

**Seminárna práca**

**Posudzovanie environmentálnej udržateľnosti výrobného reťazca  
syra mozzarella z byvolieho mlieka: Analýza scenárov.**

## 1 Úvod

Byvolý sú rozšíreným druhom po celom svete, ktorý poskytuje rôzne produkty využívané ľuďmi, ako je ťažná sila, mäso, mlieko a koža. Populácia byvolov sa od roku 2013 do roku 2017 zvýšila o 4,1 %. Produkcia byvolieho mlieka sa tiež zvýšila v absolútnom vyjadrení o 17,5 %, čo predstavuje 120 000 000 t/rok, a vo vzťahu k celkovému množstvu vyprodukovaného mlieka o 1,2 % (FAO, 2019). Populácia európskych byvolov predstavuje 0,21 % z celého sveta a Taliansko je najdôležitejšou krajinou, ktorá chová viac ako 90 % európskych byvolov a viac ako 95 % z celkového množstva európskeho byvolieho mlieka dodaného mliekarňam (EUROSTAT, 2017; FAO, 2019). Väčšina z týchto zvierat sú byvolý chované v intenzívnych podmienkach, aby produkovali mlieko, ktoré je takmer úplne spracované v syre mozzarella. V niektorých oblastiach južného Talianska získal tento syr s názvom „Mozzarella di Bufala Campana“ európske chránené označenie pôvodu (CHOP). Výroba syra mozzarella sa neustále zvyšuje o 26,1 % od roku 2013 do roku 2017 (CLAL, 2019), čo bolo spôsobené neustálym nárastom vývozu najmä do Nemecka, Francúzska, USA a Spojeného kráľovstva a rastúcim medzinárodným záujmom o tento produkt, o čom svedčí nedávne zavedenie byvolieho mlieka v Nemecku a UK (Borghese, 2013). V Taliansku sa veľká časť byvolov chová v oblasti CHOP. Pozitívny trend je však zaznamenaný aj v severnom Taliansku (BDN, 2019), kde tento druh predstavuje vhodnú alternatívu k dojenej krave, a to vďaka vyššej predajnej cene byvolieho mlieka a rastúcemu záujmu o syr byvolej mozzarelly v tejto oblasti. V súčasnosti sa v severnom Taliansku chová približne 13 700 byvolov primárne na získanie byvolieho mlieka (BDN, 2019). V tejto súvislosti sa odvetvie byvolov musí zaoberať dvoma dôležitými kritickými otázkami: využívaním byvolieho mäsa, najmä mladých byvolích samcov, a potrebou diverzifikovať produkciu mlieka.

Kvôli významnej mliečnej špecializácii v sektore byvolov a takmer úplnej absencii trhu s byvolím mäsom sa samce teliat často zabíjajú po niekoľkých dňoch, inak by mohli predstavovať potenciálny vedľajší produkt. Mnohé štúdie ukázali, ako byvolie mäso vykazuje dobré výživové a stravovacie vlastnosti, v niektorých aspektoch lepšie ako hovädzie mäso, ako napríklad, nižšia koncentrácia celkových lipidov, nižší obsah cholesterolu, nižšie percento nasýtených mastných kyselín a vyššie percento mono a polynenasýtených mastných kyselín, nižšie hladiny indexov aterogenity a trombogenicity, lepšie aminokyselinové zloženie proteínov, vyššie hladiny železa a zinku a vyšší obsah vitamínov B6 a B12. Okrem toho zmyslová analýza týkajúca sa celkovej prijateľnosti a arómy surového a tepelne spracovaného mäsa z hovädzích zvierat a byvolích, ktorú vypracovali Spanghero et al. (2004) poukázali na to, ako spotrebitelia pripisovali varené mäso z byvolov za väčší pôžitok. Je preto zrejmé, že

byvolie mäso by mohlo predstavovať ďalšiu príležitosť pre rast a rozširovanie byvolieho sektora, ktorý by mohol a mal by využívať všetky svoje výrobky a následne znižovať svoju ekonomickú zraniteľnosť.

Druhým zásadným aspektom, ktorý je úzko spojený s odvetvím byvolov v severnom Taliansku, je potreba diverzifikovať výrobu. V južnom Taliansku je syr mozzarella z byvolieho mlieka určený predovšetkým na vnútroštátne a medzinárodné trhy, zatiaľ čo v severnom Taliansku sa predáva priamo spotrebiteľom prostredníctvom krátkeho dodávateľského reťazca. V tejto súťaži začali mliečne podniky premieňať byvolie mlieko nielen na syr mozzarella, ale aj na iné výrobky, ako sú dozrievané syry, ktoré podľa všetkého uspokojujú chuť spotrebiteľov. Berúc do úvahy pozitívny trend v sektore mliekarní s byvolím mliekom a rastúci záujem spotrebiteľov o „výrobky šetrné k životnému prostrediu“ (Špeciálny Eurobarometer 416, 2014), hodnotenie vplyvu na životné prostredie môže byť dôležitým a užitočným nástrojom na vyzdvihnutie kritických bodov dodávateľských reťazcov byvolej mozzarelly a povzbudiť čestných výrobcov pri oceňovaní svojich výrobkov.

Celosvetový sektor chovu hospodárskych zvierat prispieva k 14,5% emisií z celkových emisií antropogénnych skleníkových plynov (GHG) a v rámci neho sú byvolky zodpovedné za 8 %. Okrem toho vykazovanie emisií na kg mlieka upraveného na tuky a bielkoviny, Garg et al. (2016) zdôraznili, že emisie CO<sub>2</sub> ekv. boli o 19-32 % v prípade byvolov väčšie ako pri kravách v malých poľnohospodárskych systémoch v závislosti od zvažovanej metódy priradovania. Pokiaľ ide o environmentálny vplyv byvolích hospodárskych zvierat a spracovania mlieka, je k dispozícii iba niekoľko štúdií a väčšina z nich berie do úvahy len emisie súvisiace s produkciou mlieka zo zvierat chovaných v južnom Taliansku (Pirlo et al., 2014a, b) alebo zo zvierat chovaných v extenzívnych systémoch v severnej Brazílii (Soares a kol., 2018). Pokiaľ je známe, je k dispozícii iba jedna štúdia, ktorá berie do úvahy výrobné procesy na získanie syra mozzarella z byvolov (Alves et al., 2019), a navrhuje stratégie na zníženie emisií na úrovni mliekarne. Naopak, bolo vykonaných veľa štúdií týkajúcich sa vplyvu spracovania kravského mlieka na životné prostredie (napr. Dalla Riva et al., 2017; Palmieri et al., 2017; Kim et al., 2013). Všetky tieto štúdie sa uskutočňujú metódou hodnotenia životného cyklu (LCA, ISO 14040: 2006) a vykazujú veľmi variabilné výsledky. LCA je široko akceptovaná metóda na odhadovanie environmentálnych vplyvov produktu vzhľadom na jeho celý životný cyklus. Cieľom tejto štúdie bolo posúdiť environmentálne vplyvy výrobného reťazca syrov mozzarelly v severnom Taliansku a prostredníctvom analýz citlivosti vyhodnotiť výkrm teliat a diverzifikáciu výroby mlieka ako stratégií na zmiernenie vplyvov na životné prostredie (Berlese et al., 2019).

## **2 Definícia cieľa a rozsahu**

Cieľom štúdie bolo stanoviť vplyv na životné prostredie výroby byvolieho syra mozzarella. Farmy a mliekareň boli analyzované metódou LCA „od kolisky po bránu mliekarne“, na základe metodiky ISO 14040-44 (ISO, 2006a, b). Táto metóda zahŕňala výrobu mlieka na úrovni farmy aj výrobný proces v mliekarenskom závode (Berlese et al., 2019).

### **2.1 Hranice systému**

Hranice systému zahŕňali výrobu surového mlieka a jeho transport, výrobu mozzarelly a jej balenie. Poľnohospodárske budovy, stroje a lieky boli z hodnotenia vylúčené. Infraštruktúra mliekarne bola zahrnutá do systémových hraníc, ale dochádzanie zamestnancov a iné pomocné aktivity neboli brané do úvahy. Na posúdenie celého dodávateľského reťazca sa zvažila výroba mlieka a mozzarelly. Každý krok bol charakterizovaný materiálnymi požiadavkami s použitím dostupných údajov zhromaždených na úrovni farmy a mliekarne (Berlese et al., 2019).

### **2.2 Funkčné jednotky**

Použité funkčné jednotky boli: 1 kg mlieka upraveného na tuky a bielkoviny (FPCM- Fat and Protein Corrected Milk) na úrovni farmy a 1 kg baleného syra byvolej mozzarelly – s obsahom vlhkosti 55 – 62 % a s obsahom tuku v sušine > 45 % - na úrovni mliekarne (Berlese et al. 2019).

### **2.3 Výroba syra mozzarella z byvolieho mlieka**

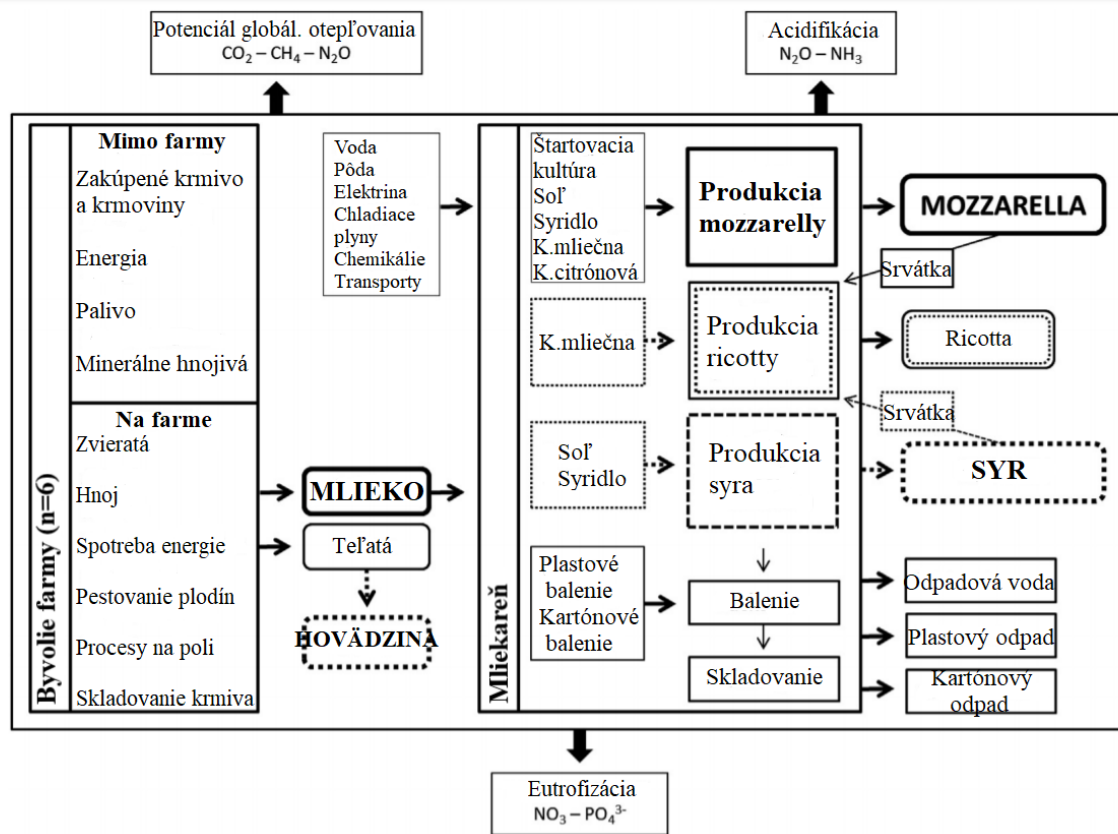
Po zbere mlieka z vybraných fariem sa mlieko dodáva do mliekarní do 12 hodín, kde sa prefiltruje. Potom dochádza k procesom koagulácie. Mlieko sa zahreje na teplotu 34-37 °C a pridá sa doň syridlo, čím sa premieňa na hrudky (pevné látky) a srvátku (tekuté). Hrudky sa nechajú 3-4 hodiny okysliť vlastnou srvátkou. Ďalej sa ponoria do horúcej vody, roztopia sa, zviažu sa dokopy, až kým nebudú elastické (<https://www.sensibus.com/deli/cheese-guides/how-buffalo-mozzarella-made>).

Výrobcovia syrov mozzarellu opatrne vytvarujú a narežú. Syr sa môže naložiť do soľného roztoku a potom sa zabalí. Treba to urobiť, čo najskôr, priamo v mieste výroby. Tekutina, v ktorej vídame syr Mozzarella di Bufala Campana, slúži ako ochranná vrstva. Tvorí ju zmes soľného roztoku a kyseliny, ktorá udržiava chuť a konzistenciu syra a dochucuje ho ([https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/food-safety-and-quality/certification/quality-labels/eu-quality-food-and-drink/mozzarella-di-bufala-campana\\_sk](https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/food-safety-and-quality/certification/quality-labels/eu-quality-food-and-drink/mozzarella-di-bufala-campana_sk)).

### **2.4 Zber údajov**

Štúdia sa uskutočnila v severovýchodnom Taliansku a zúčastnilo sa na nej 6 fariem kvalifikovaných v produkcii byvolieho mlieka, ktoré predávajú všetko vyprodukované mlieko

iba do jednej mliekarene. Počas roku 2016 sa uskutočnila podrobná analýza prostredníctvom terénneho prieskumu, ktorá bola doplnená dotazníkom pre poľnohospodárov. Najmä poľnohospodári boli požiadaní o riadenie farmy (zloženie stáda, systém ustajnenia, spravovanie hnoja, zloženie kŕmnej zmesi) a údaje o vstupnom a výstupnom hmotnostnom toku (krmoviny, koncentrované krmivo, mlieko, mäso, hnojivá, pesticídy). Informácie o množstve mlieka a jeho zložení (bielkoviny a tuky) poskytli farmy a systém sledovateľnosti byvolieho mlieka (ministerské nariadenie, ministerstvo poľnohospodárstva, výživy a lesného hospodárstva, MiPAAF, Taliansko, č. 9406/2014). Pokiaľ ide o závod na výrobu mlieka a mliečnych výrobkov, prieskum zahŕňal merania a informácie o zdrojoch (materiály, energia, voda a pôda), produkcii (mozzarella a ďalšie výrobky) a odpadoch (Berlese et al., 2019).



**Obrázok 1:** Hranice systému „od kolísky po bránu“ výroby baleného syra mozzarella z byvolieho mlieka. Bodkované čiary predstavujú alternatívne scenáre zvažované v štúdií.

### 3 Inventarizačná analýza

Tabuľka 1: Hlavné charakteristiky, vstupy a výstupy analyzovaných fariem.

|                                  | Farmy |       |       |       |       |       |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| <b>Vstupy</b>                    |       |       |       |       |       |       |
| Byvoly                           | 100   | 142   | 59    | 49    | 237   | 63    |
| Jalovice                         | 63    | 38    | 62    | 16    | 70    | 15    |
| Teľatá                           | 41    | 32    | 20    | 50    | 100   | 12    |
| Býky                             | 3     | 10    | 6     | 2     | 0     | 1     |
| Obrábaná plocha, Ha              | 37,5  | 66    | 22,5  | 30    | 0     | 24,4  |
| Obilná siláž, Ha                 | 20,1  | 27,9  | 8,5   | 10,2  | 0     | 13    |
| Syntet. dusík. hnojivo, kg/r     | 3950  | 4622  | 1495  | 1266  | 0     | 1495  |
| Fosforečné hnojivo, kg/r         | 454   | 1159  | 405   | 0     | 0     | 405   |
| Nakúpené krmivo, t/r             | 84    | 88    | 37    | 22    | 1570  | 53    |
| Elektrina, kWh/r                 | 18450 | 34131 | 18661 | 17520 | 8607  | 11070 |
| Nafta, kg/r                      | 26119 | 33639 | 16217 | 16327 | 36249 | 16978 |
| <b>Výstupy</b>                   |       |       |       |       |       |       |
| Celk. prod. surového mlieka, t/r | 167,1 | 158,6 | 70    | 74,5  | 395,9 | 104,8 |
| Koncentrácia mlieč. tuku, %      | 7,8   | 7,6   | 8     | 8     | 7,7   | 7,9   |
| Konc. mlieč. proteínu, %         | 4,4   | 4,7   | 4,7   | 4,9   | 4,4   | 4,5   |

**Tabuľka 2:** Hlavné charakteristiky. Vstupy a výstupy mliekarne.

| <b>Vstupy</b>                |         |
|------------------------------|---------|
| Pôda, m <sup>2</sup>         | 800     |
| Studená voda, m <sup>3</sup> | 2700    |
| Elektrina, kWh               | 99850   |
| Plyn, kg/r                   | 84      |
| Kyselina dusičná, kg/r       | 240     |
| Kyselina peroctová, kg/r     | 240     |
| Penenie, kg/r                | 720     |
| Čistiaci prostriedok, kg/r   | 2230    |
| Zmäkčovač vody, kg/r         | 1200    |
| Štítiky, kg/r                | 54      |
| Kartón, kg/r                 | 69600   |
| LDPE, kg/r                   | 7953    |
| HDPE, kg/r                   | 2161    |
| Baliaci papier, kg/r         | 108     |
| Servítk. papier, kg/r        | 400     |
| Byvolie surové mlieko, kg/r  | 970960  |
| Soľ, kg/r                    | 9756    |
| Štartovacia kultúra, kg/r    | 182     |
| GDL, kg/r                    | 960     |
| Kyselina mliečna, kg/r       | 2464    |
| Kyselina citrónová, kg/r     | 259     |
| <b>Výstupy- odpad</b>        |         |
| Odpad z kartónu, kg/r        | 4200    |
| Odpad z plastu, kg/r         | 220     |
| Odpadová voda, kg/r          | 5431667 |
| <b>Výstupy-produkty</b>      |         |
| Syr mozzarella, kg/r         | 237685  |
| Ricotta, kg/r                | 14879   |
| Vyzretý syr, kg/r            | 0       |
| Zvyšková srvátka, kg/r       | 197684  |

V tabuľkách 1 a 2 sú zhrnuté hlavné charakteristiky, vstupy a údaje produkcie fariem a mliekarne. Medzi farmami existuje široká škála variability, vzhľadom na veľkosť stáda, spotrebu energie, zakúpené krmivá a sebestačnosť. Surový proteínový obsah v potrave laktujúcich byvolov bol asi 12% v sušine. Na všetkých 6 farmách bola krmná základňa kukuričnej siláže s premenlivým prispievaním trávy a strukovín. Nakúpené krmivá boli väčšinou kompletne krmivá pre dospelých a práškové mlieko pre teľatá. Spotreba elektriny bola hlavne na dojenie a skladovanie mlieka, zatiaľ čo spotreba nafty bola hlavne na činnosti traktorov. Mliekareň spracovávala surové byvolie mlieko v syroch mozzarella podľa usmernení pre syr „CHOP Mozzarella di Bufala Campana“ (ministerské nariadenie, MiPAAF, Taliansko, č. 258/2003). Výťažok syra mozzarella bol v priemere 24 % a vypočítal sa pomocou nasledujúcej rovnice:  $\text{kg syra mozzarella} = \text{kg surového mlieka} \times ((3,5 \times \% \text{ bielkovín} + 1,23 \times \% \text{ tuku}) - 0,88) / 100$ .

Okrem toho mliekareň spracovávala 13% surového mlieka v syre s výťažkom syra 16%, ktorý dozrieval 60 dní pri teplote 12 °C a vlhkosti 88 %. Zvyšná srvátka bola potom zahrievaná, aby sa získal syr ricotta s výťažkom 7 %.

Pokiaľ ide o hodnotenie vplyvov na životné prostredie, tak emisie metánu (CH<sub>4</sub>) na úrovni farmy sa vypočítali podľa úrovne 2 na základe medzivládneho panelu pre zmenu podnebia (IPCC, 2006a) s aktualizovanými konverznými faktormi (IPCC, 2013). Metán z črevnej fermentácie, na základe príjmu sušiny stáda, sa vypočítal s použitím konverzného faktora CH<sub>4</sub> 6,0 % pre byvolov, jalovice, býky a teľatá (IPCC, 2000). Spotreba energie sa predpokladala asi 65 %. Emisné faktory CH<sub>4</sub> navrhnuté ako špecifické pre byvolov sa použili na hodnotenie emisií hnoja: 4,49 a 10,26 kg oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>)/byvol/rok pre systémy spravovania tekutého a pevného hnoja,

Priamy počet emisií N<sub>2</sub>O vychádzal z vylučovania dusíka (N), odhadovaného ako príjem sušiny a obsah dusíka v potrave. Bielkoviny z potravy boli vypočítané na základe údajov poskytnutých komerčnými výrobcami krmív pre nakúpené koncentráty a na základe normy INRA pre koncentráty a krmoviny produkované farmami. Spravovanie hnoja na farmách sa uskutočňovalo prostredníctvom pevných a tekutých foriem.

Emisné faktory použité pre priame emisie N<sub>2</sub>O boli 0,02 (tuhé skladovanie) a 0,001 (kvapalné skladovanie). Nepriame emisie N<sub>2</sub>O na úrovni poľa boli vypočítané pomocou nasledujúcich emisných faktorov: 0,01 N<sub>2</sub>O -N/kg prchavého dusíka; 0,092% pre prchanie dusíka zo syntetického hnojiva ako amoniak (NH<sub>3</sub>) alebo oxidy mono-dusíka (NO<sub>x</sub>); 0,0075 N<sub>2</sub>O -N/kg dusíka, ktorý sa stratí extrakciou a odtokom (IPCC, 2006b), pričom časť z celkového



množstva dusíka je 0,266. Palivo a elektrina použitá na poľnohospodárske operácie sa odhadli na základe faktúr.

Emisné faktory použité na emisie CO<sub>2</sub> boli 3,13 kg CO<sub>2</sub> na kg motorovej nafty a 0,47 kg CO<sub>2</sub> na kWh elektrickej energie.

Odhad emisií amoniaku pre pevné skladovanie sa vypočítal podľa IPCC (2006a) za predpokladu, že frakcia dusíka strateného prchavosťou je 29 % z celkového vylúčeného množstva. Volatilizácia dusíka vo forme amoniaku a NO<sub>x</sub> na úrovni poľa v dôsledku aplikácie organických a minerálnych hnojív sa odhadovala podľa rovníc navrhnutých Európskou environmentálnou agentúrou (EEA, 2009) a použité emisné faktory boli 0,05 pre amoniak (EEA, 2016) a 0,04 pre NO<sub>x</sub> (EEA, 2009). Pre eutrofizáciu sa vyplavovanie dusíka na úrovni poľa vo forme dusičnanov vypočítalo na základe rovníc IPCC (2006b) s hodnotou FracLEACH 0,26 a stratou fosforu vo forme fosfátu (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>). Predpokladalo sa, že obsah fosforu v hnoji (P) je 0,65 g a 1,09 g na kg hnojovice a pevného hnoja (Berlese et al., 2019).

### **3.1 Softvér a kategórie vplyvu**

Odhad emisií mimo farmy, ktoré sa vyskytujú vo výrobnom reťazci komerčného krmiva (od rastlinnej výroby po konečný produkt dodávaný na farmu vrátane prepravy), nakúpených krmív a podstielkových materiálov, výroby chemických hnojív a motorovej nafty a výroba energie, ako aj emisií, ktoré sa vyskytujú počas výroby syra mozzarella na úrovni závodu, sa uskutočňovali pomocou softvéru SimaPro 8.5 (PRe Consultants, 2017) a databázy Ecoinvent. Na analýzu LCA sa použila východisková metóda CML-IA (Centrum pre environmentálne štúdie, Univerzita v Leidene, Holandsko). Táto metóda je aktualizáciou základnej línie CML 2 a bola vydaná spoločnosťou CML v apríli 2013 (verzia 4.2). Zakladá sa na medzinárodne akceptovanom prístupe a rozvíja problémovo orientovaný (stredový) prístup. Vybrané kategórie vplyvu a súvisiace merné jednotky pre túto štúdiu (IPCC, 2013) boli nasledujúce: Potenciál globálneho otepľovania (GWP), vypočítaný podľa ekvivalentných faktorov CO<sub>2</sub> v 100-ročnom časovom horizonte, potenciál acidifikácie (ACP) (g SO<sub>2</sub> ekv.) a potenciál eutrofizácie (EUP) (g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv.). Tabuľka 3 ukazuje kategórie vplyvov a charakterizačné faktory použité na hodnotenie potenciálneho environmentálneho zaťaženia byvolieho mlieka a výroby syra mozzarella (Berlese et al., 2019).

**Tabuľka 3:** Skúmané kategórie vplyvu a charakterizačné faktory hlavných základných tokov.

| <b>Kategória vplyvu</b>   | <b>Hlavný tok</b>             | <b>Charakterizačný faktor</b> |
|---|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>Potenc. globál. otepľovania (GWP), kg CO<sub>2</sub>, ekv.</b> | CO <sub>2</sub>               | 1                             |
|   | CH <sub>4</sub>               | 28                            |
|   | N <sub>2</sub> O              | 265                           |
| <b>Acidifikácia (ACP), kg SO<sub>2</sub> ekv.</b>                 | NH <sub>3</sub>               | 1,6                           |
|   | NO <sub>x</sub>               | 0,76                          |
|   | SO <sub>2</sub>               | 1,2                           |
| <b>Eutrofizácia (EUP), kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv.</b>    | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0,1                           |
|   | P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3,06                          |

#### 4 Posudzovanie vplyvu, analýza citlivosti a metódy priradovania

Na úrovni farmy sa zvažovali dva rôzne scenáre:

1. scenár MLIEKO, kde sa analyzovali skutočné údaje z farmy s cieľom posúdiť proces výroby byvolieho mlieka (základný scenár),

2. scenár HOVÄDZINA, kde sa predpokladalo, že samce teliat boli vykrmované priamo na farme a predávané s hmotnosťou 350 kg. Pre tento scenár boli priemerné denné prírastky na hmotnosti, príjem sušiny a zloženie stravy prevzaté od autorov Spanghero et al. (2004), ktorí uvažujú o talianskych stredomorských byvoloch. Keďže je k dispozícii len málo informácií o chove talianskych byvolov, údaje z farmy, ako napríklad spotreba paliva a elektrickej energie, sa považovali za rovnaké údaje použité ako pre mladé býky.

Na úrovni mliekarne sa zvažovali dva rôzne scenáre:

1. scenár MOZZARELLA, kde sa všetky vstupy používali na výrobu syra mozzarella a výsledná srvátka sa spracovávala v ricotte (základný scenár),

2. scenár SYR, kde sa časť mlieka (10%) spracovávala v zrejúcom syre a výsledná srvátka sa spracovávala aj v ricotte.

Na úrovni farmy, v rámci dvoch scenárov, boli vykonané metódy priradovania. Bez priradovania boli všetky emisie pripísané mlieku upravenému na tuky a bielkoviny. Pri fyzickom priradovaní, kde sa emisie pripisovali mlieku a teľatám, sa použila metodika Medzinárodnej mliekarskej federácie (IDF, 2015). Fyzický priradovací faktor ( $AF_{\text{mlieko}}$ ) sa vypočítal pomocou nasledujúcej rovnice:  $AF_{\text{mlieko}} = 1 - 6,04 \times \text{BMR}$ , kde BMR je pomer medzi súčtom predaných živých zvierat a predaného mlieka korigovaný na 4% tuku a 3,3% bielkovín. Pri ekonomickom priradovaní sa použili trhové hodnoty surového mlieka (1,15 € / kg), vyradených byvolov (0,50 € / kg), mladých býkov (0,55 € / kg) a teliat (0,30 € / kg) uvedené analyzovanými farmami a priradovací faktor mlieka sa vypočítal ako pomer medzi celkovou hodnotou mlieka a celkovou hodnotou výstupov.

Na úrovni mliekarne, ako navrhujú Pirlo et al. (2014b), emisie z výroby surového mlieka posudzované na úrovni závodu sú tie, ktoré sa hodnotia v scenári MLIEKO s ekonomickým priradovaním, berúc do úvahy váženú priemernú hodnotu dopadu. V rámci dvoch scenárov (MOZZARELLA a SYR) sa na vyhodnotenie konečných celkových emisií použili tiež tri metódy priradovania. Rovnako ako predtým, bez priradovania boli celkové emisie pripísané k

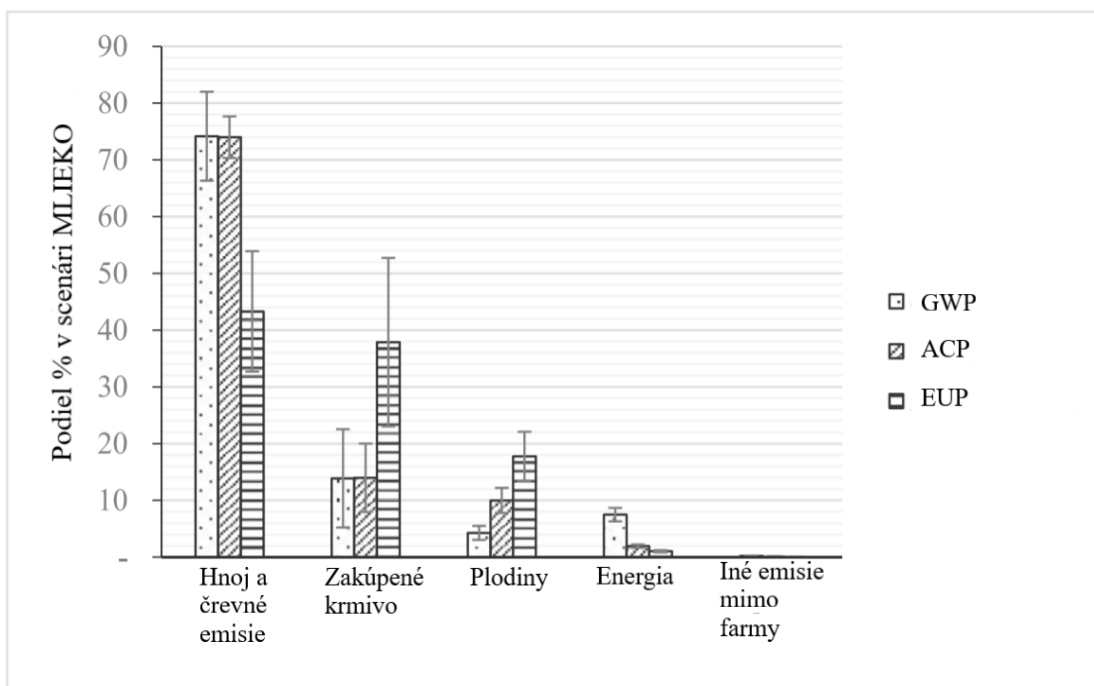
syru mozzarella, fyzické priradovanie pripísalo emisie do syra mozzarella a do syra ricotta získaného zvyškovou srvátkou, do konečnej zvyškovej srvátky (scenár MOZZARELLA) a do zrelého syra (scenár SYR) na základe obsahu sušiny. Čo sa týka ekonomického priradovania, všetky trhové hodnoty boli získané analyzovanými farmami, s výnimkou ceny srvátky, pre ktorú sa použila hodnota navrhovaná CLAL (2019). Trhové hodnoty boli nasledujúce: 14 € / kg pre syr mozzarella, 8,5 € / kg pre syr ricotta, 0,014 € / kg pre srvátku a 14 € / kg pre 60 dní zrejší syr. Výsledky environmentálnych vplyvov 1 kg syra byvovej mozzarelly z prepravy surového mlieka do obalov v mliekarenskom závode sa podrobili analýzam neistoty pomocou softvéru R, verzia 3.4.0 (R Core Team, 2017) a 10 000 simulácií Monte Carlo. Na tento účel sa na určenie neistoty vstupov zväžili údaje Ecoinvent et al., 2016 (Berlese et al., 2019).

#### 4.1 Environmentálna udržateľnosť a priradovanie na úrovni farmy v scenári MLIEKO

Environmentálne vplyvy byvolích fariem na 1 kg mlieka upraveného na tuky a bielkoviny sú uvedené v tabuľke 4. GWP 1 kg mlieka upraveného na tuky a bielkoviny je v priemere 6,4 a 6,1 kg CO<sub>2</sub> ekv. bez priradovania a s ekonomickým priradovaním. Napriek tomu, že emisný faktor pre črevné kvasenie a spravovanie hnoja pri byvoloch je nižší ako v prípade dojníc, tieto hodnoty sú päťkrát až šesťkrát vyššie.

**Tabuľka 4:** Environmentálne vplyvy vyjadrené na kg mlieka upraveného na tuky a bielkoviny (FPCM) z byvolích fariem s rôznymi metódami priradovania vzhľadom na scenár MLIEKO a HOVÄDZINA na úrovni farmy.

|   | Úroveň farmy |             |
|---|--------------|-------------|
|   | MLIEKO       | HOVÄDZINA   |
| <b>Globálne otepľovanie kg CO<sub>2</sub>ekv./kg FPCM</b>       |              |             |
| Bez priradovania  | 6,4 ± 1,60   | 7,2 ± 1,86  |
| Fyzické priradovanie  | 3,4 ± 0,88   | 0,9 ± 0,45  |
| Ekonomické priradovanie   | 6,1 ± 1,51   | 6,0 ± 1,52  |
| <b>Acidifikácia kg SO<sub>2</sub>ekv./kg FPCM</b>               |              |             |
| Bez priradovania  | 37,3 ± 3,97  | 41,3 ± 5,23 |
| Fyzické priradovanie  | 20,4 ± 3,58  | 6,1 ± 2,29  |
| Ekonomické priradovanie   | 35,7 ± 3,85  | 34,5 ± 4,17 |
| <b>Eutrofizácia kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv./kg FPCM</b> |              |             |
| Bez priradovania  | 8,2 ± 0,62   | 13,0 ± 2,58 |
| Fyzické priradovanie  | 4,5 ± 0,67   | 1,6 ± 0,57  |
| Ekonomické priradovanie   | 7,8 ± 0,61   | 10,9 ± 2,10 |



**Obrázok 2:** Príspevok 1 kg mlieka upraveného na tuky a bielkoviny (scenár MLIEKO) na globálne otepľovanie (GWP), acidifikáciu (ACP) a eutrofizáciu (EUP) na farmách (črevné emisie a hnoj zvierat, plodiny) a emisie mimo farmy ( nakúpené krmivá, energia a iné zdroje mimo farmy).

Z hľadiska ekonomického priradovania sa hodnoty GWP zmenili (kg CO<sub>2</sub> ekv.) na kg normalizovaného byvolieho mlieka (NBM), aby sa vykonalo porovnanie s hodnotami získanými s autormi Pirlo et al. (2014b). GWP na farmách analyzovaných v tejto štúdii predstavoval 9,7 kg CO<sub>2</sub> ekv. na kg normalizovaného byvolieho mlieka, čo sú vyššie hodnoty ako hodnoty uvádzané Pirlom (5,1 kg CO<sub>2</sub> ekv. na kg NBM), pravdepodobne pre nízku úroveň produkcie sledovaných fariem (2237 kg FPCM/hlava/rok vs. 3535 kg FPCM/hlava/rok ako národnú úroveň výroby v roku 2016; ANASB, 2019). Produkcia mlieka na hlavu bola v skutočnosti 1409 kg NBM / byvol na obdobie laktácie v porovnaní s priemernou hodnotou ukázanou Pirlom et al. (2014b) 2251 kg NBM/byvol na obdobie laktácie. S fyzickým priradovaním sa GWP znížil o 47%. V porovnaní so štúdiami týkajúcich sa výroby kravského mlieka tento prieskum preukázal vyššie hodnoty (2 %, Dalla Riva et al., 2015; 16 %, Salvadore et al., 2016; 19 % , Salvadore et al., 2017). Pokiaľ ide o metódu (IDF, 2015), ako navrhli niektorí autori (Pirlo et al., 2014b; Ardente a Cellura, 2012), fyzické priradovanie nepredstavuje spoločenskú príčinu environmentálneho vplyvu byvolej farmy, a preto by sa mu malo vyhnúť. Vzhľadom na ekonomické priradovanie sa emisie znížili o 4,5 %, a hodnota je podobná s Pirlom et al. (2014a), 4 %, hodnoty sú nižšie ako výsledky uvedené v iných štúdiách týkajúcich

sa výroby kravského mlieka. Tieto rozdiely sú spôsobené systémom produkcie byvolov, v ktorých sa predávajú novonarodené teľatá a trhovú hodnotu mäsa zvierat je veľmi nízka. ACP 1 kg mlieka upraveného na tuky a bielkoviny je v priemere 37,3, 20,4 a 35,7 g SO<sub>2</sub> ekv. bez priradenia, s fyzickým priradením a ekonomickým priradením. Hodnota uskutočnená s ekonomickým priradením, vyjadrená v NBM (59,2 g SO<sub>2</sub>ekv. na kg NBM), je v súlade s hodnotou získanou Pirlo et al. (2014b), čo je 65 g SO<sub>2</sub> ekv. Medzi hodnotami nepriradenia a s fyzickým priradením sa zaznamenáva podstatný rozdiel. V skutočnosti sa pri posudzovaní nadbytočných teliat a vyradených byvolov pripúšťa hovädziemu mäsu asi polovica acidifikácie.

Podobný trend je zaznamenaný pre EUP: vplyv výroby 1 kg mlieka upraveného na tuky a bielkoviny je asi 8,2, 4,5 a 7,8 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv. bez priradenia, s fyzickým a ekonomickým priradením. Tieto hodnoty sú nižšie ako hodnoty registrované pri Pirlo et al. (2014b), pravdepodobne kvôli rozdielnej metóde prijatej na odhadovanie obsahu fosforu v byvolovom hnoji. Okrem toho môže systém chovu zohrávať úlohu pri emisiách fariem. V našej štúdii bol na všetkých farmách byvolov zavedený obmedzený systém chovu. Sabia et al. (2018) poznamenali, že chov jalovic byvolov (od 7 do 8 mesiacov) skôr na pastvinách ako v obmedzenom prostredí výrazne znížil environmentálny vplyv fariem z hľadiska GWP, ACT a EUP. Priemerné príspevky na farme a mimo farmy na GWP, ACT a EUP v rámci scenára MLIEKO sú uvedené na obrázku 2. Emisie z črevného a fermentačného hnojenia sú hlavnými prispievateľmi pre tri hodnotené kategórie vplyvu (75 % pre GWP, 7 5 % pre ACT 45 % pre EUP). Druhým hlavným prispievateľom je nakúpené krmivo, zatiaľ čo produkcia krmiva pre domáce zvieratá prispieva k GWP, ACT a EUP v uvedenom poradí 4, 10 a 18 %. Produkčné faktory mimo farmy celkovo prispievajú k GWP, ACP a EUP pre 22, 16 a 39 %. Príspevok GWP z črevnej emisie a aplikácie hnoja tejto štúdie je vyšší ako hodnoty uvedené Pirlom et al. (2014b), 57 %, pravdepodobne pre nižšiu úroveň produktivity analyzovaných fariem (Berlese et al., 2019).

#### **4.2 Environmentálna udržateľnosť a priradenie na úrovni farmy v scenári HOVÄDZINA**

Environmentálne vplyvy byvolích fariem na 1 kg upraveného mlieka na tuky a bielkoviny v scenári HOVÄDZINA sú uvedené v tabuľke 4. GWP na 1 kg mlieka upraveného na tuky a bielkoviny v rámci scenára HOVÄDZINA vykonávaného bez metódy priradenia, s fyzickým a ekonomickým priradením sú 7,2, 0,9 a 6,0 kg CO<sub>2</sub> ekv.

Ako sa očakávalo, vzhľadom na vyššiu úroveň vstupu v scenári HOVÄDZINA než v prípade MLIEKO, v dôsledku požiadaviek na správu mladých byvolov bola GWP analýza

vykonaná bez prirad'ovania vyššia ako hodnota pri scenári MLIEKO. Naopak, pri fyzickom prirad'ovaní (IDF, 2015) sa vplyv znížil o 87 % na 0,9 kg CO<sub>2</sub> ekv, pretože hodnota GWP sa v priemere 17 % pridelila na mlieko a 84 % na hovädzie mäso. Táto disproporcionalita je spôsobená nízkou produkčnou úrovňou mlieka v stáde v porovnaní s množstvom získaného hovädzieho mäsa vzhľadom na alternatívny scenár. Ako sa očakávalo, hodnotenie vplyvu vykonané s ekonomickým prirad'ovaním pre GWP bolo nižšie v porovnaní so scenárom MLIEKO a v súlade so sektorovým trhom: byvolie mlieko má vyššiu trhovú hodnotu ako hovädzie mäso, a preto bol vplyv na životné prostredie najviac pridelený na mlieko. ACP na 1 kg mlieka upraveného na tuky a bielkoviny bol v priemere 41,3, 6,1 a 34,5 g SO<sub>2</sub> ekv, bez prirad'ovania, s fyzickým a ekonomickým prirad'ovaním. Aj tu predstavuje scenár HOVÄDZINA vyššie hodnoty z dôvodu väčšieho množstva vstupov, ktoré sa vyskytujú pri výrobe mäsa. EUP na 1 kg mlieka upraveného na tuky a bielkoviny bol v priemere 13,0, 1,6 a 10,9 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv., bez prirad'ovania, s fyzickým a ekonomickým prirad'ovaním (Berlese et al., 2019).

#### **4.3 Environmentálna udržateľnosť a prirad'ovanie v scenári MOZZARELLA**

Vplyvy na životné prostredie na 1 kg syra mozzarella v rámci scenára MOZZARELLA sú uvedené v tabuľke 5. Celkové emisie vzťahnuté na surové mlieko boli 7 642 174 kg CO<sub>2</sub> ekv., 54 093 kg SO<sub>2</sub> ekv. a 11 943 kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv., ktoré zodpovedajú váženej priemernej hodnote na kg mlieka upraveného na tuky a bielkoviny 5,2 kg CO<sub>2</sub> ekv., 36,9 g SO<sub>2</sub> ekv. a 8,2 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv.

**Tabuľka 5:** Vplyvy na životné prostredie vyjadrené na 1 kg syra byvoliej mozzarely s ohľadom na scenár MOZZARELLA a SYR a analýzu neistoty pomocou simulácie Monte Carlo od prepravy surového mlieka po balenie v mliekarni.

| <b>Úroveň<br/>mliekarne</b>                             |                           |           |                                |                           |           |                                |
|---|---------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------------|-----------|--------------------------------|
|   | <b>MOZZARELLA</b>         |           |                                | <b>SYR</b>                |           |                                |
|   | <b>Priem.<br/>hodnoty</b> | <b>SD</b> | <b>95 % inter.<br/>spoľah.</b> | <b>Priem.<br/>hodnoty</b> | <b>SD</b> | <b>95 % inter.<br/>spoľah.</b> |
| <b>GWP kg CO<sub>2</sub>ekv./kg FPCM</b>                |                           |           |                                |                           |           |                                |
| Bez priradovania  | 33,9                      | 0,10      | 33,7-34,1                      | 36,7                      | 0,11      | 36,4-36,9                      |
| Fyzické priradovanie                                    | 28,9                      | 0,09      | 28,7-29,1                      | 27,9                      | 0,08      | 27,7-28                        |
| Ekonom. priradovanie                                    | 32,7                      | 0,10      | 32,5-32,8                      | 33,2                      | 0,10      | 33-33,4                        |
| <b>ACP kg SO<sub>2</sub>ekv./kg FPCM</b>                |                           |           |                                |                           |           |                                |
| Bez priradovania  | 247,9                     | 1,08      | 245,8-250,1                    | 267,9                     | 1,17      | 265,6-270,2                    |
| Fyzické priradovanie                                    | 211,4                     | 0,92      | 209,5-213,2                    | 203,6                     | 0,89      | 201,9-205,4                    |
| Ekonom. priradovanie                                    | 238,7                     | 1,04      | 236,6-240,7                    | 242,8                     | 1,06      | 240,7-244,8                    |
| <b>EUP. kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv./kg FPCM</b> |                           |           |                                |                           |           |                                |
| Bez priradovania  | 62,2                      | 5,58      | 51,3-73,2                      | 67,2                      | 6,03      | 55,4-79                        |
| Fyzické priradovanie                                    | 53                        | 4,75      | 43,7-62,3                      | 51,1                      | 4,58      | 42,1-60,1                      |
| Ekonom. priradovanie                                    | 59,9                      | 5,37      | 49,4-70,4                      | 60,9                      | 5,46      | 50,2-71,6                      |

GWP na 1 kg syra mozzarella bol 33,9, 28,8 a 32,7 kg CO<sub>2</sub> ekv., bez priradovania, a s fyzickým a ekonomickým priradovaním. Tieto hodnoty sú vyššie ako hodnoty uvádzané Alvesom et al. (2019), čo predstavuje 8,2 kg CO<sub>2</sub> ekv. Tento rozdiel však možno vysvetliť skutočnosťou, že vyššie uvedení autori deklarujú prekvapivo nízke emisie skleníkových plynov zo surového mlieka na výrobu mozzarely. Pokiaľ je nám známe, neexistujú žiadne ďalšie štúdie hodnotiace environmentálne vplyvy syra mozzarella z byvolieho mlieka. GWP posudzovaný s fyzickým priradovaním predstavoval najnižšiu hodnotu (28,8 kg CO<sub>2</sub> ekv.) so znížením vplyvu o 15 %, pretože táto metóda sa domnieva, že systém opätovne použil srvátku získanú z výroby mozzarely a spracoval ju na syr ricotta. Na druhej strane, ekonomické priradovanie neurčilo radikálny posun (4 %), pretože množstvo a trhovú hodnotu získanej



ricotty a zvyškovej srvátky boli obmedzené, preto sa väčšina emisií pripisovala mozzarelle. Hlavnými prispievateľmi boli emisie z procesov výroby mlieka (95 %), zatiaľ čo emisie pripisované výrobným procesom boli obmedzené a považovali sa za spracovanie mlieka a balenie mozzarelly. Tieto výsledky sú v súlade s výsledkami získanými Palmierim et al. (2017) a Dalla Riva et al. (2017) na výrobu syra mozzarella z kravského mlieka a Alves et al. (2019) pre syr mozzarella z byvolieho mlieka. ACP 1 kg syra mozzarella je 247,9, 211,4 a 238,7 g SO<sub>2</sub> eq, bez priradovania, a tiež s fyzickým a ekonomickým priradovaním. EUP 1 kg syra mozzarella je 62,2, 53,0 a 59,9 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv., bez priradovania, s fyzickým a ekonomickým priradovaním. Emisie z procesov výroby mlieka sú hlavným prispievateľom pre ACP a EUP (92% a 81%) a tieto výsledky sú nižšie ako hodnoty uvedené v správe Palmieri et al. (2017), ktorý analyzoval produkciu mozzarelly z kravského mlieka s ohľadom na rôzne druhy výživy a zaznamenal príspevok výroby mlieka pre ACP a EUP takmer 100% (Berlese et al., 2019).

#### **4.4 Environmentálna udržateľnosť a priradovanie v scenári SYR**

Environmentálne vplyvy mliekarenského závodu na 1 kg syra mozzarella v rámci scenára SYR sú uvedené v tabuľke 5. Scenár SYR predstavuje možný scenár diverzifikácie mliečnych výrobkov na marketingové účely, a najmä pre krátky dodávateľský reťazec mlieka. Emisie vykonané bez priradovania predstavujú v priemere 36,7 kg CO<sub>2</sub> ekv., 267,9 g SO<sub>2</sub> ekv. a 67,2 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv., a sú vyššie ako emisie scenára MOZZARELLA, pretože všetky vyššie vstupy sa pripisovali výrobe syrov mozzarella. Aj tu boli emisie vypočítané s fyzickým priradovaním najnižšie (27,9 kg CO<sub>2</sub> ekv, 203,6 g SO<sub>2</sub> ekv. a 51,1 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv.), pretože systém zahŕňa výrobu vyzretého syra a syra ricotta. Faktor priradovania prijatý pre mozzarellu, ktorá zohľadňovala aj výrobu ricoty a zrejúceho syra, ako aj relatívnu zvyškovú srvátku, bol 0,76. V súlade s predchádzajúcim scenárom aj emisie vypočítané s ekonomickým priradovaním nepredstavovali radikálny posun a výsledné vplyvy boli v skutočnosti 33,2 kg CO<sub>2</sub> ekv., 242,8 g SO<sub>2</sub> ekv. a 60,9 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv. pre GWP, ACP a EUP. V tomto prípade sa vplyv na životné prostredie neznížil, ako by mal ideálny trend, v skutočnosti sa 90 % emisií účtovalo do syra mozzarella. Túto skutočnosť možno vysvetliť trhovými cenami predávaných výrobkov: syr mozzarella s výťažkom 24 % a relatívne nízkym vstupom do výrobného procesu sa predával za 14 € / kg. Na druhej strane, zrejúci syr s nízkym výnosom (16 %) a relatívne vyšším vstupom do výrobného procesu (soľ, syridlo, elektrina na dozrievanie), sa predáva za rovnakú cenu. V analyzovanom kontexte by pri dozrievaní syrov mohla byť užitočná ponuka spotrebiteľov s väčším výberom, ale s ohľadom na environmentálnu udržateľnosť by sa malo usilovať o ďalšie hospodárske zlepšenie zrelých syrov. V porovnaní so scenárom MOZZARELLA, scenár SYR

vypočítaný bez priradovania predstavoval hodnoty GWP, ACP a EUP vyššie o 7 %. Vplyv na životné prostredie posudzovaný s fyzickým priradovaním v scenári SYR predstavoval nižšie hodnoty GWP, ACP a EUP o 3,5, 3,7 a 3,6 %, než hodnoty uvedené v scenári MOZZARELLA. S ekonomickým priradovaním boli environmentálne emisie v scenári SYR vyššie o 1,5, 1,7 a 1,7 % pre GWP, ACP a EUP v porovnaní so scenárom MOZZARELLA (Berlese et al., 2019).

## 5 Interpretáčná analýza

V tejto štúdii sa posudzovalo 6 byvolích fariem nachádzajúcich sa v severovýchodnom Taliansku špecializovaných na výrobu mlieka. Celé množstvo mlieka bolo spracované jednou mliekarňou, aby sa vyrobil syr mozzarella. Výsledky tohto príspevku prispievajú k zlepšeniu poznatkov o vplyve výroby syra mozzarella z byvolieho mlieka na životné prostredie, čo je málo študovaná literatúra. Dopad 1 kg baleného syra mozzarella na životné prostredie sa vzhľadom na navrhované scenáre a v závislosti od prijatej metódy priradovania pohyboval v rozmedzí od 29 do 34 kg CO<sub>2</sub> ekv. pre GWP, od 211 do 248 g SO<sub>2</sub>ekv. pre ACP a od 53 do 62 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv. pre EUP.

Výsledky tiež ukazujú, že väčšina emisií, a najmä skleníkových plynov, pochádza z emisií z byvolieho mlieka. Stratégie zmierňovania by sa preto mali riešiť najmä na úrovni farmy. V skutočnosti by farmy mali zvýšiť svoj výrobný potenciál. Simulovaním výroby mlieka v súlade s národnými priemermi by sa emisie v priemere znížili o 40 %. Okrem toho by bolo potrebné využívať mäsové výrobky, aby sa zvýšila celková úroveň výroby a zlepšila sa udržateľnosť, a to aj zo sociálneho hľadiska. Medzi rôznymi možnosťami priradovania celkových emisií sa zdá byť najvhodnejšie ekonomické priradovanie umožňujúce poukázať na potenciál diverzifikácie výrobkov. Výsledky však ukázali, že na to, aby bola táto metóda účinná, musí diverzifikácia výrobkov sprevádzať riadne hospodárske využívanie vedľajších produktov. Preto v tomto výrobnom systéme, kde je cena mäsa extrémne nízka, sa zdá, že najúčinnjším zmierňujúcim opatrením je zvýšenie produktívnej účinnosti zvierat (Berlese et al., 2019).

## **Použitá literatúra**

BERLESE, M. - CORAZZIN, M. - BOVOLENTA, S. 2019. Environmental sustainability assessment of buffalo mozzarella cheese production chain: A scenario analysis. In *Journal of Cleaner Production*. ISSN 09596526, 2019, vol. 238, p. 117922.

HOW BUFFALO MOZZARELLA IS MADE [online] [cit. 2019-11-03] Dostupné na internete: <<https://www.sensibus.com/deli/cheese-guides/how-buffalo-mozzarella-made>>.

CHOP Mozzarella di Bufala Campana [online] [cit. 2019-11-03] Dostupné na internete: <[https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/food-safety-and-quality/certification/quality-labels/eu-quality-food-and-drink/mozzarella-di-bufala-campana\\_sk](https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/food-safety-and-quality/certification/quality-labels/eu-quality-food-and-drink/mozzarella-di-bufala-campana_sk)>