

PREDIKCE ZDRAVOTNÍCH PORUCH DOJNIC NA ZÁKLADĚ ROZŠÍŘENÉHO LABORATORNÍHO ROZBORU MLÉKA



ISBN: 978-80-7403-349-0



CERTIFIKOVANÁ METODIKA

PREDIKCE ZDRAVOTNÍCH PORUCH DOJNIC NA ZÁKLADĚ ROZŠÍŘENÉHO LABORATORNÍHO ROZBORU MLÉKA

Autoři

Ing. Magdaléna Štolcová, Ph.D.

Ing. Eva Kašná, Ph.D.

Ing. Luděk Bartoň, Ph.D.

Ing. Jan Syrůček, Ph.D.

Oponenti

Ing. Vojtěch Zink, Ph.D.

FARMCZSYSTEM, s. r. o.

Ing. Jan Vodička, Ph.D.

Odbor živočišných komodit a ochrany zvířat, Ministerstvo zemědělství

Metodika byla vypracována za podpory Ministerstva zemědělství v rámci řešení výzkumného projektu NAZV QK21010038.

Předkladatel: Výzkumný ústav živočišné výroby, v. v. i.

se sídlem Přátelství 815, 104 00 Praha Uhřetěves



Ministerstvo zemědělství
Těšnov 65/17
110 00 Praha 1

v y d á v á

O S V Ě D Ě N Í

č. *MZE-91242/2025-13141*

o uznání metodiky v souladu s podmínkami Metodiky hodnocení výzkumných organizací a programů účelové podpory výzkumu, vývoje a inovací, schválené usnesením vlády dne 8. února 2017, číslo 107 a její samostatné přílohy č. 4 schválené usnesením vlády dne 29. listopadu 2017 č. 837.

Název metodiky: **Predikce zdravotních poruch dojnic
na základě rozšířeného laboratorního rozboru mléka**

Autoři: **Ing. Magdaléna Štolcová, Ph.D., Ing. Eva Kašná, Ph.D., Ing. Luděk Bartoň, Ph.D.,
Ing. Jan Syrůček, Ph.D.**

Názvy organizací: **Výzkumný ústav živočišné výroby, v. v. i.
se sídlem Přátelství 815, 104 00 Praha Uhřetěves**

Místo vydání: **Praha**

Rok vydání: **2025**

ISBN: **978-80-7403-349-0**

Metodika byla vypracována za podpory Ministerstva zemědělství v rámci řešení výzkumného projektu NAZV QK21010038.

Ing. Jan Vodička, Ph.D.



.....
podpis zástupce odborného útvaru státní správy

v z. Ing. Jan Vodička, Ph.D.

Jméno a funkce zástupce odborného útvaru státní správy:

Ing. Pavel Hakl

**ředitel Odboru živočišných komodit
a ochrany zvířat MZe**

Souhlas ředitele Odboru precizního zemědělství, výzkumu a vzdělávání MZe:

Ing. Jan Adamec

.....
Digitální podpis: 29.12.2025 13:55

Mgr. Jan Radoš

Obsah

ÚVOD	8
Negativní energetická bilance: Podstata a důsledky	8
Využití mléka jako spolehlivého indikátoru NEB a souvisejících zdravotních poruch	9
Metody pro odhad rizika nemocí	10
I. CÍL METODIKY	12
Konkrétní cíle a postup	12
II. VLASTNÍ POPIS METODIKY	13
Metodika experimentálního sledování	13
Charakteristika stád	13
Vzorky mléka	13
Záznamy onemocnění	14
Statistická analýza	15
Příprava dat:	15
Vyhodnocení rozdílů složek mléka:	15
Predikční modelování a spolehlivost:	15
Stanovení hraničních hodnot:	16
Výsledky	16
Rozdíly v nádoji a složkách mléka u dojnic rozdělených podle výskytu onemocnění	16
Predikce onemocnění na základě logistické regrese a analýzy ROC	19
Stanovení hraničních hodnot pro predikci dojnic s onemocněním	20
Závěr	27
Limity studie	28
III. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	29
IV. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	30
V. EKONOMICKÉ ASPEKTY	31
Zvýšené náklady na implementaci	31
Náklady na intervenci a odhad záchytu	31
Eliminace produkčních a veterinárních ztrát (Ekonomický přínos)	31
VI. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	33
VII. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	35
VIII. SEZNAM ZKRATEK A POJMŮ	36
IX. SEZNAM TABULEK, OBRÁZKŮ A GRAFŮ	37
Seznam tabulek	37
Seznam obrázků	37
Seznam grafů	37

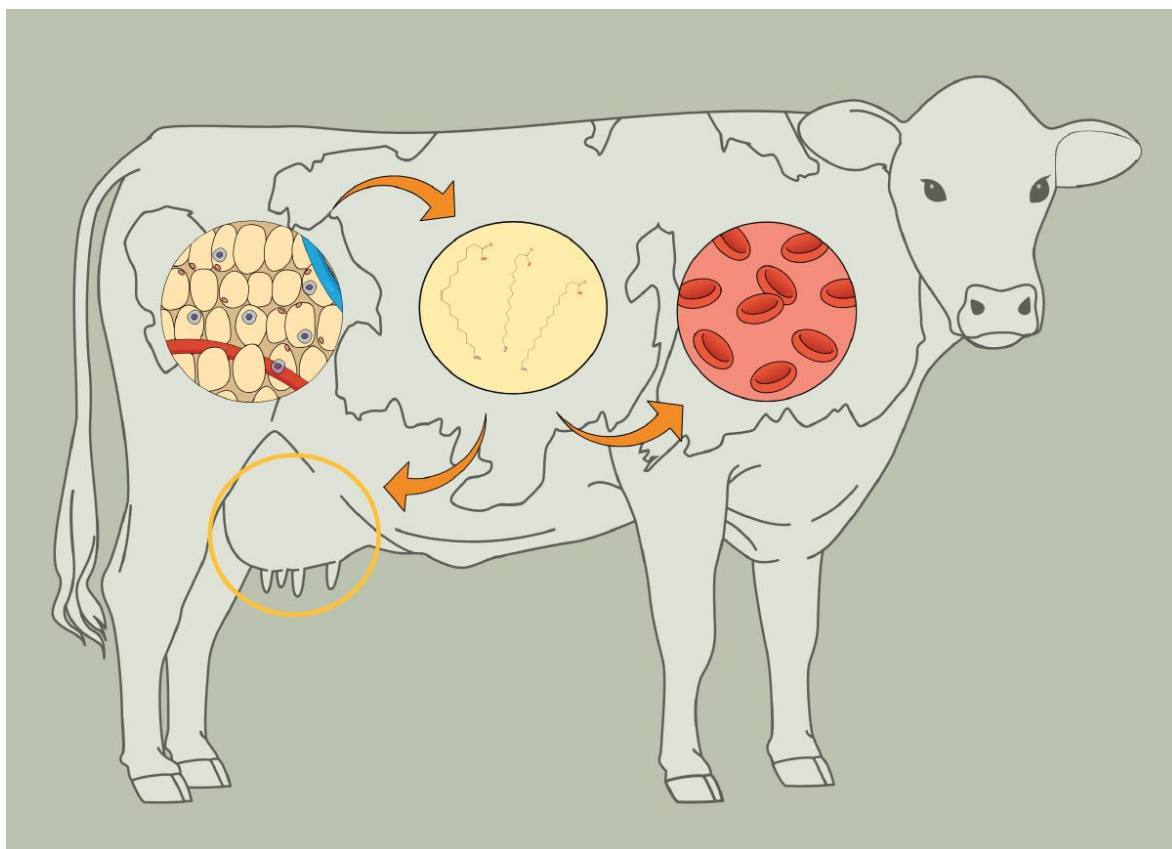
ÚVOD

Mezi nejčastější zdravotní problémy v chovech dojeného skotu, které zásadně ovlivňují rentabilitu produkce mléka, patří poruchy plodnosti, mastitidy, nemoci končetin a metabolická onemocnění. Za jejich vznikem velmi často stojí přítomnost hluboké negativní energetické bilance (**NEB**). Tento stav se typicky objevuje na začátku laktace, kdy dojnice nejsou schopny přijmout v krmivu dostatečné množství sušiny, aby naplnily energetické požadavky na geneticky podmíněnou vysokou produkci mléka (Roche et al., 2013).

Negativní energetická bilance: Podstata a důsledky

NEB lze definovat jako energetický deficit, který kráva kompenzuje masivním uvolňováním (mobilizací) vlastních tukových zásob. Určitá míra NEB se na počátku laktace objeví prakticky u každé dojnice, ale nejčastěji postihuje vysoce užitkové jedince. Uvádí se, že v prvním měsíci laktace může tento stav postihnout 40 až 50 % dojnic (Macrae et al., 2019). Mobilizované tukové rezervy se tedy začnou rozpadat na menší části – na mastné kyseliny (**MK**), které se uvolní do krve, kde kolují v podobě neesterifikovaných MK (**NEMK**). Některé z těchto NEMK putují do mléčné žlázy, kde se zabudují do mléčného tuku, jiné slouží jako zdroj energie pro periferní tkáně (svaly, srdce) a další se přemisťují do jater, kde se dále metabolizují (Tyburczy et al., 2008). Schematické znázornění rozpadu tukové tkáně a uvolnění MK do krve a mléčné žlázy je patrné na Obrázek 1.

Obrázek 1: Schematické znázornění rozpadu tukové tkáně při NEB



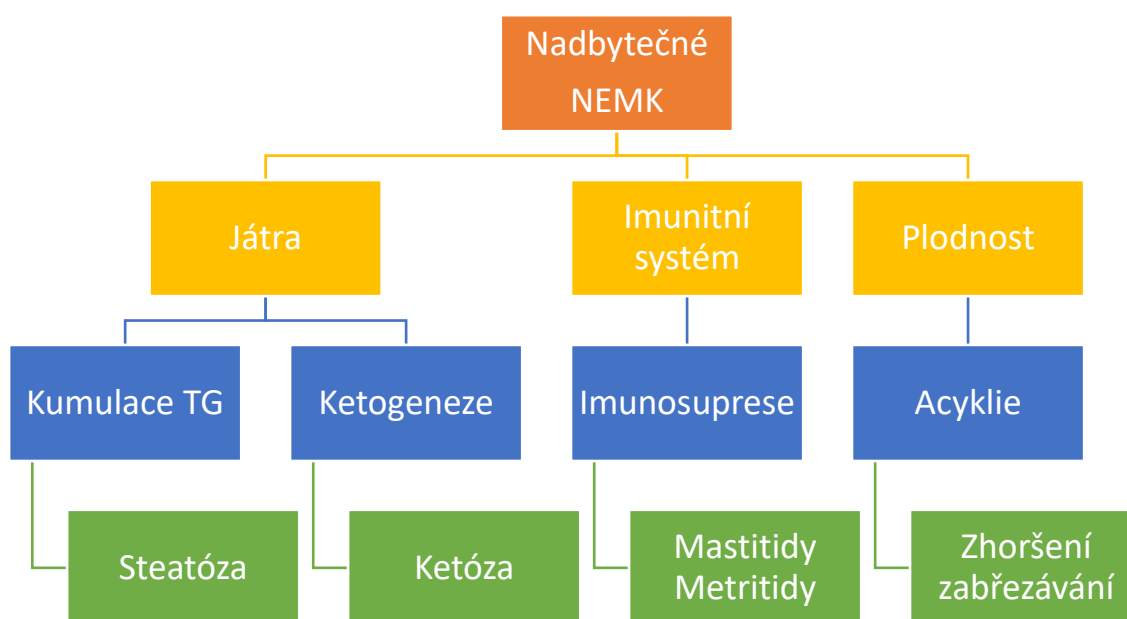
Legenda: Na obrázku je vidět rozpad tukové tkáně na jednotlivé mastné kyseliny, které jako neesterifikované mastné kyseliny (NEMK) kolují v krvi a část z nich se přímo zabudovává do mléčného tuku.

Játra jsou továrnou na zpracování energie. Za běžných podmínek by se NEMK v játrech metabolizovaly na zdroj energie. Ale při hluboké NEB cirkuluje v krvi NEMK tolik, že je játra nestíhají zpracovat. Potom nastávají dvě možnosti metabolismu NEMK, přičemž ani jedna není pro organismus ideální. První možností je tvorba

ketolátek, které zčásti slouží jako alternativní zdroj energie, ale pokud je jich příliš, dochází k onemocnění zvanému ketóza, při které kráva může být malátná, nepřijímá krmivo a dochází k poklesu produkce. Druhou, současně probíhající možností, je reesterifikace přebytečných NEMK na tuk (resp. na triacylglyceroly, **TG**), který se ale v játrech může začít hromadit a způsobit jaterní steatózu (ztučnění jater). Játra pak ztrácejí svoji funkci, což má negativní dopad na celkové zdraví dojnice (Duffield et al., 2009).

Kromě toho mají nadbytečné NEMK v krvi negativní vliv na plodnost, jelikož narušují dozrávání oocytů a vývoj embrya a tím tedy brání zabřeznutí (Leroy et al., 2005). Zároveň NEMK oslabují imunitní systém tím, že přímo ničí imunitní buňky (LeBlanc, 2010), což činí krávu náchylnější k infekcím, zejména zánětům dělohy (metritida) a mléčné žlázy (mastitida). To vše vede k vyšším nákladům na léčbu a zhoršuje welfare zvířat. Vliv NEMK na zdraví a plodnost dojnic je znázorněn také na Obrázek 2.

Obrázek 2: Vliv nadbytečných NEMK na zdraví a plodnost dojnic



NEMK = neesterifikované mastné kyseliny; TG = triacylglyceroly

Využití mléka jako spolehlivého indikátoru NEB a souvisejících zdravotních poruch

Z řádků výše je patrné, co se děje v organismu dojnice při NEB. Jak ale odhalit NEB a související zdravotní problémy dříve, než způsobí vážné potíže? Nejspolehlivějšími metodami jsou krevní testy, ať už na koncentraci sérových NEMK nebo sérových ketolátek (Van Saun, 2016). Tato přímá diagnostika je však finančně náročná, vyžaduje časté odběry krevních vzorků a speciální laboratorní vyšetření. Proto se hledá jednodušší a praktičtější řešení, kterým by mohla být analýza složek mléka. Mléko se snadno odebírá, a navíc je v rámci kontroly mléčné užitkovosti (**KU**) analyzováno prostřednictvím technologie (analýza pomocí infračervené spektroskopie s Fourierovou transformací, **FTIR**), kterou lze spolehlivě určit nejen základní složky mléka, jakými jsou tuk, bílkovina nebo laktóza, ale i obsahy jednotlivých MK či jejich skupin v mléčném tuku (Soyeurt et al., 2011).

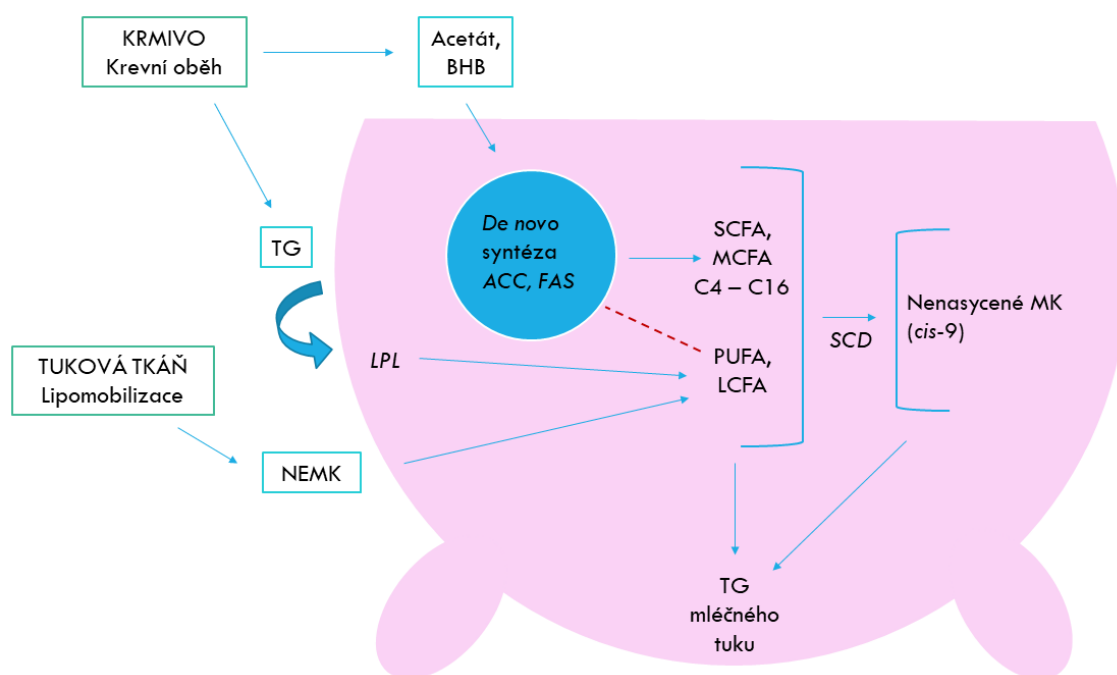
Koncentrace NEMK v krvi, a tím i úroveň NEB, se spolehlivě odráží právě ve složení MK mléčného tuku, jak prokázala celá řada zahraničních studií (například Jorjong et al., 2014; Mäntysaari et al., 2019; Pires et al., 2022), ale i námi publikovaných výsledků (Štolcová et al., 2024; Štolcová et al., 2025) získaných při řešení

projektu, v rámci kterého vznikala i tato metodika. Pro správné pochopení těchto vztahů je vhodné znát původ MK v mléce. Zjednodušeně se dá říci, že MK mléčného tuku pocházejí ze dvou hlavních zdrojů:

- Syntéza MK přímo v mléčné žláze z prekurzorů pocházejících z fermentace krmiva (*de novo* syntéza MK).
- Vstup preformovaných MK z krve (do které se dostanou buď z krmiva, nebo z odbouraných tukových zásob) přímo do mléčné žlázy.

Podrobně je syntéza MK mléčného tuku znázorněna na Obrázek 3. *De novo* syntéza MK probíhá přímo v mléčné žláze, kde se MK tvoří z prekurzorů (základních stavebních kamenů), kam patří zejména acetát a v menší míře beta-hydroxybutyrát, které vznikají v bachoru při fermentaci krmiva. Tímto způsobem vznikají mastné kyseliny s krátkým (SCFA) a středně dlouhým (MCFA) uhlíkovým řetězcem, jejichž syntéza končí u MK s 16 uhlíky (C16). Do mléčné žlázy se dostávají i mastné kyseliny s dlouhým uhlíkovým řetězcem (LCFA), které doputují do mléka přímo z přijatého krmiva (část, která unikla fermentaci) nebo z odbouraných tukových zásob, k čemuž dochází při NEB. A právě LCFA, resp. NEMK uvolněné z tukových zásob při NEB brzdí *de novo* syntézu SCFA a MCFA (Stoop et al., 2009; Gross et al., 2011).

Obrázek 3: Syntéza mastných kyselin (MK) mléčného tuku



ACC = acetyl-CoA karboxyláza, BHB = β -hydroxybutyrát, FAS = syntéza MK, LCFA = MK s dlouhým řetězcem, LPL = lipoproteinová lipáza, MCFA = MK se středně dlouhým řetězcem, MK = mastné kyseliny, NEMK = neesterifikované MK, PUFA = polynenasycené MK, SCD = stearyl-CoA desaturáza, SCFA = MK s krátkým řetězcem, TG = triacylglycerol

Metody pro odhad rizika nemocí

Základní hypotézou předkládané metodiky bylo, že sérové NEMK ovlivňují složení MK mléčného tuku tak, že při NEB narůstá podíl LCFA a klesají podíly SCFA a MCFA v mléčném tuku. Složení MK mléčného tuku může sloužit jako nepřímý indikátor nejen NEB, ale také onemocnění, které s NEB úzce souvisejí – metabolické a reprodukční poruchy.

Klíčovým nástrojem pro určení, zda kráva spadá do kategorie „zdravá“ nebo „nemocná“, se v případě této metodiky stala binární logistická regrese. Pomocí této metody lze, v našem případě na základě složek mléka, vypočítat pravděpodobnost, že se u dojnice objeví zdravotní problém. Konečným výstupem je predikční rovnice, která slouží jako vzorec pro výpočet individuálního skóre rizika pro každou krávu. Toto skóre rizika ukazuje, do jaké míry přítomnost či nepřítomnost klíčových složek mléka (jako jsou obsahy MK nebo tuku) zvyšuje nebo snižuje celkovou šanci, že dojnice v daném období onemocní.

Po výpočtu predikčního modelu je nutné ověřit, do jaké míry je model spolehlivý. K tomu slouží dva hlavní ukazatele. Prvním z nich je senzitivita, což je schopnost testu najít skutečně nemocné jedince. Druhým je specificita, která naopak ukazuje, jak spolehlivě test dokáže správně označit zdravé jedince (Dušek et al., 2011). Vysoké hodnoty těchto ukazatelů zajišťují, že test má co nejméně falešně pozitivních (zdravý jedinec chybně označený jako nemocný) a falešně negativních (nemocný jedinec chybně označený jako zdravý) výsledků.

Pro grafické znázornění a zhodnocení výkonu modelu byla použita metoda Receiver Operating Characteristic (**ROC**) analýzy. Jejím výstupem je ROC křivka, která vizuálně ukazuje, jak dobře daný test rozlišuje mezi rizikovými a nerizikovými jedinci. Dalším výstupem je plocha pod křivkou (Area Under the Curve, **AUC**), která vyjadřuje diagnostickou sílu testu. Hodnoty AUC vyšší než 0,8 signalizují velmi dobrou a spolehlivou diagnostickou schopnost testu pro praktické použití (Mandrekar, 2010).

Zásadním krokem pro využití v praxi je stanovení optimální hraniční hodnoty (cut-off) pro každý predikční model. Jedná se o kritickou hodnotu, která nejlépe vyvažuje senzitivitu a specificitu a při jejímž překročení bude jedinec označen jako rizikový. Pro určení těchto hodnot byla využita metoda Index of Union (**IU**), která nevyžaduje složité výpočty a maximalizuje správnou klasifikaci (Unal, 2017; Gerke et Zapf, 2022).

Předkládaná metodika navazuje na výsledky našeho dosavadního výzkumu, které potvrdily silný vztah mezi složením mléka a metabolickým stavem dojnice. Využitím pokročilých statistických metod, jako je logistická regrese a ROC analýza, se podařilo stanovit spolehlivé predikční modely. Cílem této metodiky, potažmo celého řešeného projektu, je tedy transformovat rutinně získávaná data z KU do podoby funkčního a finančně dostupného diagnostického nástroje. Ten má chovatelům a veterinárním lékařům umožnit včasné a přesné odhalení individuálního rizika metabolických a reprodukčních poruch, a tím optimalizovat management stáda, zlepšit pohodu chovu zvířat a zvýšit rentabilitu mléčné produkce.

I. CÍL METODIKY

Cílem předkládané metodiky je vyvinout a poskytnout spolehlivý, neinvazivní a finančně dostupný nástroj pro včasnou predikci rizika vzniku metabolických a reprodukčních poruch u dojnic. Tato predikce je založena na analýze složení mléka, zejména na složení MK mléčného tuku, které citlivě odrážejí metabolický stav dojnice a hloubku NEB.

Konkrétní cíle a postup

Navrhovaná metodika navazuje na stávající rutinní KU a má za úkol transformovat získaná data do praktického diagnostického systému. Postupnými kroky metodiky bylo:

- **Vyhodnocení diagnostických rozdílů:** Zjištění statisticky významných rozdílů v obsahu složek mléka mezi zdravými jedinci a jedinci s diagnostikovanými metabolickými nebo reprodukčními poruchami.
- **Tvorba predikčních rovnic:** Sestavení spolehlivých predikčních modelů (logistická regrese) pro odhad individuálního skóre rizika pro jednotlivé skupiny zvířat (prvotelky a krávy na druhé a vyšší laktaci).
- **Ověření diagnostické spolehlivosti:** Zhodnocení výkonu modelů pomocí ROC analýzy s cílem ověřit diagnostickou sílu pro praktické využití.
- **Stanovení hraničních hodnot:** Určení optimálních kritických hodnot, které nejlépe vyvažují senzitivitu a specificitu, na jejichž základě může chovatel okamžitě zahájit preventivní nebo cílená léčebná opatření u rizikových jedinců.

Předkládaná metodika tak umožní chovatelům efektivně monitorovat zdravotní riziko a snížit ekonomické ztráty plynoucí z nejčastějších chorob dojnic.

II. VLASTNÍ POPIS METODIKY

Metodika experimentálního sledování

Charakteristika stád

Experimentální sledování probíhalo ve 3 komerčních chovech dojeného skotu (Stáda **A**, **B**, **C**) v období od září 2023 do června 2025. Sledovaná stáda se vyznačovala vysokou mléčnou užitkovostí (přes 10 000 kg mléka za normovanou laktaci (viz Tabulka 1). Technologické zázemí zahrnovalo dojírny AfiMilk (S. A. E., Afikim, Izrael) a Westfalia (GEA Farm Technologies, Německo) s automatickým záznamem nádoje pomocí softwarů AfiFarm a FarmSoft (FARMTEC, Česko). Dojení ve všech stádech probíhalo 2× denně. Ve sledovaných stádech se krmilo 2× denně směsnou krmnou dávkou (**TMR**), která byla několikrát denně přihrnována automatickými přihrnovači krmiv. Dojnice v časně fázi laktace byly krmeny TMR založenou na kukuřičné siláži, vojtěškové senáži, seně, koncentrovaných krmivech a minerálně vitaminových doplňcích. Do finálních výpočtů pro potřeby předkládané metodiky bylo zařazeno celkem 1 525 dojnic plemene holštýnského skotu. Sledování probíhalo v rámci provádění měsíční KU.

Tabulka 1: Charakteristika stád zařazených do experimentů

Stádo	A	B	C
Kraj	Středočeský	Vysočina	Vysočina
Průměrný počet dojených krav ve stádě	190	620	240
Mléčná užitkovost za normovanou laktaci (kg) ¹	10 355	10 483	10 478
Převažující plemenná příslušnost	Holštýnský skot	Holštýnský skot	Holštýnský skot
Experimentální období	9/2023–6/2025	7/2024–6/2025	9/2023–6/2025

¹ Údaje byly čerpány a průměrovány z Výsledků kontroly užitkovosti v České republice vydávané Českomoravskou společností chovatelů, a. s. (ČMSCH) za kontrolní roky 2022–2023 a 2023–2024.

Vzorky mléka

Vzorky mléka byly odebírány a hodnoceny podle Zásad provádění KU (ČMSCH, 2024) metodou A4-A. Analýza vzorků mléka probíhala v Laboratoři pro rozbor mléka v Brně při Českomoravské společnosti chovatelů, a.s. metodou FTIR. Ze základních složek byly měřeny obsahy tuku, proteinu a laktózy a byl dopočítán poměr tuku a bílkovin (**T:P**). Dále byly analyzovány obsahy MK mléčného tuku, a to jak skupin MK, tak obsahově významných individuálních MK. Veškeré hodnocené parametry jsou podrobně popsány v Tabulce 2. Všechny složky mléka byly pro účely této metodiky počítány jako denní průměr. Všechny MK analyzované metodou FTIR jsou v jednotkách g/100 g mléka a byly dále přepočítány na jednotky g/100 g mléčného tuku podle následující rovnice:

$$MK \text{ (g/100 g tuku)} = \frac{MK \text{ (g/100 g mléka)}}{\text{obsah tuku (\%)}} \times 100.$$

Tabulka 2: Analyzované parametry z mléka

Analyzované parametry
Základní složky mléka (%)
Tuk
Bílkovina
Laktóza
T:P – poměr tuku k bílkovinám
Mastné kyseliny mléčného tuku (g/100 g mléka)
SFA – nasycené mastné kyseliny (bez dvojné vazby)
tUFA – celkové nenasyčené mastné kyseliny (100 - SFA)
SCFA – mastné kyseliny s krátkým uhlíkovým řetězcem (C4 – C10)
MCFA – mastné kyseliny se středně dlouhým uhlíkovým řetězcem (C12 – C16)
LCFA – mastné kyseliny s dlouhým uhlíkovým řetězcem (C18 a delší)
MUFA – mononenasyčené mastné kyseliny (s jednou dvojnou vazbou)
PUFA – polynenasycené mastné kyseliny (se dvěma a více dvojnými vazbami)
C14:0 – kyselina myristová
C16:0 – kyselina palmitová
C18:0 – kyselina stearová
C18:1 – kyselina oktadecenová

Záznamy onemocnění

Záznamy o zdravotním stavu dojníc byly získávány z faremních softwarů pro řízení stáda (AfiFarm, FarmSoft) a z Deníku nemocí a léčení vedeného zootechniky. Sledování probíhalo po celou dobu experimentálního období, přičemž výskyt onemocnění byl přiřazován ke konkrétní měsíční KU. To znamená, že pokud se u krávy objevila diagnostikovaná nemoc (metabolická nebo reprodukční) v měsíci, kdy probíhala KU, byla tato událost přiřazena k datům o složení mléka z téže KU. Pro potřeby metodiky byly vytvořeny dvě hlavní kategorie onemocnění, klasifikované na základě veterinárních záznamů:

- **Metabolická onemocnění:** ketózy, hypokalcémie, ulehnutí, dislokace slezu, funkční poruchy bacheru, kam řadíme poruchy fermentace projevující se změnami pH a složení bacherového obsahu a poruchy motoriky a odchodu plynů.
- **Reprodukční poruchy:** cysty, acyklie, (endo)metritidy, pyometra, retence placenty, zmetání.

Frekvence výskytu onemocnění (vyjádřená jako podíl nemocných krav z celkového počtu sledovaných jedinců) byla sledována v několika kritických fázích laktace. Z Tabulka 3 je patrné, že největší podíl akutních zdravotních problémů, jak metabolických, tak reprodukčních, nastává v prvním měsíci laktace (0–30 dnů). Četnost s postupující laktací klesá.

Tabulka 3: Četnost metabolických a reprodukčních poruch ve sledovaných stádech

Kategorie nemoci	Dny laktace			
	0–30	0–60	0–90	0–305
Metabolické	8,0 %	4,3 %	3,1 %	1,6 %
Reprodukční	36,3 %	22,3 %	15,2 %	5,4 %

Pro statistické predikční modely byly použity datové sady odpovídající kritickému období pro danou kategorii onemocnění:

- Pro predikci metabolických onemocnění byla použita data kumulovaná za období 0–90 dnů laktace. Toto období bylo zvoleno, protože vrchol NEB a s ní souvisejících metabolických poruch obvykle nastává do 90. dne laktace a včasná predikce v této fázi má největší praktický dopad na prevenci chronických problémů.
- Pro predikci reprodukčních poruch byla použita data pokrývající normovanou laktaci. Ačkoliv se některé poruchy reprodukčního aparátu (např. metritida) objevují brzy po otelení, další poruchy (např. cysty, neschopnost zabřeznutí) se objevují po celou dobu laktace.

Do predikčního modelu (logistická regrese) pro metabolická onemocnění byla zařazena pouze stáda B a C, jelikož ve stádu A byl výskyt metabolických onemocnění zanedbatelný, což by vedlo k selhání statistických modelů. U reprodukčních poruch byly použity údaje ze všech stád. Výpočty byly provedeny za všechna stáda dohromady, aby se zachovala dostatečná statistická síla pro robustní modely. Navíc bylo prokázáno, že samotné vztahy mezi NEB, a tedy energetickým stavem organismu, a složkami mléka jsou stejné napříč jednotlivými stády (Štolcová et al., 2024), což umožňuje hodnotit sledovaná stáda dohromady.

Statistická analýza

Statistická analýza a hodnocení dat byly provedeny s využitím software SAS (verze 9.4; SAS Institute Inc., Cary, NC).

Příprava dat:

- Data byla podrobena klasické explorační analýze, přičemž lze konstatovat, že všechny proměnné vstupující do analýzy (v rámci předkládané metodiky) měly normální rozdělení.
- Odlehle hodnoty (definované $\pm 3,5$ směrodatné odchylky od průměru) nebyly z dalšího zpracování odstraněny, jelikož mohly nést významné informace o zdravotním stavu zvířat. Byly ošetřeny metodou winsorizing – nahrazeny nejbližší neodlehlou hodnotou.
- Dojnice byly na základě veterinárních záznamů rozděleny do dvou skupin pro každou sledovanou kategorii onemocnění (metabolické a reprodukční): „zdravá“ (0) a „nemocná“ (1).

Vyhodnocení rozdílů složek mléka:

- Pro zjištění, zda se nádoje a složky mléka významně liší mezi zdravými a nemocnými jedinci, byly rozdíly mezi skupinami „nemocná“ (1) a „zdravá“ (0) vyhodnoceny metodou nejmenších čtverců v analýze zobecněného lineárního modelu (proc GLM, SAS) při souběžné kontrole stálých efektů stáje, pořadí laktace (tj. parity), roku a sezóny otelení.

Predikční modelování a spolehlivost:

- Predikce rizika byla provedena metodou binární logistické regrese (PROC LOGISTIC). Pro výběr nejvhodnějších prediktorů byla využita stepwise selekce s iterativním automatickým přidáváním a odebíráním jednotlivých efektů do modelové rovnice na základě předdefinovaného kritéria $p \leq 0,05$.
- Jako vysvětlující proměnné byly testovány: parita, odpolední nádoj, obsah tuku, bílkovin, laktózy, poměr tuku a proteinu, všechny analyzované skupiny MK (LCFA, MCFA, SCFA, SFA, tUFA, MUFA, PUFA) a jednotlivé MK (C14:0, C16:0, C18:0 a C18:1).
- Předběžné testy zahrnovaly MK vyjádřené v g/100 g mléka i v g/100 g mléčného tuku; pro finální rovnice byly využity jednotky g/100 g mléčného tuku, které prokázaly lepší predikční schopnost.

- Pořadí laktace se ukázalo jako statisticky významný efekt, proto byly finální modely sestaveny zvlášť pro prvotelky a zvlášť pro krávy na 2. a vyšších laktacích (dále oddíl Predikce onemocnění na základě logistické regrese a analýzy ROC).
- Hodnocené úseky laktace byly definovány na základě výskytu nemocí jako: 0–90 dnů laktace pro metabolická onemocnění a 0–305 dnů laktace pro poruchy reprodukce, jak je popsáno v oddílu Záznamy onemocnění.
- Na základě vybraných modelových rovnic byly dopočteny a do výstupního souboru vypsány predikované pravděpodobnosti ($\widehat{\pi}$), že nemoc nastane (nemoc = 1). A kromě toho byly vypočteny senzitivita a 1–specifita (tj. míra falešné positivity) pro danou kombinaci proměnných. Na základě těchto vstupů byly sestaveny ROC křivky. Grafy se zobrazením AUC a hraničních hodnot stanovených metodou IU byly zakresleny s využitím makra *rocplot* (viz <https://support.sas.com/kb/25/018.html>).
- Využitelnost modelů byla posouzena pomocí dosažené hodnoty AUC, která vyjadřuje celkovou diagnostickou sílu testu.

Stanovení hraničních hodnot:

- Pro praktické využití byla stanovena optimální hraniční hodnota (cut-off) pro každý predikční model. Pro její určení byla využita metoda IU, která optimalizuje vyvážení senzitivity a specifity pro dosažení co nejlepší celkové klasifikace.

Výsledky

Prezentované výsledky vycházejí z analýzy složení mléka u dojnic a zaměřují se na kvantifikaci rozdílů v metabolických ukazatelích (zejména MK mléčného tuku) u zvířat rozdělených podle výskytu diagnostikovaných metabolických a reprodukčních onemocnění. Pomocí binární logistické regrese a analýzy ROC byly následně sestaveny a testovány predikční modely pro odhad rizika těchto onemocnění, přičemž byla stanovena i optimální sada hraničních hodnot pro praktické využití.

Rozdíly v nádoji a složkách mléka u dojnic rozdělených podle výskytu onemocnění

Rozdíly v nádoji a složkách mléka byly vypočteny za normovanou laktaci). Vzhledem k velmi nízké frekvenci metabolických onemocnění ve stádě A bylo toto z hodnocení vyřazeno. Výpočty týkající se reprodukčních onemocnění zahrnovaly už všechna 3 stáda.

Metabolická onemocnění

Analýza rozdílů ve složení mléka u dojnic rozdělených podle výskytu metabolických onemocnění (Tabulka 4) potvrdila základní hypotézu, že tento typ onemocnění je silně spojený s mobilizací tělesného tuku v rané fázi laktace. U nemocných dojnic byl zjištěn o 20 % vyšší obsah tuku a tím i vyšší poměr T:P (o 22,3 %), což jsou standardní ukazatele energetického deficitu.

Tyto změny jsou doprovázeny zvýšenou mobilizací LCFA původem z tukových zásob. Skupina nemocných krav vykazovala signifikantně vyšší podíl LCFA (o 16 %), kam patří i C18:1 a C18:0, které byly u nemocných krav vyšší o 18,1 %, resp. 18,6 %. Byl zvýšen také obsah mononenasycených MK (**MUFA**; o 14 %), což souvisí s obsahem C18:1, která je významnou součástí MUFA. Vysoká koncentrace LCFA, zejména C18:0 a C18:1, v mléčném tuku je přímým důkazem lipomobilizace, neboť tyto mastné kyseliny jsou uvolňovány z tělesných tukových zásob ve formě NEMK a transportovány do mléčné žlázy, kde se inkorporují do mléčného tuku (Tyburczy et al, 2008). Zjištěná asociace mezi zvýšeným C18:1 a metabolickým onemocněním je konzistentní s pracemi, které identifikovaly C18:1 jako významný ukazatel zvýšené hladiny sérových NEMK a důležitý marker pro predikci klinických i subklinických ketóz (Jorjong et al., 2014; Mäntysaari et al., 2019; Pires et al., 2022; Štolcová et al., 2024).

Přísunem LCFA do mléčné žlázy došlo k signifikantní inhibici *de novo* syntézy MK, což se projevilo o 16,7 % nižším obsahem MCFA ve skupině nemocných krav. Tento pokles je primárně způsoben snížením obsahu C14:0 a C16:0 o 20,8 %, resp. 12,6 %. Zatímco syntéza MCFA byla inhibována, obsahy SCFA se mezi zdravou a nemocnou skupinou dojnic signifikantně nelišily. Tento jev je dán tím, že ačkoliv SCFA jsou syntetizovány *de novo*, tak syntéza kyseliny máselné (C4:0), která tvoří významný podíl SCFA, není ovlivněna množstvím LCFA v mléčné žláze, jelikož její tvorba není závislá na acetyl-CoA-karboxyláze, jejíž aktivita je přítomností LCFA utlumena (Palmquist et al., 1993).

Navíc krávy s metabolickými poruchami měly o 9,4 % nižší odpolední nádoj a o 1,6 % nižší obsah laktózy, což odráží celkový metabolický stres a sníženou syntetickou kapacitu mléčné žlázy.

Tabulka 4: Rozdíly v nádoji a složkách mléka z odpoledního dojení v průměru za laktaci mezi skupinami dojnic podle výskytu metabolických onemocnění ve všech stádech dohromady (vyjma stáda A)

METABOLICKÁ ONEMOCNĚNÍ		
Proměnná	ZDRAVÁ	NEMOCNÁ
N záznamů	5 064	101
Nádoj odpolední (kg)	17,99 ^a	16,29 ^b
Základní složky mléka z odpoledního dojení (%)		
Bílkoviny	3,42	3,44
Tuk	3,83 ^b	4,60 ^a
T:P	1,12 ^b	1,37 ^a
Laktóza	4,95 ^a	4,87 ^b
Mastné kyseliny mléčného tuku z odpoledního dojení (g/100 g tuku)		
SFA	65,96 ^a	62,72 ^b
tUFA	29,03 ^b	32,27 ^a
SCFA	12,22	12,18
MCFA	38,02 ^a	31,68 ^b
LCFA	36,06 ^b	41,81 ^a
MUFA	27,74 ^b	31,63 ^a
PUFA	2,54	2,66
C14:0	10,40 ^a	8,24 ^b
C16:0	26,69 ^a	23,34 ^b
C18:0	8,82 ^b	10,46 ^a
C18:1	27,77 ^b	32,81 ^a

T:P = poměr tuku a proteínu; SFA = nasycené mastné kyseliny; tUFA = celkové nenasycené mastné kyseliny; SCFA = mastné kyseliny s krátkým uhlíkovým řetězcem; MCFA = mastné kyseliny se středně dlouhým uhlíkovým řetězcem; LCFA = mastné kyseliny s dlouhým uhlíkovým řetězcem; MUFA = mononenasyčené mastné kyseliny; PUFA = polynenasycené mastné kyseliny; C14:0 = kyselina myristová; C16:0 = kyselina palmitová; C18:0 = kyselina stearová; C18:1 = kyselina oktadecenová;

a, b = stáda se významně liší ($p < 0,05$)

Reprodukční onemocnění

Zjištěné rozdíly u reprodukčních onemocnění (Tabulka 5) jsou kvalitativně totožné s rozdíly zjištěnými u krav s metabolickými poruchami, což naznačuje, že reprodukční poruchy mají kořeny ve stejných metabolických změnách na počátku laktace. U nemocných krav s diagnostikovanými reprodukčními poruchami (cysty, metritidy, retence placenty apod.) byl zjištěn o 15,2 % vyšší obsah tuku v mléce ve srovnání se zdravými zvířaty. Rovněž poměr T:P byl signifikantně vyšší (o 18 %).

Potvrzuje se, že metabolický stres vedl k signifikantním změnám ve složení MK mléčného tuku také u krav s reprodukčními poruchami. Nemocné krávy měly o 17,5 % vyšší podíl LCFA, a tím i vyšší obsahy C18:1 a C18:0 (o 17,1 %, resp. 31 %). S obsahem C18:1 úzce souvisí obsah MUFA, který byl u nemocných krav o 15,3 % vyšší než u krav zdravých. Naopak obsah MCFA byl ve skupině nemocných krav nižší o 15,4 %, s čímž souvisí také nižší obsahy C14:0 a C16:0 o 22,3 %, resp. 10,9 %. Zjištěné rozdíly dokládají, že krávy, které prošly NEB (masivní mobilizací tukových zásob), měly vyšší pravděpodobnost následných reprodukčních komplikací. To je v souladu s literárními prameny, které popisují, že hluboká a dlouhotrvající NEB je hlavním rizikovým faktorem pro později nastupující ovariaální cyklicitu a reprodukční poruchy, jelikož vysoké koncentrace NEMK v krvi negativně ovlivňují zrání oocytů, vývoj zárodku a snižují imunitní funkce v děložní tkáni, čímž zvyšují riziko infekcí jako např. metritida (Leroy et al., 2005, LeBlanc, 2010). Skupina krav s reprodukčními poruchami vykázala statisticky vyšší odpolední nádoj (o 5 %) než skupina krav zdravých. Ačkoliv to může naznačovat, že tato onemocnění nemusí mít akutní negativní vliv na samotnou produkci mléka, tento výsledek může také poukazovat na to, že vyšší intenzita produkce v rané laktaci (tedy vyšší nádoj) vede k hlubší NEB. Zvýšený metabolický stres u vysoce užitkových krav je poté primární příčinou rizika vzniku reprodukčních onemocnění v pozdější fázi laktace.

Tabulka 5: Rozdíly v nádoji a složkách mléka z odpoledního dojení v průměru za laktaci mezi skupinami dojnic podle výskytu reprodukčních onemocnění ve všech 3 stádech dohromady

REPRODUKČNÍ ONEMOCNĚNÍ		
Proměnná	ZDRAVÁ	NEMOCNÁ
N záznamů	6 218	353
Nádoj odpolední (kg)	18,06 ^b	18,99 ^a
Základní složky mléka z odpoledního dojení (%)		
Bílkoviny	3,40 ^a	3,32 ^b
Tuk	3,76 ^b	4,33 ^a
T:P	1,11 ^b	1,31 ^a
Laktóza	4,96 ^a	4,93 ^b
Mastné kyseliny mléčného tuku z odpoledního dojení (g/100 g tuku)		
SFA	66,14 ^a	62,25 ^b
tUFA	28,86 ^b	32,75 ^a
SCFA	12,23 ^a	11,86 ^b
MCFA	38,26 ^a	32,37 ^b
LCFA	35,57 ^b	41,80 ^a
MUFA	27,57 ^b	31,80 ^a
PUFA	2,54 ^b	2,81 ^a
C14:0	10,60 ^a	8,24 ^b
C16:0	26,85 ^a	23,91 ^b
C18:0	8,56 ^b	11,23 ^a
C18:1	27,49 ^b	32,20 ^a

T:P = poměr tuku a proteinu; SFA = nasycené mastné kyseliny; tUFA = celkové nenasycené mastné kyseliny; SCFA = mastné kyseliny s krátkým uhlíkovým řetězcem; MCFA = mastné kyseliny se středně dlouhým uhlíkovým řetězcem; LCFA = mastné kyseliny s dlouhým uhlíkovým řetězcem; MUFA = mononenasyčené mastné kyseliny; PUFA = polynenasycené mastné kyseliny; C14:0 = kyselina myristová; C16:0 = kyselina palmitová; C18:0 = kyselina stearová; C18:1 = kyselina oktadecenová;

a, b = stáda se významně liší ($p < 0,05$)

Predikce onemocnění na základě logistické regrese a analýzy ROC

Predikce metabolických onemocnění

Predikční modely sestavené binární logistickou regresí pro metabolická onemocnění dosáhly velmi dobré diagnostické spolehlivosti, s hodnotami AUC v rozmezí 0,81 až 0,86 (Tabulka 6). Tyto hodnoty potvrzují, že složení mléčného tuku je robustním nástrojem pro odhad rizika.

Model vytvořený pro všechny laktace byl nejslabší (přesto měl velmi dobrou predikční schopnost s AUC 0,81) a hlavními rizikovými faktory byl nižší nádoj a vyšší obsahy tuku a C18:1. Významnou roli v modelu hrála také parita, proto byly modely sestaveny zvlášť pro prvotelky a zvlášť pro krávy na druhé a vyšší laktaci. Nejvyšší predikční sílu (AUC 0,86) vykázal model pro prvotelky, který je jednodušší a ukazuje, že hlavním rizikovým faktorem pro vznik metabolických poruch je zvýšený obsah tuku a MUFA. U starších krav je model komplexnější, s AUC 0,82. Zde jsou rizikovými faktory zvýšený obsah bílkovin, pokles nádoje a snížený obsah C14:0.

To je v těsném souladu s nedávnou studií zaměřenou na predikci samotné NEB pomocí stejných složek mléka využívaných v předkládané metodice, kde klíčovými prediktory byly C18:1, C18:0 a C14:0 a hodnoty AUC dosahovaly 0,83 až 0,92 (Štolcová et al., 2025). Tato shoda dokládá, že navzdory tomu, že naše modely predikují klinické onemocnění a nikoli jen laboratorní parametr (NEMK poukazující na NEB), MK mléčného tuku si zachovávají svou vysokou predikční sílu.

Tabulka 6: Výsledné regresní rovnice a plocha pod křivkou (AUC) pro predikci metabolických onemocnění (MTB) dojníc v období 0–90 dnů laktace pro soubor všech stád dohromady (vyjma stáda A, v modelech využity MK v g/100 g mléčného tuku)

Parita	N nemocných	Výsledný model	AUC
Všechny laktace	64	$MTB = -8,40 + 0,85 \times parita - 0,13 \times nádoj + 0,57 \times tuk + 0,11 \times C18:1$	0,81
Prvotelky	24	$MTB = -13,16 + 1,07 \times tuk + 0,15 \times MUFA$	0,86
Krávy na 2. a vyšší laktaci	40	$MTB = -1,20 - 0,12 \times nádoj + 1,32 \times protein - 0,48 \times C14:0$	0,82

AUC = plocha pod křivkou, C14:0 = kyselina myristová, C18:1 = kyselina oktadecenová, MUFA = mononenasyčené mastné kyseliny

Predikce reprodukčních onemocnění

Modely pro predikci reprodukčních onemocnění dosáhly ještě lepší diagnostické spolehlivosti, s hodnotami AUC 0,86 až 0,90 (Tabulka 7). Tato vysoká spolehlivost potvrzuje silný a dlouhodobý vliv metabolického stresu (NEB) na plodnost. Nejvyšší spolehlivost byla opět zaznamenána u modelu pro prvotelky, kde AUC dosáhla hodnoty 0,90.

Ve všech modelech se jako nejsilnější rizikové faktory potvrdily MK uvolněné z tělesného tuku – zejména C18:0 a C18:1, jejichž zvýšený obsah je přímým důkazem masivní mobilizace tukových zásob. Jak už bylo zmiňováno, tyto kyseliny jsou primárně uvolňovány z tělesného tuku a jejich zvýšené koncentrace v mléce značí vysoké riziko metabolického poškození a reprodukčního selhání. Současně s růstem rizikových MK se do rovnice dostala i C14:0, jejíž snížení může indikovat nemoc, protože syntéza této kyseliny je utlumena právě přítomností MK C18 z mobilizovaného tuku.

Komplexnost modelu pro všechny laktace, který zahrnuje více proměnných (např. LCFA, SFA), sice na první pohled komplikuje jeho interpretaci, ale tento jev je způsoben silnou korelací a statistickou korekcí. LCFA zahrnuje MK C18 a jakmile jsou klíčové a nejvíce rizikové C18:0 a C18:1 zařazeny do rovnice s kladným koeficientem, model již plně vysvětlil riziko spojené s mobilizací tuku. Negativní koeficient u LCFA (-0,33) v

tomto kontextu neznámá, že snížený obsah LCFA snižuje riziko nemoci, ale že C18:0 a C18:1 jsou natolik dominantní, že zbytek MK v rámci skupiny LCFA má pro predikci malý nebo dokonce korigující vliv. Klíčové prediktory související s mobilizací tuku (C18:0, C18:1) jsou natolik silné a dominantní, že spolehlivě odliší nemocné jedince i v souboru dat z různých chovatelských podmínek.

Tabulka 7: Výsledné regresní rovnice a plocha pod křivkou (AUC) pro predikci reprodukčních onemocnění (REPRO) dojníc v období 0–305 dnů laktace pro soubor všech 3 stád dohromady (v modelech využití MK v g/100 g mléčného tuku)

Parita	N nemocných	Výsledný model	AUC
Všechny laktace	353	$REPRO = 7,57 + 0,09 \times nádoj + 0,41 \times tuk + 0,72 \times C18:0 - 0,52 \times C14:0 + 0,20 \times C18:1 - 0,33 \times LCFA + 0,29 \times SCFA - 0,26 \times SFA$	0,87
Prvotelky	108	$REPRO = -12,02 + 0,51 \times tuk + 0,88 \times C18:0 + 0,33 \times C18:1 - 0,34 \times LCFA + 0,46 \times PUFA$	0,90
Krávy na 2. a vyšší laktaci	245	$REPRO = 15,29 + 0,07 \times nádoj + 0,46 \times C18:0 - 1,02 \times C14:0 - 0,22 \times LCFA + 0,11 \times MCFA + 0,23 \times SCFA - 0,20 \times SFA$	0,85

AUC = plocha pod křivkou, C14:0 = kyselina myristová, C18:0 = kyselina stearová, C18:1 = kyselina oktadecenová, LCFA = mastné kyseliny s dlouhým uhlíkovým řetězcem, MCFA = mastné kyseliny se středně dlouhým uhlíkovým řetězcem, SCFA = mastné kyseliny s krátkým uhlíkovým řetězcem, SFA = nasycené mastné kyseliny, PUFA = polynenasycené mastné kyseliny

Stanovení hraničních hodnot pro predikci dojníc s onemocněním

Pro praktické nasazení predikčních rovnic byly stanoveny optimální hraniční hodnoty pomocí metody IU, jejímž cílem je dosáhnout nejlepšího vyvážení mezi senzitivitou a specificitou.

Metabolická onemocnění

Modely pro odhad rizika metabolických onemocnění dosáhly dobré vyrovnanosti mezi senzitivitou a specificitou, což je pro praktické použití zásadní. Nejvyššího výkonu bylo dosaženo u modelu pro prvotelky, kde senzitivita i specificita činily shodně 0,79 (Tabulka 8). Tato hodnota znamená, že model správně identifikuje 79 % skutečně nemocných krav a správně klasifikuje 79 % zdravých krav. S tímto modelem je spojena míra falešné pozitivity 21 %, což znamená, že přibližně každá pátá kráva, kterou systém označí za rizikovou, bude ve skutečnosti zdravá. V kontextu metabolických onemocnění v rané laktaci je tato míra přijatelná, protože vysoká senzitivita má vyšší ekonomickou prioritu než minimalizace nákladů na zbytečnou kontrolu zdravých zvířat, jelikož včasná intervence u skutečně rizikových zvířat snižuje riziko závažných sekundárních komplikací. Model pro všechny laktace dosáhl hodnot senzitivity a specificity 0,75 s mírně vyšší falešnou pozitivitou (25 %), což opět potvrzuje vyšší přesnost specifických modelů pro prvotelky.

Tabulka 8: Hraniční hodnoty zjištěné metodou Index of Union (IU), senzitivita, specificita a míra falešné pozitivity pro predikci metabolických onemocnění dojníc v období 0–90 dnů laktace pro soubor všech stád dohromady (vyjma stáda A)

Parita	N nemocných	Hraniční hodnota (IU)	Senzitivita	Specificita	Falešná pozitivita (%)
Všechny laktace	64	0,035	0,75	0,75	25
Prvotelky	24	0,035	0,79	0,79	21
Krávy na 2. a vyšší laktaci	40	0,038	0,75	0,76	24

IU = Index of Union

Reprodukční onemocnění

Modely pro predikci reprodukčních poruch prokázaly ještě vyšší výkon a spolehlivost než modely pro metabolická onemocnění. Model pro prvotelky dosáhl nejlepšího výkonu se senzitivitou a specificitou 0,82 (podrobněji Tabulka 9), což potvrzuje, že analýza má vynikající diagnostickou sílu pro predikci reprodukčního selhání. S modelem pro prvotelky je spojena nejnižší míra falešné positivity (18 %). Takto nízká chybovost je pro chovatele velmi cenná, protože minimalizuje zbytečné náklady na hormonální ošetření, diagnostiku nebo prodloužení neproduktivní servis periody u zdravých zvířat. Rovněž model pro všechny laktace dosáhl vysoké spolehlivosti (senzitivita a specificita 0,80) a relativně nízké falešné positivity (20 %). Celkově výsledky jasně demonstrují, že stanovené hraniční hodnoty pro reprodukční onemocnění jsou velmi spolehlivým a robustním nástrojem pro cílený management plodnosti.

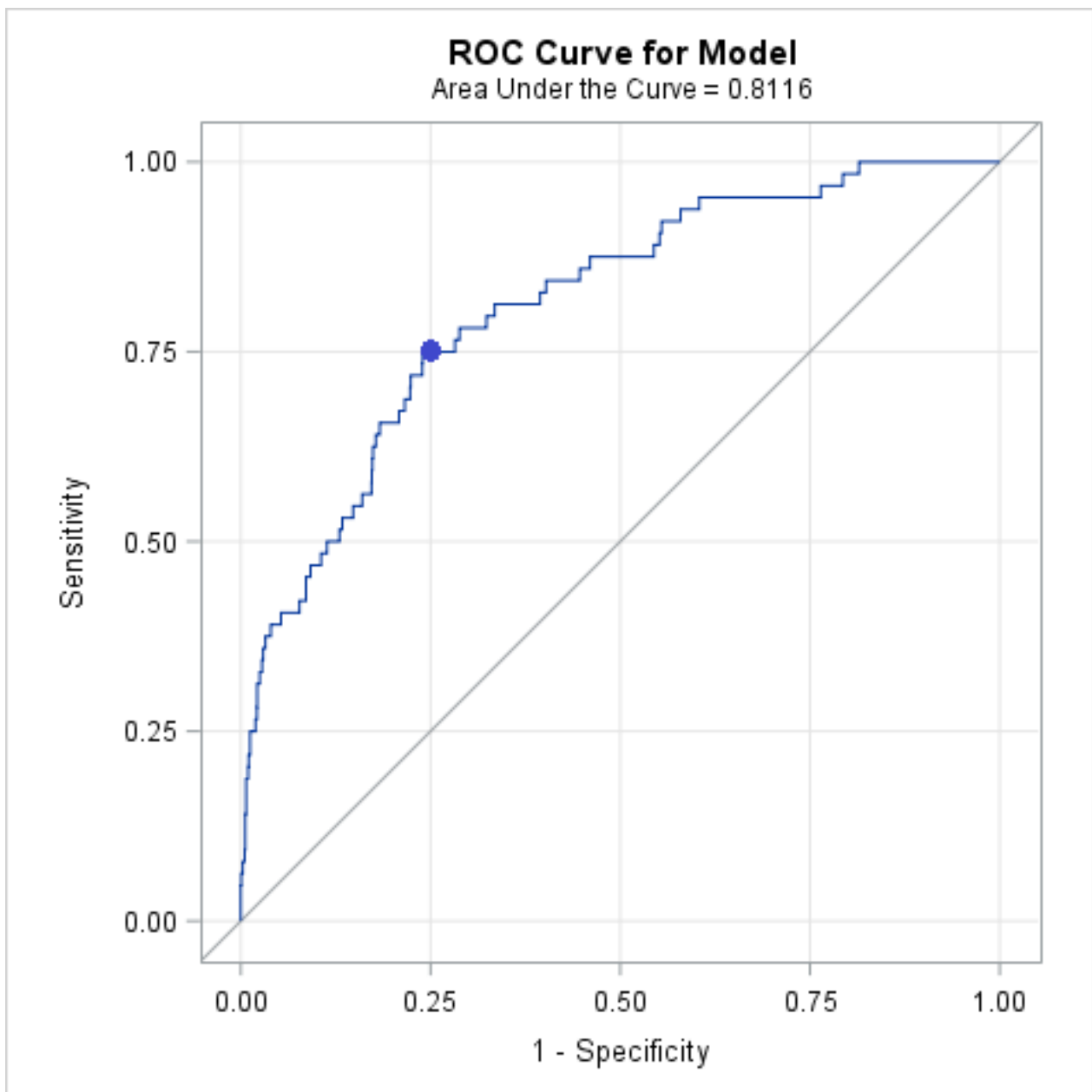
Tabulka 9: Hraniční hodnoty zjištěné metodou Index of Union (IU), senzitivita, specificita a míra falešné positivity pro predikci reprodukčních onemocnění dojníc v období 0–305 dnů laktace pro soubor všech 3 stád dohromady

Parita	N nemocných	Hraniční hodnota (IU)	Senzitivita	Specificita	Falešná pozitivita (%)
Všechny laktace	353	0,047	0,80	0,80	20
Prvotelky	108	0,039	0,82	0,82	18
Krávy na 2. a vyšší laktaci	245	0,054	0,79	0,79	21

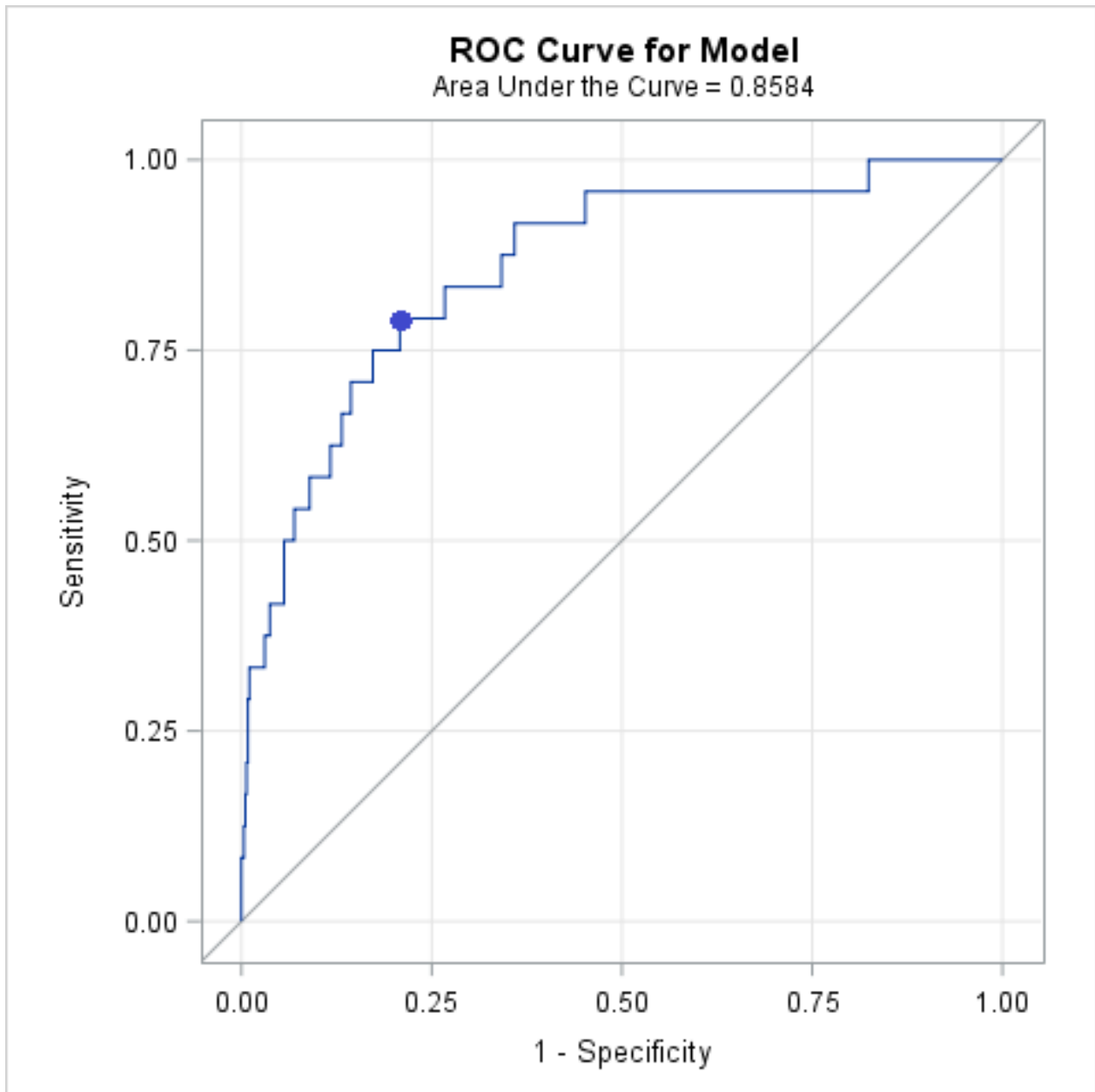
IU = Index of Union

Vlastní ROC křivky včetně vykreslení hraničních hodnot zjištěných pomocí metody IU (•) jsou zobrazeny v Grafech 1 až 6.

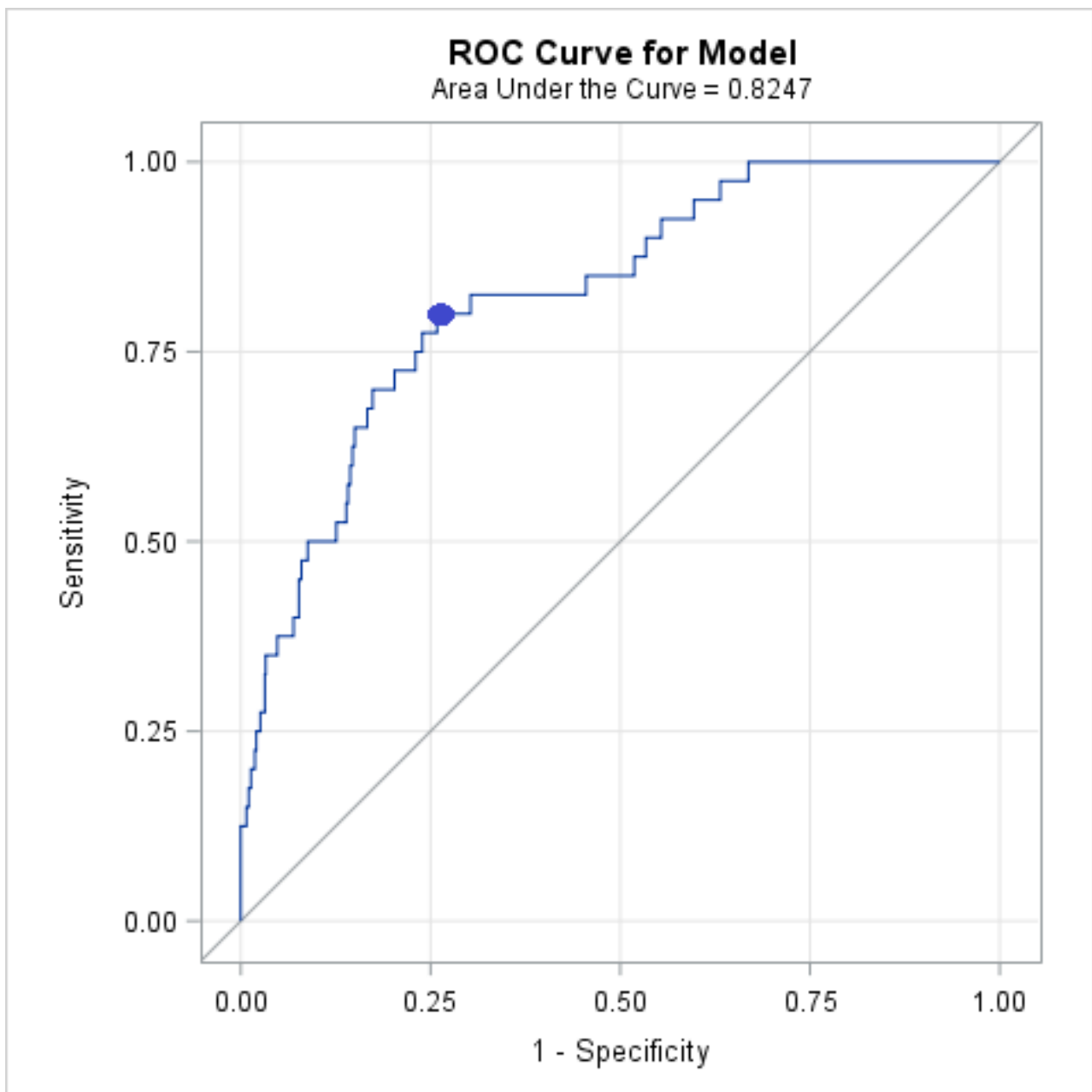
Graf 1: ROC křivka s vyobrazením hraničních hodnot (*) pro predikci metabolických poruch u dojnic bez ohledu na paritu



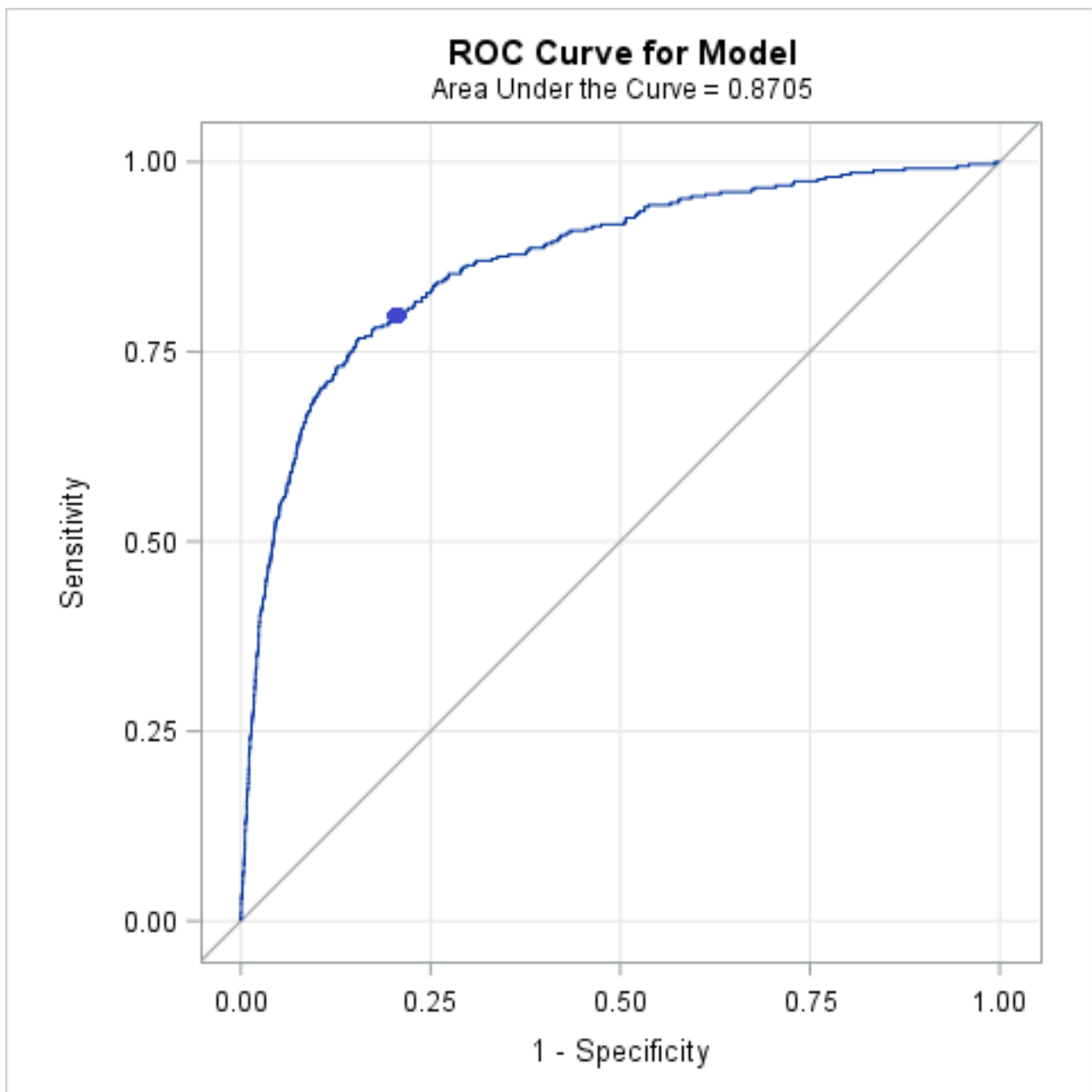
Graf 2: ROC křivka s vyobrazením hraničních hodnot (•) pro predikci metabolických poruch u prvotek



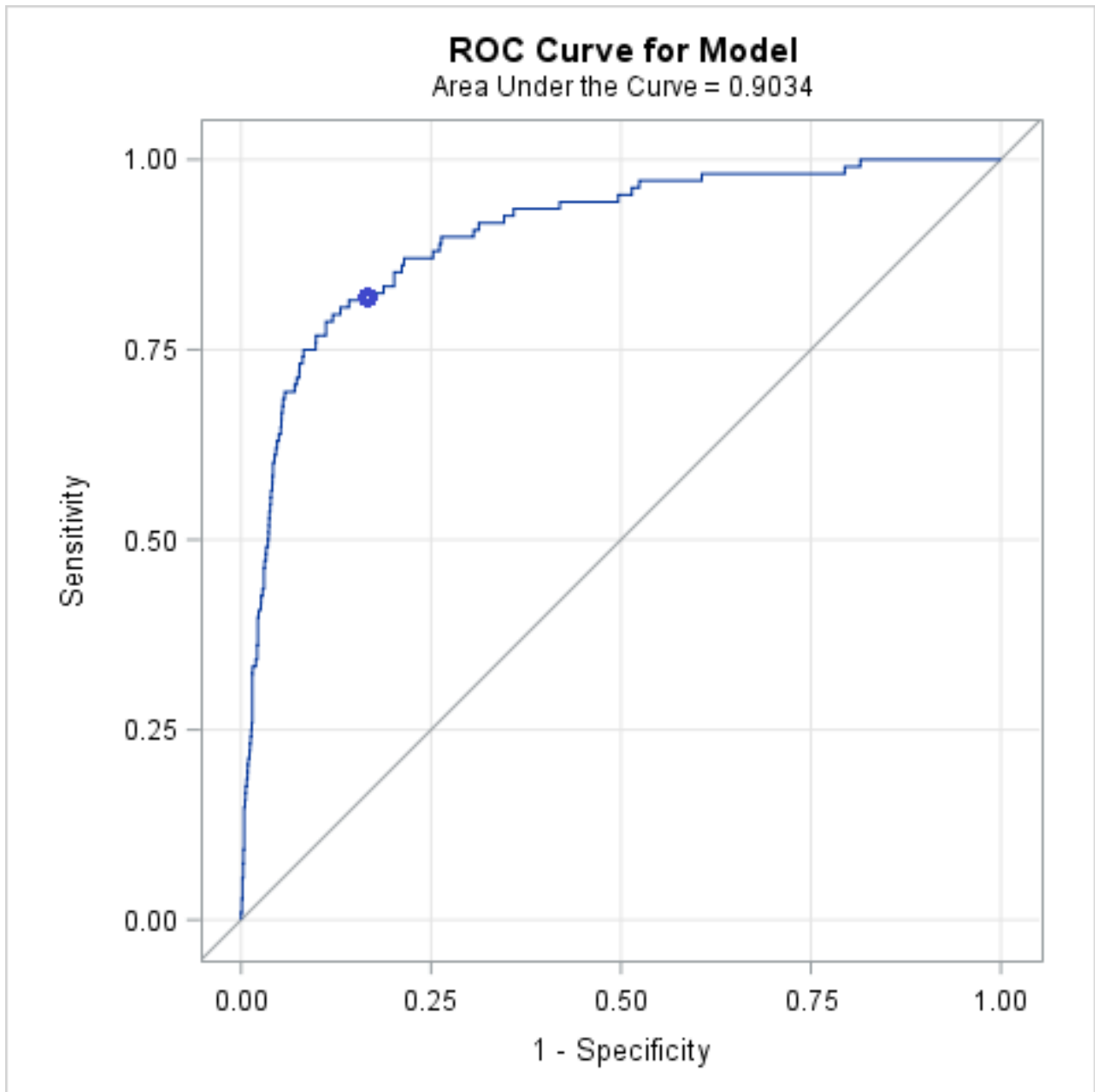
Graf 3: ROC křivka s vyobrazením hraničních hodnot (•) pro predikci metabolických poruch u dojnic na druhé a vyšší laktaci



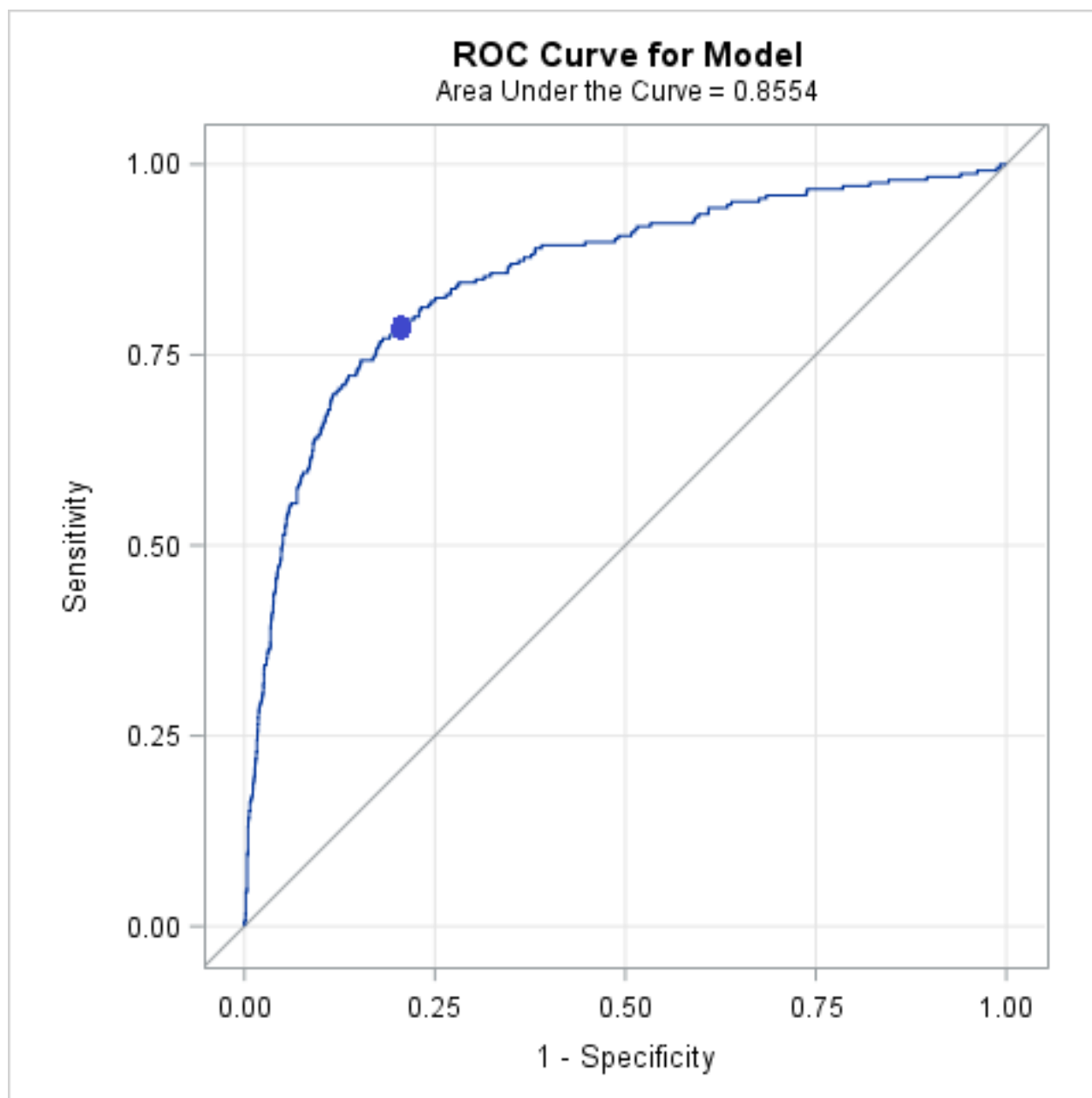
Graf 4: ROC křivka s vyobrazením hraničních hodnot (*) pro predikci poruch reprodukce u dojnic bez ohledu na paritu



Graf 5: ROC křivka s vyobrazením hraničních hodnot (•) pro predikci poruch reprodukce u prvotek



Graf 6: ROC křivka s vyobrazením hraničních hodnot (•) pro predikci poruch reprodukce u dojnic na druhé a vyšší laktaci



Celkově lze konstatovat, že zjištěné hodnoty senzitivity a specifity (až 0,82) a vysoká AUC (až 0,90) pro včasný odhad metabolických i reprodukčních poruch potvrzují, že analýza MK v mléčném tuku se může stát spolehlivou náhradou tradičních metod diagnostiky zvýšeného rizika výskytu onemocnění souvisejících s NEB, které jsou časově a finančně náročné (např. odběry krve a laboratorní analýza sérových NEMK).

Závěr

Na základě komplexní analýzy složení mléka u dojnic s metabolickými a reprodukčními onemocněními lze tvrdit, že analýza MK mléčného tuku je robustním a vysoce spolehlivým nástrojem pro včasnou predikci rizika těchto poruch v průběhu laktace.

Bylo potvrzeno, že u obou skupin nemocných zvířat (jak s metabolickými, tak s reprodukčními poruchami) dochází k výraznému nárůstu MK uvolněných z tělesného tuku, konkrétně C18:0 a C18:1, a současnému

poklesu MK tvořených *de novo* v mléčné žláze, jako je C14:0. Tato konzistence výsledků jasně dokládá, že reprodukční poruchy jsou sekundárním důsledkem hluboké NEB a s ní spojené mobilizace tukových zásob.

Predikční modely sestavené binární logistickou regresí pro riziko metabolických poruch dosáhly velmi dobré diagnostické spolehlivosti s hodnotami AUC v rozmezí 0,81 až 0,86. Modely pro reprodukční onemocnění vykázaly ještě vyšší spolehlivost, s hodnotami AUC v rozmezí 0,86 až 0,90. Ve všech modelech se jako klíčové rizikové prediktory potvrdily mobilizované MK z tělesného tuku, přičemž nejvyšší predikční sílu měly modely vytvořené speciálně pro prvotelky, u nichž AUC dosáhla hodnoty 0,90.

Pro praktické použití byly navrženy optimální hraniční hodnoty stanovené metodou IU, které zajišťují nejlepší rovnováhu mezi senzitivitou a specificitou. Pro predikci metabolických poruch se senzitivita a specificita pohybovaly v intervalu 0,75 až 0,79, a pro reprodukční poruchy dosáhly vynikající úrovně 0,80 až 0,82. To znamená, že testy správně odhalí 80 až 82 % skutečně rizikových jedinců s reprodukčními problémy, přičemž míra falešné positivity zůstává nízká (18 až 20 %).

Z praktického hlediska představují predikované pravděpodobnosti, vypočtené z rovnic logistické regrese a hraniční hodnoty stanovené IU, přímý nástroj pro aktivní management zdraví stáda. Výsledky predikčních rovnic by mohly být integrovány do rozborového protokolu KU, nebo by se mohly stát součástí výstupů z real-time analyzátorů mléka, které by v budoucnu mohly být schopné měřit MK mléčného tuku. Pokud pravděpodobnost onemocnění u konkrétní dojnice překročí stanovenou hraniční hodnotu (např. 0,039 pro prvotelky s rizikem reprodukčního onemocnění), systém by automaticky označil tato zvířata jako riziková. Chovatel by tak byl včas varován na zvýšené riziko rozvoje metabolické nemoci nebo budoucího reprodukčního selhání. Toto včasné varování by umožnilo cílenou a preventivní intervenci, jako je úprava krmné dávky, nasazení preventivních preparátů nebo zvýšená veterinární kontrola, čímž se snižují ekonomické ztráty spojené s plně rozvinutým onemocněním. Metodika tak představuje významný krok k efektivnějšímu a automatizovanému screeningu rizikových zvířat.

Limity studie

Přestože vztahy mezi složkami mléka, NEB a rizikem onemocnění se ukazují jako konzistentní napříč různými stády, je třeba uvést limity této metodiky. Vzhledem k tomu, že každé stádo má odlišnou úroveň produkce a managementu, nelze hraniční hodnoty ani přesné regresní rovnice zatím aplikovat jako univerzálně platné pro všechna zvířata a stáda.

Vytvoření robustních, univerzálně platných predikčních rovnic a hraničních hodnot vyžaduje ověření na větších a diverzifikovaných datových souborech. Nutným předpokladem pro takový krok je však také zlepšení kvality záznamů o zdraví zvířat, jelikož dosavadní praxe často zaznamenává pouze poruchy vyžadující použití veterinárních léčivých přípravků a klinické případy, ostatní problémy často nejsou vůbec evidovány. Dalším praktickým omezením je frekvence provádění KU jednou za měsíc, čímž může diagnostice uniknout řada kriticky rizikových zvířat (typicky krávy těsně po porodu). Tento problém by mohla vyřešit budoucí integrace měření mastných kyselin mléčného tuku do stávajících real-time analyzátorů mléka, které by umožnily denní monitoring rizik.

III. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Zaměření této metodiky je reakcí na stávající a stále přetrvávající situaci v chovech dojnic, kde v postpartálním období dochází k NEB. Intenzivní a dlouhodobý energetický deficit vede k masivní lipomobilizaci, čímž dojnice čelí výrazně vyššímu riziku vzniku metabolických poruch, reprodukčních problémů a snížené užitkovosti. Tyto dopady mají závažný negativní vliv na rentabilitu výroby mléka a pohodu zvířat v chovu. Do popředí zájmu se proto dostává výzkum metod, které umožňují riziko onemocnění stanovit natolik brzy, aby bylo možné efektivně zasáhnout a zabránit nežádoucím důsledkům. Protože zjišťování koncentrace NEMK v krvi, což je metoda považovaná pro identifikaci NEB jako „zlatý standard“, je v praxi nepoužitelné z důvodu vysoké finanční a časové náročnosti, jsou testovány indikátory vhodnější pro praktické využití. Vztahy mezi rizikem onemocnění a koncentrací některých MK v mléce, které mohou být snadno a s relativně nízkými náklady zjišťovány v rámci KU, byla dosud testována pouze v několika studiích. Většina dřívějších prací se omezovala na studium obecného rizika NEB na vznik onemocnění nebo využívala pouze jednoduché nepřímé ukazatele, jako je poměr tuku a bílkovin.

Zcela novým výsledkem a metodickým přínosem popsáním v této metodice je využití pokročilé binární logistické regrese a analýzy ROC s parametry složení mléka s cílem predikovat klinicky a ekonomicky relevantní metabolické a reprodukční poruchy. Zatímco předchozí studie prokazovaly pouze vztahy mezi nemocemi a složkami mléka, tato metodika kvantifikuje predikční sílu různých složek mléka pro specifické diagnózy s vynikající diagnostickou spolehlivostí (AUC až 0,90). Dle dostupných informací podobný postup nebyl v minulosti aplikován v takovém detailu, zejména co se týče:

- Stanovení specifických modelů pro prvotelky a krávy na 2. a vyšší laktaci, což odhalilo odlišné metabolické ukazatele rizika dle parity.
- Kvantifikace diagnostické spolehlivosti (senzitivita a specifická až 0,82) a stanovení praktických, konkrétních hraničních hodnot pro automatizované varování v rámci protokolů KU nebo budoucích real-time analyzátorů mléka.

Metodika tak představuje zásadní posun od pouhého obecného screeningu k ověřenému, cílenému a vysoce spolehlivému systému řízení rizika onemocnění, který je přímo implementovatelný v rámci rutinních analýz mléka při KU nebo přímo na farmě.

IV. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodika je přímo využitelná chovateli dojnic, zejména holštýnského plemene skotu, kteří jsou zapojeni do KU. Dále je určena poradcům z oblasti chovu skotu a specialistům z výzkumné a akademické sféry.

Hlavní způsob praktického uplatnění vychází z faktu, že hodnoty minoritních složek mléka, zejména obsahů MK mléčného tuku, je možné pro každou dojnici snadno a s vynaložením nevelkých nákladů získat v rámci rutinních analýz mléka prováděných v rámci KU. Pomocí postupů binární logistické regrese a stanovených hraničních hodnot uvedených v této metodice lze s vysokou mírou spolehlivosti včas identifikovat jedince, u nichž existuje zvýšené riziko rozvoje metabolických poruch nebo následných reprodukčních problémů.

Po ověření specifických predikčních rovnic na větším množství dat bude možné uvažovat o rutinním výpočtu a zveřejnění predikční hodnoty rizika pro každou dojnici zapojenou do KU. Tyto hodnoty budou doplněním stávajících výsledků KU. Překročení stanovené hraniční hodnoty by mělo sloužit jako automatické upozornění pro zootechniky a veterináře, umožňující cílenou a včasnou intervenci. Metodika tak umožní nastavit systém prevence a léčby a ve svém důsledku optimalizovat celkové řízení zdraví stáda.

Aplikací postupů popsaných v metodice bude možné potenciálně:

- Předvídat rizika onemocnění ještě před projevem klinických příznaků;
- optimalizovat výživu podle skutečné reakce dojnice;
- snížit výskyt metabolických a reprodukčních onemocnění;
- využít varovných upozornění při řízení stáda;
- celkově zlepšit ekonomiku produkce mléka.

V. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Zdravotní problémy u dojnic (metabolické i následné reprodukční poruchy) způsobují významné produkční a ekonomické ztráty. Dochází k poklesu užitkovosti, zhoršení plodnosti, prodloužení servis periody s důsledkem zvýšeného rizika vyřazení, což se projevuje v nižších příjmech a zejména vyšších nákladech chovu. Cílem implementace metodiky je snížit ekonomickou ztrátu včasnou detekcí rizika a brzkým zahájením preventivní nebo léčebné intervence.

Při realizaci postupů popsaných v metodice, založených na predikčních modelech s vysokou diagnostickou spolehlivostí (AUC až 0,90), lze výrazně snížit ztráty příjmů z prodeje mléka způsobené poklesem užitkovosti a použitím veterinárních léčiv s ochrannou lhůtou a minimalizovat vynaložené veterinární náklady spojené s plně rozvinutými onemocněními.

Zvýšené náklady na implementaci

Je však nutné uvažovat se zvýšením výdajů na rozšířenou KU pro stanovení MK v mléce.

- **Modelový chov:** 100 dojnic.
- **Cena analýzy MK:** 13 Kč na vzorek pro jednu dojnici při jedné KU. Tato cena byla stanovena pro experimentální rozsah analýz. Je velmi pravděpodobné, že při realizaci většího počtu rutinně prováděných analýz by se tato cena významně snížila.
- **Odhad ročních nákladů na rozšířenou KU (12× ročně):** $100 \times 12 \times 13$ Kč je přibližně **15 600** Kč na stádo a rok.

Náklady na intervenci a odhad záchytu

Uvažujme modelový výskyt onemocnění 15 % dojnic (tj. 15 dojnic ve stádu se 100 kusy). Použijeme vyšší diagnostickou sílu pro predikci reprodukčních onemocnění, kde je ekonomický dopad nejvyšší:

- **Záchyt skutečně nemocných (Senzitivita 0,80 (viz Tabulka 9)):** $15 \text{ dojnic} \times 0,80$ je 12 dojnic. U těchto 12 zvířat bude včas zahájena intervence.
- **Falešně pozitivní jedinci (Míra falešné positivity, tj. $1 - \text{Specificita}$ (viz Tabulka 9); $1 - 0,80 = 0,20$):** Z 85 zdravých dojnic ($100 - 15$) bude $(85 \times 0,20)$ přibližně 17 dojnic falešně pozitivních.
- **Celkem dojnic s intervencí:** 12 (podle senzitivity) + 17 (podle míry falešné positivity), tj. 29 dojnic, které budou ošetřeny.

Dojnicím ($N = 29$) s podezřením na riziko je podáván preventivní či léčebný preparát, jehož cena se může lišit dle výrobce, prodejce a cena se mění také s časem (uvádíme pro příklad léčivo za 400 Kč).

- **Odhad dodatečného nákladu na léčivo:** 400 Kč na léčenou dojnici.
- **Celkové náklady na léčivo ve stádě:** $29 \text{ dojnic} \times 400 \text{ Kč} =$ **11 600** Kč.

Eliminace produkčních a veterinárních ztrát (Ekonomický přínos)

U 12 dojnic, které skutečně trpí poruchou a jsou včas залéčeny, se zabrání propuknutí plně rozvinutých onemocnění, čímž se eliminují produkční a ekonomické ztráty.

- **Ztráta mléka:** Dle literatury (Kvapilík, 2014; Syrůček et al., 2024) může v důsledku souvisejících onemocnění (ketóza, jaterní steatóza, metritidy) produkce mléka poklesnout až o 500 litrů mléka na dojnici za laktaci.
 - **Eliminace ztráty tržeb (při 13 Kč/litr mléka):** 500 litrů × 13 Kč/litr mléka je 6 500 Kč na vyléčenou dojnici.
 - **Celková roční eliminace ztrát ve stádě:** 12 dojnic × 6 500 Kč = **78 000 Kč** za rok.
- **Veterinární náklady:** Zabrání se nárůstu veterinárních nákladů (až o 3 % podle Kvapilík, 2014; Syrůček et al., 2024).
 - **Eliminace dodatečných nákladů:** Při průměrných veterinárních nákladech 4 432 Kč na krávu a rok (Syrůček et al., 2025) činí úspora (4 432 Kč × 0,03 (tj. nárůst veterinárních nákladů o 3 %)) přibližně 133 Kč na vyléčenou dojnici.
 - **Celková roční úspora veterinárních nákladů ve stádě:** 12 dojnic × 133 Kč je **1 596 Kč** za rok.

Z uvedeného vyplývá, že celkový ekonomický přínos při aplikaci metodiky v modelovém chovu činí více než 52 000 Kč ročně (souhrnně uvedeno v Tabulka 10). Při realizaci opatření u 10 % populace dojených krav v ČR (cca 34,3 tis. ks. dojnic, tj. 343 modelových stád), by mohl roční ekonomický přínos sektoru dosáhnout (343 × 52 396 Kč) přibližně 18,2 mil. Kč.

Tabulka 10: Celkové ekonomické zhodnocení realizace navrhovaných opatření v modelovém chovu se 100 dojnicemi

Položka	Přínosy (+) / Náklady (-)	Částka (Kč/rok)
Přínosy (Eliminace ztrát)	+ Eliminace ztráty tržeb z mléka	+78 000
	+ Eliminace dodatečných veterinárních nákladů	+1 596
Náklady (Implementace)	– Náklady na rozšířenou KU (analýzu MK)	-15 600
	– Náklady na léčivo/prevenci (včetně falešně pozitivních)	-11 600
CELKOVÝ ROČNÍ PŘÍNOS		+52 396

VI. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

ČMSCH. 2024. Zásady provádění kontroly mléčné užitkovosti. Hradištko. 25 s.

Duffield, T. F., Lissemore, K. D., McBride, B. W., Leslie, K. E. 2009. Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production. *Journal of Dairy Science*. 92(2), 571–580.

Dušek, L., Pavlík, T., Jarkovský, J., Koptíková, J. 2011. Analýza dat v neurologii: XXVIII. Hodnocení diagnostických testů – křivky ROC. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*. 74/107(4), 493–499.

Gerke, O., Zapf, A. 2022. Convergence Behavior of Optimal Cut-Off Points Derived from Receiver Operating Characteristics Curve Analysis: A Simulation Study. *Mathematics*. 10(22), 4206. DOI: <https://doi.org/10.3390/math10224206>

Gross, J., van Dorland, H. A., Bruckmaier, R. M., Schwarz, F. J. 2011. Performance and metabolic profile of dairy cows during a lactational and deliberately induced negative energy balance with subsequent realimentation. *Journal of Dairy Science*. 94(4), 1820–1830.

Jorjong, S., van Knegsel, A. T. M., Verwaeren, J., Val Lahoz, M., Bruckmaier, M., De Baets, B., Kemp, B., Fievez, V. 2014. Milk fatty acids as possible biomarkers to early diagnose elevated concentrations of blood plasma nonesterified fatty acids in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 97(11), 7054–7064.

Kvapilík, J. 2014. Mastitidy dojených krav a ekonomické ztráty. *Veterinářství*. 64(12), 946–955.

LeBlanc, S. 2010. Monitoring metabolic health of dairy cattle in the transition period. *Journal of Reproduction and Development*. 56(Supplement), S29-S35.

Leroy, J. L., Vanholder, T., Mateusen, B., Christophe, A., Opsomer, G., De Kruif, 2005. A. Non-esterified fatty acid in follicular fluid of dairy cows and their effect on developmental capacity of bovine oocytes in vitro. *Reproduction*. 130(4), 485–495.

Macrae, A. I., Burrough, E., Forrest, J., Corbishley, A., Russell, G., Shaw, D. J. 2019. Prevalence of excessive negative energy balance in commercial United Kingdom dairy herds. *The Veterinary Journal*. 248, 51–57.

Mandrekar, J. N. 2010. Receiver operating characteristic curve in diagnostic test assessment. *Journal of Thoracic Oncology*. 5(9), 1315–1316.

Mäntysaari, P., Mäntysaari E. A., Kokkonen, T., Mehtiö, T., Kajava, S., Grelet, C., Lidauer, P., Lidauer, M. H. 2019. Body and milk traits as indicators of dairy cow energy status in early lactation. *Journal of Dairy Science*. 102(9), 7904–7916.

Palmquist, D. L. L., Denise Beaulieu, A., Barbano, D. M. M. 1993. Feed and animal factors influencing milk fat composition. *Journal of Dairy Science*. 76(6), 1753–1771.

Pires, J. A. A., Larsen, T., Leroux, C. 2022. Milk metabolites and fatty acids as noninvasive biomarkers of metabolic status and energy balance in early-lactation cows. *Journal of Dairy Science*. 105(1), 201–220.

Roche, J. R., Bell, A. W., Overton, T. R., Loor, J. J. 2013. Nutritional management of the transition cow in the 21st century – A paradigm shift in thinking. *Animal Production Science*. 53(9), 1000–1023.

- Soyeurt, H., Dehareng, F., Gengler, N., McParland, S., Wall, E., Berry, D. P., Coffey, M., Dardenne, P. 2011. Mid-infrared prediction of bovine milk fatty acids across multiple breeds, production systems, and countries. *Journal of Dairy Science*. 94(4), 1657–1667.
- Stoop, W. M., Bovenhuis, H., Heck, J. M. L., Van Arendonk, J. A. M. 2009. Effect of lactation stage and energy status on milk fat composition of Holstein-Friesian cows. *Journal of Dairy Science*. 92(4), 1469–1478.
- Syrůček, J., Burdych, J., Bartoň L. 2025. Ekonomické hodnocení výroby mléka v ČR v roce 2024. *Náš chov*. 84(8), 17–22.
- Syrůček, J., Štolcová, M., Bartoň L. 2024. Ekonomické důsledky onemocnění u dojeného skotu. *Náš chov*. 83(7), 50–53.
- Štolcová, M., Bartoň, L., Kašná, E. 2025. Using milk components to estimate the risk of energy imbalance in Holstein cows by means of receiver operating characteristic (ROC) analysis. *Czech Journal of Animal Science*. 70(10), 428–437.
- Štolcová, M., Bartoň, L., Řehák, D. 2024. Milk components as potential indicators of energy status in early lactation Holstein dairy cows from two farms. *Animal*. 18(8), 101235. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101235>
- Tyburczy, C., Lock, A. L., Dwyer, D. A., Destailats, F., Mouloungui, Z., Candy, L., Bauman, D. E. 2008. Uptake and utilization of trans octadecenoic acids in lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 91(10), 3850–3861.
- Unal, I. 2017. Defining an optimal cut-point value in ROC analysis: an alternative approach. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*. 3762651. DOI: <https://doi.org/10.1155/2017/3762651>
- Van Saun, R. J. 2016. Indicators of dairy cow transition risks: metabolic profiling revisited. *Tierärztliche Praxis Großtiere*. 44(2), 118–126.

VII. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

Bartoň, L., Štolcová, M., Kašná, E. 2025. Utilization of milk components to predict the risk of negative energy balance in Holstein cows using receiver operating characteristic analysis. In 76th EAAP Annual Meeting. Innsbruck. Book of Abstracts, s. 565.

Štolcová, M., Bartoň, L. 2023. Odras narušené energetické rovnováhy ve složení mléka. *Náš chov*. 83(9), 49–52.

Štolcová, M., Bartoň, L. 2024. Detekce negativní energetické bilance u dojnic pomocí nástrojů precizního zemědělství. *Náš chov*. 84(4), 72–74.

Štolcová, M., Bartoň, L. 2025. Dopady negativní energetické bilance na zdraví a reprodukci dojnic. *Veterinářství*. 75(5), 261–268.

Štolcová, M., Bartoň, L., Kašná, E. 2025. Prediction of metabolic and reproductive disorders in Holstein cows using milk composition and logistic regression. In 76th EAAP Annual Meeting. Innsbruck. Book of Abstracts, s. 565.

Štolcová, M., Bartoň, L., Kašná, E. 2025. Using milk components to estimate the risk of energy imbalance in Holstein cows by means of receiver operating characteristic (ROC) analysis. *Czech Journal of Animal Science*. 70(10), 428–437.

Štolcová, M., Bartoň, L., Řehák, D. 2024. Milk components as potential indicators of energy status in early lactation Holstein dairy cows from two farms. *Animal*. 18(8), 101235.

VIII. SEZNAM ZKRATEK A POJMŮ

AUC	Area Under the Curve (plocha pod křivkou)
C14:0	kyselina myristová
C16:0	kyselina palmitová
C18:0	kyselina stearová
C18:1	kyselina oktadecenová
ČMSCH	Českomoravská společnost chovatelů, a. s.
FTIR	infračervené spektroskopie s Fourierovou transformací
IU	Index of Union (metoda optimalizace hraničních hodnot)
KU	kontrola mléčné užitkovosti
LCFA	mastné kyseliny s dlouhým uhlíkovým řetězcem
MCFA	mastné kyseliny se středně dlouhým uhlíkovým řetězcem
MK	mastné kyseliny
MTB	metabolická onemocnění
MUFA	mononenasycené mastné kyseliny
NEB	negativní energetická bilance
NEMK	neesterifikované mastné kyseliny
PUFA	polynenasycené mastné kyseliny
REPRO	reprodukční onemocnění
ROC	Receiver Operating Characteristic (analýza umožňující posoudit vypovídací schopnost daného diagnostického kritéria v závislosti na senzitivitě a specifitě)
SCFA	mastné kyseliny s krátkým uhlíkovým řetězcem
SFA	nasycené mastné kyseliny
TG	triacylglyceroly
T:P	poměr mléčného tuku k mléčnému proteinu
TMR	směsná krmná dávka
tUFA	celkové nenasycené mastné kyseliny

IX. SEZNAM TABULEK, OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Seznam tabulek

Tabulka 1: Charakteristika stád zařazených do experimentů.....	13
Tabulka 2: Analyzované parametry z mléka.....	14
Tabulka 3: Četnost metabolických a reprodukčních poruch ve sledovaných stádech.....	14
Tabulka 4: Rozdíly v nádoji a složkách mléka z odpoledního dojení v průměru za laktaci mezi skupinami dojnic podle výskytu metabolických onemocnění ve všech stádech dohromady (vyjma stáda A).....	17
Tabulka 5: Rozdíly v nádoji a složkách mléka z odpoledního dojení v průměru za laktaci mezi skupinami dojnic podle výskytu reprodukčních onemocnění ve všech 3 stádech dohromady.....	18
Tabulka 6: Výsledné regresní rovnice a plocha pod křivkou (AUC) pro predikci metabolických onemocnění (MTB) dojnic v období 0–90 dnů laktace pro soubor všech stád dohromady (vyjma stáda A, v modelech využity MK v g/100 g mléčného tuku).....	19
Tabulka 7: Výsledné regresní rovnice a plocha pod křivkou (AUC) pro predikci reprodukčních onemocnění (REPRO) dojnic v období 0–305 dnů laktace pro soubor všech 3 stád dohromady (v modelech využity MK v g/100 g mléčného tuku).....	20
Tabulka 8: Hraniční hodnoty zjištěné metodou Index of Union (IU), senzitivita, specifická a míra falešné pozitivivity pro predikci metabolických onemocnění dojnic v období 0–90 dnů laktace pro soubor všech stád dohromady (vyjma stáda A).....	20
Tabulka 9: Hraniční hodnoty zjištěné metodou Index of Union (IU), senzitivita, specifická a míra falešné pozitivivity pro predikci reprodukčních onemocnění dojnic v období 0–305 dnů laktace pro soubor všech 3 stád dohromady.....	21
Tabulka 10: Celkové ekonomické zhodnocení realizace navrhovaných opatření v modelovém chovu se 100 dojnicemi.....	32

Seznam obrázků

Obrázek 1: Schematické znázornění rozpadu tukové tkáně při NEB.....	8
Obrázek 2: Vliv nadbytečných NEMK na zdraví a plodnost dojnic.....	9
Obrázek 3: Syntéza mastných kyselin (MK) mléčného tuku.....	10

Seznam grafů

Graf 1: ROC křivka s vyobrazením hraničních hodnot (•) pro predikci metabolických poruch u dojnic bez ohledu na paritu.....	22
Graf 2: ROC křivka s vyobrazením hraničních hodnot (•) pro predikci metabolických poruch u prvotetek ...	23
Graf 3: ROC křivka s vyobrazením hraničních hodnot (•) pro predikci metabolických poruch u dojnic na druhé a vyšší laktaci.....	24
Graf 4: ROC křivka s vyobrazením hraničních hodnot (•) pro predikci poruch reprodukce u dojnic bez ohledu na paritu.....	25
Graf 5: ROC křivka s vyobrazením hraničních hodnot (•) pro predikci poruch reprodukce u prvotetek.....	26
Graf 6: ROC křivka s vyobrazením hraničních hodnot (•) pro predikci poruch reprodukce u dojnic na druhé a vyšší laktaci.....	27

Vydal: Výzkumný ústav živočišné výroby, v. v. i.
Přátelství 815, 104 00 Praha Uhřetěves

Název: PREDIKCE ZDRAVOTNÍCH PORUCH DOJNIC NA ZÁKLADĚ ROZŠÍŘENÉHO LABORATORNÍHO
ROZBORU MLÉKA

Autoři: Ing. Magdaléna Štolcová, Ph.D. (60 %)
Ing. Eva Kašná, Ph.D. (15 %)
Ing. Luděk Bartoň, Ph.D. (15 %)
Ing. Jan Syrůček, Ph.D. (10 %)

ISBN: 978-80-7403-349-0

Dedikace: Metodika byla vypracována za podpory Ministerstva zemědělství v rámci řešení výzkumného
projektu NAZV QK21010038.

Vydáno bez jazykové úpravy.

© Výzkumný ústav živočišné výroby, v. v. i., Praha Uhřetěves



Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i.

Výzkumný ústav živočišné výroby, v. v. i.
Přátelství 815, 104 00 Praha Uhřetěves

www.vuzv.cz