiny zvýšením TMK a především zvýšením koncentrace kyseliny mléčné. Důsledkem nadměrného příjmu nestrukturálních sacharidů za současného nedostatku strukturálních složek krmné dávky je celkové narušení zdravotního stavu, průjmy, ulehnutí zvířat, apatie, koma a velmi často i úhyn zvířat. **Subakutní bachorová acidóza** má podobnou charakteristiku, avšak nedocvhází při ní ke zvýšené tvorbě kyseliny mléčné. Je však narušen poměr kyseliny octové, která se snižuje, a kyseliny propionové. Důsledkem SARA je snížená žravost, světlé, řídké výkaly se zbytky nestrávené vlákniny, snížená tučnost mléka, zvýšený výskyt laminitid, ovariální cysty a poruchy reprodukce. **Chronická bachorová acidóza** se vyskytuje u dojníc na vrcholu laktace s krmnou dávkou bohatou na nestrukturální sacharidy a nevhodnou strukturou krmné dávky. Průběh je obdobný jako u akutní bachorové acidózy, zvýšením množství TMK, hlavně kyseliny mléčné, dochází k zánětům a hyperkeratóze bachorové sliznice, jaterním abscesům a laminitidám. Výkaly jsou řídké až průjemové, světlé barvy se zbytky nestrávené vlákniny a výskytem plynových bublin. Produkce mléka klesá o 10 – 20 %, dochází k významnému poklesu koncentrace tuku a bílkovin v mléce. Stoupá počet somatických buněk v mléce, zvyšuje se výskyt subklinických i klinických mastitid a opět je narušena reprodukce krav. **Bachorová alkalóza** je na druhé straně způsobena zvýšením pH bachorové tekutiny a zvýšenou koncentrací amoniaku v bachorovém prostředí. Onemocnění je způsobeno zkrmováním krmiv bohatých na dusíkaté látky při současném nedostatku zdrojů energie. Uvolněný amoniak bavorovou mikroflórou se hromadí v trávicím traktu, mění se pH bachorové tekutiny, dráždí sliznice trávicího traktu a vyvolává zánětlivé reakce na sliznice. Vstřebaný amoniak též silně zatěžuje detoxikační činnost jater a zvyšuje potřebu energie. Plná forma tohoto onemocnění je doprovázena předrážděností zvířete, křečemi, ulehnutím zvířete nebo hypersalivací. V mléce se zvýší koncentrace močoviny a postupně se zvyšuje i počet somatických buněk (ILLEK, 2010).

Pro efektivní řešení poruch energetického metabolismu a souběžných onemocnění je třeba využívat různé metody sledování a to kondici (BCS – body condition score), žravost a

chování krav, konzistenci výkalů, denní nádoj, skladbu mléka, počet somatických buněk v mléce i biochemické vyšetření biologického materiálu. Základní požadavky pro zabezpečení optimální výživy krav spočívá ve využívání směsné krmné dávky, zkrmování kvalitní, zdravotně a hygienicky nezávadných krmiv, zabezpečení optimální struktury a sušiny krmné dávky, zajistit optimální obsah a koncentraci živin v krmné dávce s ohledem na fázi mezidobí, zajištění vysoké stravitelnosti krmiv, celodenního příjmu krmné dávky a pitné vody. Stimulovat žravost krav a racionálně používat krmná aditiva. Optimální a bezchybná výživa dojnic je základním předpokladem efektivní produkce a reprodukce v chovech skotu. Spolu s dobrým managementem determinuje produkci mléka, plodnost, zdravotní stav zvířat a umožňuje realizovat genetický potenciál jedince celého chovu (ILLEK, 2010).



Použité literární zdroje u autora.