برآورد آلایندگی و اثرات زیست محیطی روش‌های مختلف دفع فضولات گاوداری‌ها با استفاده از توصیه‌های IPCC

محمد نوری[۱]، محمدعلی میسمی[۱]* و حمیدرضا قاسم‌زاده[۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۱۰

۱- گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران
*مسئول مکاتبه: maysami@tabrizu.ac.ir

چکیده

رشد تولیدات دامی و توسعه دامداری‌ها باعث افزایش تولید محصولات جانبی از جمله فضولات دامی است که منجر به بروز تأثیرات زیست‌محیطی مخربی می‌شود. توجه به شیوه مدیریت فضولات تأثیر به‌سزایی در کاهش میزان اثرات زیست‌محیطی دارد. مطالعه حاضر با داده‌برداری عملی از چهار گاوداری با شیوه‌های متفاوت دفع فضولات و استفاده از جداول و توصیه‌های هیئت بین‌دولتی تغییر اقلیم (IPCC) برای برآورد انتشارات، انجام شد. داده‌های حاصل با نرم‌افزار سیماپرو پردازش و شاخص‌های زیست محیطی روش‌های دفع به‌دست آمد. بر اساس نتایج، در روش مدیریتی جمع‌آوری فضولات در لاگون شاخص نهایی زیست محیطی ۰/۷۰۶ (بی‌بعد) به ازای یک تن فضولات و در روش دپو به صورت توده خشک و استفاده از بخشی از آن به‌عنوان بستر حیوان، عدد ۱/۳۷۹ بدست آمد. از بین اثرات و شاخص‌های زیست محیطی اثر گروه گرمایش جهانی در تمام گاوداری‌ها بزرگ‌تر از اثر سایر گروه‌های دیگر بود. علیرغم تولید متان زیاد در روش ذخیره در لاگون، به‌دلیل تولید گاز نیتروزاکسید در روش خشک کردن و به‌ویژه استفاده از فضولات خشک در بستر حیوان، این روش‌ها اثر گرمایش جهانی بیشتری داشتند. با مدیریت فضولات به روش هاضم بی هوازی و جمع‌آوری متان می‌توان اثرات زیست محیطی را کاهش داد و از مزایای انرژی نیز استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: اثرات زیست‌محیطی، بیوگاز، روش دفع فضولات، گاوداری، گرمایش جهانی، لاگون، IPCC

Evaluation of Emissions and Environmental Impacts of Dairy Farms Excrement Disposal Methods by IPCC Guidelines

Mohammad Nouri[1], Mohammadali Myasami[1] and Hamid Reza Ghasemzadeh[1]

Received: 6 Sep 2021 Accepted: 1 Nov 2021

1- Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
*Corresponding author: maysami@tabrizu.ac.ir

Abstract

The growth of livestock production and the development of livestock farms increases the production of by-products, including livestock waste, which leads to destructive environmental effects. Paying attention to waste management methods has a beneficial effect in reducing the amount of environmental effects. The present study was performed by practical data collection from 4 farms with different methods of waste disposal. The tables and recommendations of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) were used to estimate emissions levels. The obtained data were processed with Simapro software to calculate the environmental indicators of disposal methods. Based on the results, in the management method of waste collection in lagoon, the final environmental index was the lowest as 0.706 per ton of waste. In the depot method for dry mass and using part of it as animal bed, the obtained index was the highest with 1.379. Among the environmental effects and indicators, the effect of the global warming group in all farms was greater than the effect of other groups. Despite the high production of methane in the storage method in the lagoon, due to the production of nitrous oxide gas in the drying method and especially the use of dry waste in the animal bed, these methods had a greater effect of global warming. By managing waste through anaerobic digestion and methane collection, environmental effects can be reduced and energy benefits can be used.

Keywords: Dairy farms, Dry excrement, Environmental effects, IPCC, Lagoon, Waste disposal

How to cite:

Nouri, M., Myasami, M. A. and Ghasemzadeh, H. R. 2021. *Evaluation of Emissions and Environmental Impacts of Dairy Farms Excrement Disposal Methods by IPCC Guidelines*. Journal of Agricultural Mechanization 6 (3): 33-39.

۱- مقدمه

گاوداری‌ها یکی از بزرگ‌ترین منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش کشاورزی به شمار می‌آیند (Anon., 2014). یکی از منابع انتشار آلاینده‌ها در این واحدها، فضولات دامی است که یک محصول جانبی اجتناب‌ناپذیر، حاصل از تولید شیر و گوشت است. بنابر برآورد Wilkerson *et al.* (1997)، گاوهای با عملکرد متوسط شیر ۲۹ کیلوگرم در روز و با جرم تقریبی ۶۳۰ کیلوگرم با مصرف روزانه ۱۸ کیلوگرم ماده خشک (خوراک)، معادل ۵۶/۱ کیلوگرم در روز دفع فضولات (جامد و ادرار) دارند. بر اساس برآوردهای مشابه، سالانه حدود ۴/۲۵ میلیون تن فضولات گاوی خشک در ایران تولید می‌شود و بسته به روشی که این ضایعات ذخیره می‌شوند، به‌تناسب در آلودگی آب‌وخاک و محیط‌زیست مؤثر هستند (Anon., 2013).

مدیریت متفاوتی در دفع فضولات دامی صورت می‌گیرد که عمدتا عبارتند از: الف) روش سنتی خشک کردن فضولات در فضای باز و سپس استفاده به‌عنوان کود دامی، ب) جمع‌آوری در لاگون و ذخیره تا زمان انتقال به مزارع بعد از یک دوره تخمیر و ج) جمع‌آوری در واحدهای بیوگاز به‌منظور استحصال بیوگاز و سپس انتقال بقایا به مزارع. مطالعه اثرات زیست محیطی این روش‌ها در تصمیم‌گیری برای اتخاذ روش‌های درست دفع فضولات میسر خواهد بود.

زمان ماند فضولات در محیط‌های خاص و دمای آن محیط، هر دو نقش مهمی در انتشار آلاینده‌ها (از جمله متان و نیتروس) دارند. علاوه بر آن، ظرفیت تولید متان از فضولات نسبت به گونه و جیره غذایی متفاوت است. روش ارجح برای به دست آوردن این مقدار، اندازه‌گیری آن و یا استفاده از داده‌های منتشر شده خاص هر کشور است که با یک روش استاندارد اندازه‌گیری شده‌اند. اگر مقدار اندازه‌گیری شده بیومتان خاص یک کشور در دسترس نباشد، مقادیر پیش‌فرض که توسط IPCC[1] ارائه‌شده‌اند مورد استفاده قرار می‌گیرند. این روش برآورد عدم قطعیت ۳۰٪ می‌تواند داشته باشد که در مقایسه با عدم قطعیت ۲۰٪ روش‌های اندازه‌گیری منطقه‌ای و تعمیم آن به کل منطقه، دقت کمتری دارد؛ اما در نبود اندازه‌گیری مستقیم برآورد مناسبی را به‌دست می‌دهد. مطابق جداول IPCC[2]، انتشار مواد فرار از فضولات دامی در روش‌های مختلف مدیریت فضولات در هر منطقه آب و هوایی با ملاحظه داده‌های هواشناسی قابل محاسبه است.

به‌عنوان مثال، معادله (۱) برای برآورد انتشار متان از فضولات (CH_4 manure) و فاکتور انتشار درج شده در جداول مذکور (EF) و تعداد دام (N) استفاده می‌شود (IPCC, 2006).

$$CH_{4\,manure} = \sum_{(T)} \frac{\left(EF_{(T)} \times N_{(T)}\right)}{10^6} \tag{۱}$$

مطالعات متعددی در رابطه با برآورد انتشارات از دامداری‌ها صورت گرفته است که این مطالعات گاه صرفا به برآورد انرژی و انتشارات در رابطه با تولید شیر اشاره کرده‌اند و گاه شیوه دفع فضولات را نیز مورد بررسی قرار داده‌اند. Nutter *et al.* (2012) و O'Brien *et al.* (2014) به ارزیابی انرژی مصرفی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید شیر در کشورهای آمریکا، هلند و آلمان پرداختند. در مطالعه دیگری بررسی اثرات زیست‌محیطی ۱۲ واحد شیری در سه کشور دانمارک، آلمان و ایتالیا به روش ارزیابی چرخه حیات، گروه‌های زیست‌محیطی تأثیرگذار شامل اسیدیته، اوتریفیکاسیون خشکی، تخلیه منابع فسیلی و گرمایش جهانی در نظر گرفته شد. اثرگذاری زیست‌محیطی تمامی گروه‌ها در واحدهای لبنی در کشور دانمارک نسبت به آلمان و ایتالیا کمتر بود (به نقل از Soltanali *et al.*, 2015).

از مطالعاتی که به بررسی انتشارات از فضولات دامی پرداخته‌اند می‌توان به Zhang *et al.* (2013) اشاره کرد که از روش ارزیابی چرخه حیات به‌منظور بررسی اثرات زیست محیطی در واحدهای پرورش گاو شیری در کشور کانادا استفاده کردند. مکانیسم تلفیقی دفع فضولات در گاوداری مورد مطالعه شامل به‌کارگیری هاضم‌های بی‌هوازی برای تولید انرژی بیوگاز و استفاده از دوغاب هضم شده به‌عنوان کود دامی بود. نتایج این مطالعه در قالب تعیین شش گروه تأثیر تخلیه منابع فسیلی، گرمایش جهانی، اسیدیته، اوتریفیکاسیون خشکی، اثرات تنفسی و سمیت انسانی نشان داد که استفاده از سامانه تلفیقی در گاوداری‌ها می‌تواند گروه‌های تأثیر تقلیل منابع فسیلی و پتانسیل گرمایش جهانی را تا ۸۰ درصد و اسیدیته، اوتریفیکاسیون و اثرات تنفسی را تا ۵۰ درصد کاهش دهد. در مطالعه‌ای دیگر به بررسی اثرات زیست‌محیطی کربن به روش ارزیابی چرخه حیات بر اساس ویژگی‌های سازمان بین‌المللی استاندارد در واحدهای تولید شیر در کشور برزیل پرداخته شد.. بر اساس نتایج این مطالعه، عامل اصلی انتشار گاز نیترواکسید در این واحدها، نیتروژن متصاعد شده ناشی از حمل و انباشت کود حیوانی شناخته شد (به نقل از Soltanali *et al.*, 2015). Flysjö *et al.* (2011) در تحقیقی به ارزیابی انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فرآیند تولید شیر به روش ارزیابی چرخه حیات در دو کشور نیوزلند و سوئد پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد عامل اصلی انتشار گاز متان و نیترواکسید به ترتیب عامل تخمیر روده‌ای و کودهای ازته هستند.

از جمله مطالعات صورت گرفته در واحدهای پرورش گاو شیری در زمینه بررسی مسائل زیست‌محیطی در ایران می‌توان به تحقیقات انجام‌شده در گاوداری‌های صنعتی در استان تهران (Sefeedpari *et al.*, 2012) و یک واحد تولیدی در دانشگاه فردوسی مشهد (Soltanali *et al.*, 2015) اشاره کرد که در این دو تحقیق، تنها به بررسی انتشار گازهای

[1] IPCC: Intergovernmental Panel for Climate Change IPCC, 2006

[2] از جمله جدول ۱۰-۱۵ در راهنمای انتشارات گازهای گلخانه‌ای ملی)

گلخانه‌ای مربوط به نهاده‌های ورودی چون سوخت، الکتریسیته و ماشین‌ها پرداخته‌شده است. در این مطالعات مصرف نهاده سوخت دیزل در گاوداری‌ها بیشترین انتشار گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص داده بود. مطالعات اشاره شده به اثرات زیست‌محیطی مربوط به نهاده‌های خروجی مثل فضولات حیوانی و عامل تخمیر روده‌ای (شکمبه) دام که بخش قابل‌توجهی از کل گاز متان تولیدی در واحدهای تولید شیر را در بر می‌گیرد (Van der Maas *et al.*, 2010)، پرداخته‌اند. Ghorbani *et al.* (2009) در تحقیقی میزان نشر گازهای گلخانه‌ای و هزینه‌های زیست‌محیطی ناشی از آن در گاوداری‌های شیری در مشهد را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه شاخص‌های انرژی و زیست‌محیطی اثرگذار بر محیط‌زیست مورد ارزیابی قرار نگرفت.

با توجه به اینکه مطالعات کامل و جامعی در زمینه مدیریت فضولات دامی و اثرات زیست‌محیطی آن در ایران صورت نگرفته، از این‌رو هدف از این تحقیق بررسی روش‌های مختلف مدیریت فضولات و انتشار آلاینده‌ها در آنها با استفاده از روش‌های استاندارد IPCC در برآوردها است. همچنین ارائه روشی برای کاهش آلاینده‌ها و کاهش اثرات زیست‌محیطی با به‌کارگیری سامانه مدیریتی مناسب در واحدهای دام‌پروری از اهداف دیگر این تحقیق است که می‌تواند در راستای سیاست‌های کشور در قبال تعهدات خود در نشست پاریس نیز مورد استفاده قرار گیرد و در بخش کشاورزی سهمی از این تعهدات را به خود اختصاص دهد.

۲- مواد و روش‌ها

هدف از انجام این مطالعه بررسی اثرات سوء زیست‌محیطی ناشی از مدیریت فضولات گاوداری‌های شیری با مطالعه موردی تعدادی دامداری در استان آذربایجان شرقی بود. این استان با دارا بودن ۶۰۹۹۵ واحد گاوداری و مجموعاً ۳۴۶۳۰۴ رأس گاو و گوساله، سهم عمده‌ای در تولیدات لبنی و پروتئینی کشور و در مجاور آن تولید ضایعات دارد (Anon, 2013).

در تحقیق حاضر، چهار گاوداری با روش‌های مختلف مدیریت فضولات با استفاده از لاگون روباز، خشک کردن کود در مزرعه و استفاده از آن در بستر و یا فروش به‌صورت توده خشک انتخاب شدند که در جدول ۱ روش دفع و استفاده از فضولات در این گاوداری‌ها آورده شده است.

جدول ۱- مدیریت و نحوه دفع فضولات در گاوداری‌های منتخب برای مطالعه آلایندگی فضولات

Table 1. Manure management methods in investigated dairy farms

گاوداری Dairy farm	نحوه دفع فضولات Manure management method
1	20% استفاده در بستر + 80% فروش فضولات خشک
2	فروش فضولات خشک
3	فروش فضولات خشک
4	65% ذخیره سازی در لاگون + 35% فروش فضولات خشک

برای دست‌یابی به اطلاعات و داده‌های موردنیاز واحدهای دام‌پروری از روش مراجعه حضوری و مصاحبه با مدیران واحدهای دام‌پروری استفاده گردید. پس از جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز به تحلیل اطلاعات جمع‌آوری‌شده پرداخته و شاخص‌هایی مربوط به اثرات زیست‌محیطی به‌منظور تبیین اثر ضایعات دامی بر محیط‌زیست محاسبه شد. نحوه محاسبه انتشارات از فضولات به شرح ذیل بود:

برآورد انتشارات متان در دفع فضولات

به‌منظور تخمین انتشارات متان، از مقادیر ارائه‌شده در جداول استاندارد (IPCC, 2006) برای استخراج میزان جامدات فرار دفعی روزانه، بیشترین ظرفیت تولید متان از فضولات و مقدار ثابت ضریب تبدیل متان با توجه به متوسط دمای سالانه استان برای هر روش مدیریت فضولات استفاده شد. سپس این مقادیر در رابطه (۱) برای برآورد انتشار متان جای‌گذاری شدند. بدین ترتیب، با استفاده از ضریب (فاکتور) انتشار متان به دست آمده از جداول، مقدار انتشار سالانه گاز متان از روش‌های مختلف مدیریت فضولات محاسبه شد. برآورد انتشارات N_2O از فضولات انتشار N_2O به صورت مستقیم به‌دلیل نیتریفیکاسیون و دنیتریفیکاسیون ازت موجود در فضولات صورت می‌گیرد و مقدار آن ۰/۰۰۵ کیلوگرم به ازای هر کیلوگرم ازت تولیدی است (Dadras *et al.*, 2015). انتشار غیرمستقیم N_2O از طریق آبشویی فضولات اتفاق می‌افتد و یا به صورت‌های دیگر در محل مدیریت فضولات در شکل‌های فرار مانند NO_X یا آمونیاک به باد سپرده می‌شود و به انتشار غیرمستقیم کمک می‌کند. انتشار N_2O به صورت مستقیم و غیر مستقیم از طریق آبشویی و فراریت N نیز از روابط ارائه شده در استاندارد (IPCC, 2006) بدست آمد.

بعد از برآورد تمام انتشارات از قبیل متان، آمونیاک، دی نیتروژن اکسید و ... به‌منظور درک اثرات بارهای زیست‌محیطی منتشرشده در محیط‌زیست، اقدام به محاسبه شاخص‌هایی می‌شود. بدین منوال، سه

مرحله طبقه‌بندی، نرمال‌سازی و وزن دهی انجام و در نهایت شاخص نهایی زیست‌محیطی به دست آمد.

طبقه‌بندی

طبقه‌بندی اثر انواع مختلف آلاینده‌ها را با توجه به تشابه اثر و ترکیبب آنها، گروه‌بندی کرده و برای واحد کارکردی گزارش می‌دهد. شاخص طبقه‌بندی هر گروه تأثیر i، از رابطه (۲)، ارائه‌شده توسط Brentrup *et al.* (2004)، به دست می‌آید. تمام محاسبات بر اساس یک تن فضولات تازه تولیدی در گاوداری‌ها انجام‌شد. در واقع واحد کارکردی در این مطالعه یک تن فضولات (تازه) تولیدشده انتخاب شده است.

$$ICI_i = \sum_j \left(E_j or R_j\right) * \ CF_{i,j} \tag{۲}$$

که در آن، ICI_i شاخص طبقه‌بندی در هر گروه تأثیر، E_j or R_j انتشار ترکیب j با مصرف منبع i بر هر واحد کارکردی و $CF_{i,j}$ عامل طبقه‌بندی[۳] برای ترکیب j یا منبع j سهیم در گروه تأثیر i را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده پتانسیل هر ترکیب در ایجاد اثر مربوطه است.

نرمال‌سازی

این مرحله در واقع تطبیق و مقایسه سامانه موردمطالعه با یک شرایط مرجع است. برای مثال تعیین سهم اثر گرمایش جهانی سامانه موردمطالعه در ایجاد همین اثر در یک منطقه مانند اروپا، جهان یا یک کشور خاص است. همچنین هدف از این مرحله بی‌بعد کردن داده‌ها و آماده کردن آن‌ها برای مرحله وزن‌دهی است. از رابطه (۳) شاخص نرمال‌سازی چهار هر گروه تأثیر i را می‌توان به‌دست آورد (Brentrup *et al.*, 2004).

$$N_i = \frac{ICI_i}{NV_i} \tag{۳}$$

که در آن، N_i شاخص نرمال‌سازی گروه تأثیر i، ICI_i شاخص طبقه‌بندی هر گروه تأثیر i که از مرحله قبل به‌دست‌آمده و NV_i عامل نرمال‌سازی برای منطقه مرجع برای هر گروه تأثیر i هستند. عامل‌های نرمال‌سازی با تقسیم شاخص‌های طبقه‌بندی هر گروه تأثیر در ایران بر جمعیت ایران محاسبه می‌شود. در واقع سرانه اثرات زیست‌محیطی در ایران به‌عنوان عامل نرمال‌سازی بیان می‌شود. عامل‌های نرمال‌سازی مربوط به گروه‌های تأثیر در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- عامل‌های نرمال‌سازی گروه‌های تأثیر

Table 2. Normalizing factors for impact groups (Mirhaji *et al.*, 2013)

گروه تأثیر (واحد) Impact Category	عامل نرمال‌سازی Normalizing Factor
گرمایش جهانی ($kg\ CO_2\ eq$)	76.9
اسیدیته ($kg\ SO_2\ eq$)	48.7
اوتریفیکاسیون ($kg\ PO_4\ eq$)	63.0
اکسیداسیون فتو شیمیایی ($kg\ C_2H_2\ eq$)	4.2

وزن‌دهی

مرحله وزن‌دهی برای بیان اثرات زیست‌محیطی یک محصول یا فرآیند موردبررسی، لازم است. وزن‌دهی به معنی ارزیابی اثرات متفاوت مانند گرمایش جهانی یا اسیدی شدن با توجه به توانایی‌های بالقوه یک آلاینده یا طبقه‌ای از آلاینده‌ها برای آسیب به محیط‌زیست است (Lindfors *el al.*, 1995؛ Consoli *et al.*, 1993). عامل‌های وزن‌دهی مربوط به هر گروه تأثیر از رابطه (۴) به‌دست می‌آیند (Brentrup *et al.*, 2004).

$$WF_{ijk} = \frac{IC_{ijk}}{TI_{ijk}} \tag{۴}$$

که در آن، WF_{ijk} نشان‌دهنده وزن مربوط به شاخص i برای منطقه j در سال k، IC_{ijk} نشان‌دهنده مقدار فعلی شاخص برای گروه تأثیر i برای منطقه j در سال k و TI_{ijk} نشان‌دهنده مقدار شاخص هدف برای گروه تأثیر i برای منطقه j در سال k است. جدول ۳ عامل وزن‌دهی گروه‌های تأثیر یا سرانه اثرهای زیست‌محیطی در این مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۳- عامل وزن‌دهی گروه‌های تأثیر اثرات زیست‌محیطی

Table 3. Weighting factors for environmental impact groups (Brentrup et al., 2004)

گروه تأثیر Impact Category	عامل وزن دهی Weighting Factor
گرمایش جهانی	1.06
اسیدیته	1.34
اختناق دریاچه‌ای	1.26
اکسیداسیون فتوشیمیایی	0.80

[۳] Characterization Factor

شاخص نهایی اثرات زیست‌محیطی

شاخص نهایی اثرات زیست‌محیطی جمع‌بندی اثرات زیست‌محیطی یک فعالیت و ارائه آن تحت یک شاخص کلی است. شاخص نهایی زیست‌محیطی از مجموع وزنی شاخص‌های نهایی گروه‌های تأثیر گرمایش جهانی، اسیدیته، اوتریفیکاسیون و اکسیداسیون فتوشیمیایی به دست آمد. از رابطه (۵) برای برآورد شاخص نهایی زیست‌محیطی استفاده شد (Brentrup *et al.*, 2004).

$$EcoX = \sum_i N_i * WF_i \qquad (۵)$$

در این رابطه، EcoX شاخص نهایی زیست‌محیطی به ازای واحد کارکردی، N_i مقدار نرمال شده برای هر گروه تأثیر و WF_i وزن مربوط به هر یک از مقادیر N_i می‌باشد.

۳- نتایج و بحث

در اکثر واحدهای دامداری استان آذربایجان‌شرقی، فضولات تولیدشده جمع‌آوری و در محلی در نزدیکی واحد انباشته می‌شود. رطوبت آن از طریق تبخیر و نفوذ در زمین به مرور زمان کاهش می‌یابد. قسمتی از این فضولات که رطوبت آن به حداقل رسیده، در بستر حیوانات برای جذب رطوبت و ایجاد بستر نرم استراحت حیوانات مورد استفاده قرار می‌گیرد (گاوداری ۱). باقیمانده دپو شده و بسته به فضای در دسترس به‌صورت دوره‌ای در مزارع کشاورزی پخش می‌گردد. در تعدادی از مزارع فضولات به‌صورت مکانیزه جمع‌آوری و در کانالی در انتهای سالن نگهداری حیوانات وارد شده و از این کانال به سمت لاگونی که در انتهای کانال قرار دارد سرازیر و در آن نگهداری می‌شود (گاوداری ۴). در طی زمان نگهداری در لاگون، فضولات بدون کاهش قابل ملاحظه رطوبت از طریق نفوذ به خاک، دچار فرآیندهای تخمیری بی‌هوازی شده و متان تولید و به اتمسفر منتشر می‌شود. بعد از مدتی (چند ماه) لاگون تخلیه و به‌عنوان کود به مزارع پاشیده می‌شود.

تحلیل شاخص‌های زیست‌محیطی

۳-۱- نتایج طبقه‌بندی

شاخص‌های طبقه‌بندی ترکیبات منتشرشده از یک تن فضولات تازه در گاوداری‌ها در جدول ۳ آورده شده است. بر اساس این جدول گاوداری چهار با روش دفع فضولات لاگونی کمترین اثر در شاخص گرمایش جهانی را در بین گاوداری‌های مطالعه شده دارد، ولی گاوداری یک با روش استفاده از بخشی از فضولات خشک شده برای بستر حیوانات بیشترین اثر را دارد. اما از نظر شاخص اکسیداسیون فتوشیمیایی، گاوداری چهار بیشترین اثر و سایر گاوداری‌ها به مراتب اثر کمتری دارند. دلیل اختلاف گاوداری چهار با سایر گاوداری‌ها در گروه اثر اکسیداسیون فتوشیمیایی، تولید متان زیاد در سامانه لاگون روباز بی‌هوازی است که در سایر سامانه‌های مشاهده‌شده تولید متان بسیار کم است. در بین شاخص های دیگر نیز تفاوت‌های بین روش‌های دفع وجود دارد که اختلاف بین روش-های دفع تا حدودی در مقادیر این شاخص‌ها اثرگذار است.

جدول ۳- شاخص‌های الایندگی طبقه‌بندی شده برای ترکیبات منتشره از چهار گاوداری (از یک‌تن فضولات تازه)

Table 3. Emission indices classified for the studied dairy farms (related to 1 ton of fresh excrement)

بخش اثر *Impact*	واحد *Unit*	گاوداری 1 *Farm 1*	گاوداری 2 *Farm 2*	گاوداری 3 *Farm 3*	گاوداری 4 *Farm 4*
گرمایش جهانی	kg CO_2 eq	96.91	68.57	66.78	59.67
اسیدیته	kg SO_2 eq	3.78	2.96	3.13	3.97
اختناق دریاچه‌ای	kg PO_4 eq	0.90	0.69	0.73	0.95
اکسیداسیون فتوشیمیایی	kg C_2H_2 eq	0.0005	0.0004	0.0004	0.0100

۳-۲- نتایج نرمال‌سازی

نتایج بیان شده در جدول ۳ مقادیر مطلق انتشارات در هر گروه تاثیر را بیان می‌کند. از این دیدگاه، تفاوت بین مقادیر شاخص اسیدیته و گرمایش جهانی که زیاد است ممکن است به اشتباه نقش اسیدیته را کمرنگ نشان دهد. جدول ۴ نتایج نرمال شده گاوداری‌های موردمطالعه را به ازای تولید یک‌تن فضولات نشان می‌دهد. بدین ترتیب می‌توان چنین نتیجه گرفت که در هر گاوداری سهم کدام گروه تأثیر با توجه به اطلاعات مرجع و سرانه انتشارات در محیط‌زیست بیشتر است. با توجه به جدول ۴ که نتایج نرمال شده را به ازای یک‌تن فضولات نشان می‌دهد، شاخص‌های پتانسیل اسیدی شدن، پتانسیل اختناق دریاچه‌ای، پتانسیل گرمایش جهانی و پتانسیل اکسیداسیون فتوشیمیایی به ترتیب بیشترین تأثیر را در مقایسه با سرانه سامانه مرجع، بر روی محیط‌زیست دارند. بنابراین، در مدیریت فضولات در گاوداری‌ها، نقش شاخص اسیدیته و اختناق دریاچه‌ای پررنگ‌تر است و توجه به کاهش آنها با روش‌های مختلف دفع ضروری‌تر است.

جدول ۴- نتایج نرمال شده شاخص‌های طبقه‌بندی به ازای یک‌تن فضولات تازه

Table 4. Normalized classified emission indices for the studied dairy farms (related to 1 ton of fresh excrement)

گاوداری/گروه تأثیر *Impact Category/Farm*	گرمایش جهانی kg CO_2 eq	اسیدی شدن kg SO_2 eq	اختناق دریاچه‌ای kg PO_4 eq	اکسیداسیون فتوشیمیایی kg C_2H_2 eq
گاوداری 1	0.0126	0.0776	0.0142	0.00012
گاوداری 2	0.0089	0.0608	0.0109	0.00010
گاوداری 3	0.0088	0.0642	0.0116	0.00010
گاوداری 4	0.0078	0.0815	0.0151	0.00024

۳-۳- نتایج وزن‌دهی

وزن‌دهی ارزیابی کلی از مجموع اثرات متفاوت هر یک از گروه‌های تأثیر زیست‌محیطی با توجه به توانایی بالقوه آن‌ها برای آسیب به محیط‌زیست است و هرچه عامل وزن‌دهی گروهی بزرگ‌تر باشد، نشان‌دهنده پتانسیل بیشتر آن گروه اثر برای لطمه به محیط‌زیست است. جدول ۵ نتایج وزن-دهی گروه‌های تأثیر گاوداری‌های مورد مطالعه را بر اساس داده‌های جدول ۲ و جدول ۳ نشان می‌دهد. برآورد وزن گروه‌های تأثیر به‌منظور دست‌یابی به شاخص نهایی زیست‌محیطی لازم و ضروری است. بر اساس جدول ۵، با اعمال وزن‌دهی، نقش برجسته شاخص گرمایش جهانی در گاوداری‌ها مشخص می‌شود. از این حیث، گاوداری ۱ بیشترین سهم را در گرمایش جهانی دارد و گاوداری چهار مجهز به لاگون، کمترین تاثیر را در بین گاوداری‌ها دارد.

جدول ۵- نتایج وزن‌دهی شاخص‌های زیست‌محیطی به ازای یک‌تن فضولات تازه

Table 5. Weighed emission indices for the studied dairy farms (related to 1 ton of fresh excrement)

گاوداری/گروه تأثیر *Impact Category/Farm*	گرمایش جهانی kg CO_2 eq	اسیدی شدن kg SO_2 eq	اختناق دریاچه‌ای kg PO_4 eq	اکسیداسیون فتوشیمیایی kg C_2H_2 eq
گاوداری 1	91.42	2.80	0.712	0.0006
گاوداری 2	64.49	2.21	0.545	0.0005
گاوداری 3	63.00	2.34	0.581	0.0005
گاوداری 4	56.29	2.96	0.754	0.0125

۳-۴- شاخص نهایی زیست‌محیطی

شاخص نهایی زیست‌محیطی از مجموع شاخص‌های نهایی گروه‌های تأثیر گرمایش جهانی، اسیدیته، اختناق دریاچه‌ای و اکسیداسیون فتوشیمیایی به دست آمد. بدین ترتیب شاخص واحدی که از هر واحد گاوداری به دست آمد در جدول ۶ ارائه شده است. با توجه به این شاخص می‌توان میزان آلایندگی واحدهای گاوداری را مورد مقایسه قطعی قرارداد و به‌منظور بهبود اثرات زیست‌محیطی واحد با آلایندگی بیشتر، تصمیمات لازم را اتخاذ نمود. مطابق شاخص نهایی زیست‌محیطی، گاوداری شماره ۱ با بستر فضولات خشک نزدیک دو برابر اثر آلایندگی بیشتری نسبت به سایر گاوداری‌ها دارد و گاوداری‌های ۲ و ۳ و ۴ تفاوت آنچنانی با هم ندارند. بنابراین، لزوم عدم استفاده از فضولات به‌عنوان بستر حیوان به-وضوح مشخص است.

جدول ۶- شاخص نهایی زیست‌محیطی به ازای یک‌تن فضولات تازه

Table 6. Final index for the studied dairy farms (related to 1 ton of fresh excrement)

گاوداری *Farm*	گاوداری *1* *Farm 1*	گاوداری *2* *Farm 2*	گاوداری *3* *Farm 3*	گاوداری *4* *Farm 4*
شاخص نهایی *Final Index*	1.379	0.716	0.711	0.706

دلیل عمده مخرب بودن بستر فضولات خشک، همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده‌شده است، پتانسیل بالای گرمایش جهانی در آن است. با مراجعه به ترکیبات مؤثر در این گروه تأثیر، اثر شدید انتشار ترکیب دی‌نیتروژن مونواکسید (نیتروز اکسید یا گاز خنده) در گرمایش جهانی است که با رهاسازی فضولات در فضای باز به مدت طولانی و سپس

استفاده طولانی مدت‌تر در بستر حیوان صورت می‌گیرد. در سایر روش‌های دفع، نیتروژن موجود در فضولات جذب گیاه و خاک مزارع شده و انتشارش در هوا کاهش می‌یابد. اگرچه این گاز در حدود ۱٪ از انتشارات گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص می‌دهد اما عمده تولید کننده آن کشاورزی بوده و بخش کشاورزی و از جمله دامپروری‌ها مسئول انتشار آن و مسئول استفاده از روش‌های کاهش انتشار آن هستند.

۴- نتیجه‌گیری نهایی

روش دفع فضولات گاوداری‌ها در میزان و نوع انتشارات موثر است. در این مطالعه چهار گاوداری با روش‌های دفع متفاوت دفع به‌صورت خشک کردن فضولات در محیط گاوداری و سپس انتقال به مزارع کشاورزی (گاوداری ۱، ۲ و ۳) و جمع‌آوری و نگهداری فضولات تازه در لاگون در داخل گاوداری و سپس انتقال به مزارع بعد از چند ماه (گاوداری ۴) بر اساس روش پیشنهادی در IPCC مورد بررسی قرار گرفتند. اگرچه در گاوداری چهار، با استفاده از لاگون باعث انتشار بیشتر متان نسبت به سایر گاوداری‌ها می‌شد ولی گاوداری ۱ اثرات زیست‌محیطی بیشتری با توجه به شاخص نهایی به‌دست‌آمده از انتشارات یک‌تن فضولات ایجاد کرده است زیرا بخشی از فضولات را به‌عنوان بستر خشک حیوان مورد استفاده مجدد قرار می‌داد. این گاوداری، نزدیک به دو برابر سایر گاوداری‌ها اثرات زیست‌محیطی داشت که عمده دلیل آن انتشار زیاد گاز خنده‌آور (N_2O) به‌دلیل در معرض تماس دائمی بودن فضولات با هوا بود. محدود کردن انتشار نیتروزاسید که از گازهای گلخانه‌ای با اثر شدید بوده و منبع انتشار اصلی آن فعالیت‌های کشاورزی است از مسائل مطرح در کشاورزی است که روش دفع فضولات و توجه به آن می‌تواند گام موثری در کاهش انتشار ایفا کند.

۵- منابع

Anon. (2013). *Statistics of Industrial Dairy Farms.* Statistical Center of Iran. Available under: https://www.amar.org.ir/

Anon. (2014). *Detailed Results of the General Agricultural Census.* Statistical Center of Iran. Available under: https://www.amar.org.ir/

Brentrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H. and Lammel. J. (2004). *Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology I. Theoretical concept of a LCA method tailored to crop production.* Europ. J. Agronomy, 20: 247- 264.

Consoli, F., Allen, D., Boustead, I., Fava, J., Franklin, W., Jensen, A.A., de Oude, N., Parrish, R., Perriman, R., Postlethwaite, D., Quay, B., Séguin, J. and Vignon, B. (1993). *Guidelines for Life-Cycle Assessment: A 'Code of Practice'*. (Eds.) Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), Brussels.

Dadras, S., Abdi, R. and Maysami, M. A. (2015). *Life cycle assessment of some agricultural products in Moghan agro-industrial company farms*. MSc dissertation. University of Tabriz, Iran. (In Persian).

Flysjö, A., Henriksson, M., Cederberg, C., Ledgard, S., and Englund, J.-E., (2011a). *The impact of various parameters on the carbon footprint of milk production in New Zealand and Sweden.* Agricultural Systems, 104, 459-469.

Ghorbani, M., Darijani, A., Kouchaki, A. and Matlabi, M., 2009. *Estimating the environmental costs of greenhouse gas emissions on dairies Mashhad.* J. Agric. Econ. Dev. 66: 63-43. (In Persian)

IPCC. 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.

Lindfors, L.G., Christiansen, K., Hoffman, L., Virtanen, Y., Juntilla, V., Leskinen, A., Hanssen, O. J., Rønning, A., Ekvall, T., Finnveden, G., Weidema, B. P., Ersbøll, A. K. and Boman, B. (1995). *LCA*-Mirhaji, H., Khojastepour, M. and Abbaspourfard, M. (2013). *Environmental impact assessment of wheat production in Marvdasht, Iran. Iranian Journal of Natural Environment*, 66(2), 223-232. (In Persian).

Nutter, D., Ulrich, R., Kim, D. S., and Thoma, G., (2012). *Greenhouse gas (GHG) emission analysis for US fluid milk processing plants: processing, packaging, and distribution*. International Dairy Journal.

O'Brien, D., Hofmann, G., Sauer, J. and Dorfner, G. (2014). *A dominance analysis of greenhouse gas emissions, beef output and land use of* German dairy farms. Agricultural Systems.129: 55-67.

Sefeedpari, P., Rafiee, S.H. and Akram, A. (2012). *Comparisonofenergy consumptionandgreenhousegas emissionsindairy cowsandegg laying henfarmsinTehranprovince.* Nation. Conf. Dev. Tehran. Iran. (In Persian).

Soltanali, H., Emadi, B., Rohani, A. and Khojastehpour, M. (2015). *Energy Consumption Modeling and Greenhouse gas Emissions in Dairy farms (Case study: Guilan Province, Iran).* J of Ruminant Research, 2(4): 174-193 (In Persian).

Van der Maas, C.W.M., Coenen, P.W.H.G., Zijlema, P.J., Baas, K., Van den Berghe, G., Van den Born, G.J., Brandt, A.T., Dröge, R., Guis, B., Geilenkirchen, G., Te Molder, R., Nijdam, D.S., Peek, C.J. and Van der Sluis, S.M. (2010). *Greenhouse Gas Emissions in the Netherlands 1990–2006.* National Inventory Report 2010. MNP report 500080017.

Wilkerson, V. A., Mertens, D. R., and Casper, D. P. (1997). *Prediction of excretion of manure and nitrogen by Holstein dairy cattle.* J. Dairy Sci. 80:3193–3204.

Zhang, Q., Chang, V.W.C., and Fane, A.G., (2013). *An improved life cycle impact assessment (LCIA) approach for assessing aquatic eco-toxic impact of brine disposal from seawater desalination plants.* Desalination 308: 233-241.