نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان
جلد دوم، شماره چهارم، ۱۳۹۳
http://ejrr.gau.ac.ir

مدل‌سازی روند انرژی مصرفی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری (مطالعه موردی: استان گیلان)

حمزه سلطانعلی[۱]، *باقر عمادی[۲]، عباس روحانی[۳] و مهدی خجسته پور[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیزاسیون، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد،[۲]دانشیار و [۳]استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۹۳/۷/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۲۸

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی روند انرژی مصرفی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحدهای صنعتی پرورش گاوشیری در استان گیلان بود. اطلاعات از طریق پرسشنامه با مدیران ٤٤ واحد صنعتی جمع‌آوری شد. رابطه بین انرژی‌های ورودی و عملکرد شیر تولیدی به ازای یک راس با استفاده از تابع کاب- داگلاس مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که دو نهاده خوراک دام و سوخت‌های فسیلی به‌ترتیب با ۸۲ و ۱۳ درصد، سهم بالایی از کل انرژی مصرفی را به خود اختصاص می‌دهند. مجموع انرژی‌های ورودی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه، افزوده انرژی و کارایی انرژی به ازای یک راس به‌ترتیب برابر ۵۲۵۹۲/۸۱ مگاژول، ۰/۲۵ لیتر بر مگاژول، ۷/٤۰ مگاژول بر لیتر، ۲۷۷٤۳/۰۸- مگاژول و ۰/٤۷ محاسبه شد. ضرایب رگرسیونی نشان داد که تأثیر نهاده‌های انرژیِ نیروی انسانی، سوخت‌های فسیلی و خوراک دام بر عملکرد شیر تولیدی به ازای یک راس مثبت و تأثیر نهاده الکتریسیته و ماشین‌آلات روی عملکرد منفی بود. نتایج تحلیل حساسیت انرژی‌های ورودی نشان داد که با افزایش یک مگاژول در انرژی ورودیِ نهاده‌های خوراک‌دام، سوخت‌های فسیلی و نیروی انسانی به ازای یک راس، عملکرد شیر به‌ترتیب ۳/۸۰، ۰/۰۸٤ و ۰/۰۹٦ لیتر افزایش و با افزایش

*نویسنده مسئول: bagher_emadi@yahoo.com

یک مگاژول انرژی در نهاده‌ها یا الکتریسیته و ماشین‌آلات عملکرد به‌ترتیب ۰/٦٤ و ۳/٦۰ لیتر کاهش می‌یابد. مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای به ازای یک راس در استان گیلان ۱۱۳۲/٦۱ کیلوگرم کربن دی‌اکسید معادل محاسبه شد. دو نهاده سوخت دیزل و الکتریسیته به‌ترتیب با سهم ۸٤ و ۱۵ درصد بیش‌ترین میزان انتشارگازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص دادند.

واژه‌های کلیدی: خوراک دام، سوخت، تحلیل حساسیت، تابع کاب- داگلاس، گازهای گلخانه‌ای

مقدمه

امروزه بخش کشاورزی به‌منظور تأمین مواد غذایی برای جمعیت در حال رشد به‌شدت به منابع انرژی وابسته است. حال آن‌که نباید از این موضوع غافل شد که استفاده بی‌رویه از منابع انرژی‌های فسیلی و تجدیدناپذیر در بخش کشاورزی می‌تواند اثرات مخربی روی محیط‌زیست داشته باشد. به‌طوری که با افزایش درجه مکانیزاسیون فعالیت‌های کشاورزی و کاربرد انواع ماشین‌ها در این بخش، استفاده از سوخت‌های فسیلی افزایش پیدا کرده است که این سوخت‌ها یکی از منابع اصلی آلودگی زیست‌محیطی و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در قرن حاضر هستند (میسمی و همکاران، ۲۰۱۳). مضاف بر این که، براساس مطالعات صورت گرفته در حدود ٤۰ درصد انتشار گاز گلخانه‌ای مهم نیترواکسید، مربوط به بخش کشاورزی است (نجفی و همکاران، ۲۰۱۳). این درحالی است که کشور ایران دارای پتانسیل بالقوه فراوانی در جهت برون رفت از بحران کمبود انرژی و نیز بهره‌برداری از انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی، انرژی باد و به‌ویژه انرژی زیست توده از پسماند دامداری‌ها است (حسینی و همکاران، ۲۰۱۳؛ باخدا و همکاران، ۲۰۱۲). از سوی دیگر بخش دامپروری به‌عنوان یکی از منابع مهم تأمین مواد غذایی برای جمعیت در حال رشد بوده و در راستای تأمین و امنیت غذایی جامعه نقش اساسی ایفا می‌کند. هم‌چنین فرآورده‌های صنعت دامپروری از جمله تولید شیر در سبد غذایی جامعه از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. میزان شیر تولیدی در کشور ایران از سال ۲۰۰۰ با تولیدی در حدود ۵ میلیون تن به بیش از ۱۰ میلیون تن در سال ۲۰۱۲ رسیده است (فائو، ۲۰۱۲). در سال‌های اخیرنگاه ویژه‌ای به بخش دامپروری از نظر اهمیت مصرف انرژی وجود داشته است. این بخش نسبت به سایر زیر بخش‌های کشاورزی از نظر میزان مصرف انرژی در مراحل مختلف تهیه خوراک دام و فرآوری اولیه شیر سهم نسبتا بالایی را به خود اختصاص داده است (گربر و همکاران، ۲۰۱۱؛ استنفورد، ۲۰۱۰؛ اومارا، ۲۰۱۱؛ موسیر و همکاران، ۱۹۹۸ ب). در کنار اهمیت

استفاده از انرژی، اثرات زیست‌محیطی ناشی از مصرف نادرست آن در واحدهای دامپروری از اهم موضوعات است، چرا که واحدهای دامپروری ۱۸ درصد از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص می‌دهد که ۱۰–۸ درصد آن مربوط به واحدهای پرورش گاوشیری است. (استنفورد، ۲۰۱۰؛ اومارا، ۲۰۱۱؛ موسیر و همکاران، ۱۹۹۸ ب؛ استین فلد و همکاران، ۲۰۰٦). لذا ضرورت نگاه ویژه به فعالیت‌های این بخش با رویکرد مدیریت در محیط زیست وجود دارد.

بیش‌تر مطالعات در واحدهای تولید شیر در کشور ایران از جمله در استان‌های گرگان و اصفهان به رویکردهای اقتصادی پرداخته‌اند (حقیقت‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۳؛ اشراقی و کاظمی، ۲۰۱٤). حال آن‌که جنبه‌های مدیریت انرژی با توجه به اهمیت روز افزون آن در کشور و نیز چالش‌های محیط زیستی در این واحدها، کم‌تر مورد توجه بوده است. اما از جمله تحقیقات صورت گرفته در ایران در زمینه جریان انرژی می‌توان به بررسی کارایی انرژیِ واحدهای پرورش گاو شیری در استان‌های شمال غرب کشور اشاره کرد. در این مطالعه میانگین مجموع انرژی‌های ورودی و کارایی انرژی به ازای یک لیتر شیر به‌ترتیب ۵/۸ مگاژول و ۲/٦ اعلام شد (میسمی و همکاران، ۲۰۱۳). لازم به ذکر است که در این مطالعه به مدل‌سازی و بهینه‌سازی روند انرژی و نیز به مبحث انتشار گازهای گلخانه‌ای پرداخته نشد. جریان انرژی مصرفی در واحدهای پرورش گاو شیری در کشور ترکیه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیش‌ترین سهم از انرژی‌های ورودی مربوط به نهاده خوراک دام و الکتریسیته بود. بهره‌وری انرژی برابر ۰/۰٦۵ لیتر بر مگاژول اعلام شد (یوزال، ۲۰۱۲). بررسی انرژی مصرفی در ٦۰ واحد پرورش گاوشیری در کشور هند صورت پذیرفت. این تحقیق در واحدهای پرورش گاو شیری در سه سطح کوچک، متوسط و بزرگ انجام شد. میانگین کل انرژی ورودی به ازای هر رأس گاو در یک دوره ۵۳۰۲٤/۲۵ مگاژول و بیش‌ترین نهاده مصرفی مربوط به نهاده خوراک دام با سهمی بیش از ۹۰ درصد و به‌دنبال آن نهاده نیروی انسانی بود. کارایی انرژی برای مزارع ۰/۱ اعلام شد. بهره‌وری انرژی نیز معادل ۰/۰۳ لیتر بر مگاژول گزارش شد (دیویا و همکاران، ۲۰۱۲). مطالعه‌ای در رابطه با جریان انرژی الکتریسیته در ۳ مزرعه پرورش گاو شیری در کشور ایرلند صورت گرفت. در این مطالعه بیش‌ترین سهم انرژی الکتریسیته با ۳۷ درصد مربوط به بخش شیر سردکن و بخش گرمایش آب با سهم ۳۱ درصد بود (آپتون و همکاران، ۲۰۱۰). تحقیق مشابه دیگری در ۲۲ مزرعه پرورش گاو شیری در کشور ایرلند انجام شد. نهاده الکتریسیته با سهمی حدود ٦۰ درصد بیش‌ترین سهم از کل انرژی مصرفی را به خود اختصاص داد. در این راستا یکی از راهکارهای اساسی در جهت صرفه‌جویی انرژی الکتریسیته در واحدهای پرورش گاو شیری در سیستم‌های شیردوشی استفاده از پمپ‌های خلاء با نرخ

متغیر[1] به‌جای پمپ‌های خلأ معمولی و سانتریفوژی است که در غالب گاوداری‌ها وجود دارد، به طوری که می‌توان میزان هزینه‌های الکتریسیته در این بخش را تا ۵۰ درصد کاهش داد. همچنین جهت گرمایش آب به‌منظور شستشوی لوله‌های شیر می‌توان از گرمای شیر در واحد شیر سردکن استفاده کرد که در نتیجه با این کار می‌توان در مصرف الکتریسیته در واحدهای لبنی تا حد قابل توجهی صرفه‌جویی کرد (آپتون و همکاران، ۲۰۱۳). از طرفی مطالعات دیگری نیز در زمینه بررسی جریان انرژی مصرفی در واحدهای پرورش گاو شیری در مناطق مختلف انجام شده است (کریستی و همکاران، ۲۰۱۱؛ ویست و همکاران، ۲۰۱۰؛ زوچتو و بیچل، ۱۹۸٤).

همچنین تحقیقاتی در رابطه با انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحدهای پرورش گاو شیری انجام شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به تحقیقی روی میزان نشر گازهای گلخانه‌ای و هزینه‌های زیست محیطی ناشی از آن در گاوداری‌های شیری در مشهد اشاره کرد. این مطالعه به بررسی انرژی مصرفی فرآیند تولید نپرداخته است و در این زمینه بحثی نداشته است (قربانی و همکاران، ۲۰۰۹). در مطالعه‌ای شاخص‌های انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحدهای پرورش گاو شیری در استان تهران مورد بررسی قرار گرفت. میزان کل انرژی‌های ورودی و کارایی انرژی به‌ترتیب ۵۳۱۰۱/۹۹ مگاژول به ازای هر راس گاو و ۱/۱۵ گزارش شد. بیش‌ترین نهاده انرژی مصرفی، نهاده خوراک دام و بعد از آن سوخت دیزل بود. این نهاده بیش‌ترین انتشار گازهای گلخانه‌ای را با سهمی حدود ۷۲ درصد داشت. دومین نهاده از نظر میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای، الکتریسیته با سهمی حدود ۲۲ درصد بود. میزان کل انتشار گازهای گلخانه‌ای به ازای یک راس گاو ٦۹۵/۵۳ کربن دی‌اکسید معادل گزارش شد (سفیدپری و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین در تحقیقی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف انواع نهاده‌ها در واحد صنعتی پرورش گاو شیری در دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. نتایج نشان داد دو نهاده سوخت دیزل و الکتریسیته بیش‌ترین آسیب را به محیط‌زیست محتمل می‌سازنند (سلطانعلی و همکاران، ۲۰۱۳). مطالعه و مقایسه‌ای در رابطه با انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید شیر در مزارع پرورش گاو شیری در سه کشور ایرلند، انگلستان و ایالات‌متحده آمریکا صورت گرفت. به‌طوری که دو نهاده سوخت دیزل و الکتریسیته بالاترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص دادند (اوزکان، ۲۰۰٤). تحقیقی در ۵۰ واحد پرورش گاوشیری در ایالات‌متحده آمریکا صورت گرفت که در آن میانگین کل انتشار گازهای گلخانه‌ای به ازای یک راس ۱۸۵۱ کیلوگرم کربن دی‌اکسید معادل گزارش شد (اوبلز و بومن، ۱۹۷۹). مطالعه دیگری در زمینه انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحدهای پرورش گاو شیری در کشور اکوادور صورت گرفت. کل گاز متان تولیدی از تخمیر

1- Variable frequency drive

روده‌ای به ازای یک راس گاو ۱۳۲۳ کیلوگرم کربن دی‌اکسید معادل گزارش شد (کورجئوویلکی، ۲۰۱۰). همچنین مطالعات دیگری در زمینه انرژی مصرفی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحدهای پرورش گاو شیری صورت گرفته است (حسینی و همکاران، ۲۰۱۳؛ کریستی و همکاران، ۲۰۱۱؛ بوکس و همکاران، ۲۰۱۰).

با توجه به این‌که در کشور ایران مطالعات جامعی در مورد انرژی مصرفیِ واحدهای دامپروری و انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از آن صورت نگرفته است. از این‌رو هدف از این مطالعه، مدل‌سازی روند انرژی مصرفی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری در استان گیلان بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و انتخاب تعداد نمونه: این مطالعه در واحدهای صنعتی پرورش گاوشیری واقع در استان گیلان و طی سال‌های زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۲ انجام شد. بازه مطالعاتی از بین ۲۰ تا ۲۰۰ راس گاو شیری بود که میانگین آن‌ها برابر ٥٤/٥٥ راس در این واحدها به‌دست آمد. از این‌رو جهت انجام تحقیق از این تعداد فعال، ٤٤ واحد انتخاب شد که مشخصات مربوطه در جدول ۱ ارائه شده است. میانگین خوراک روزانه به ازای یک راس گاوشیری ۳۱/۸۰ و نیز گاو خشک ۱۲/٦۹ کیلوگرم ماده خشک بود. از طرفی جهت برون رفت از مرحله شیری یا خشکاندن دام از کاه و کلش با نسبت بیش‌تری استفاده می‌شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری جی‌ام‌پی چهار[1] استفاده شد.

جدول ۱- مشخصات و ویژگی‌های گاوداری شیری در استان گیلان

عنوان	مشخصات
نژاد	هلشتاین
میانگین تعداد گاو شیری	٥٤/٥٥
دوره پرورش (روز)	۳۰٥ روز دوران شیردهی ٦۰ روز دوران خشکی
میانگین عملکرد محصول (کیلوگرم در روز)	۲۳/۲۷ (هر راس گاو)
میانگین جیره خوراکی (کیلوگرم ماده خشک در روز)	۳۱/۸۰ (دوران شیردهی) ۱۲/٦۹ (دوران خشکی)

1- JMP4

روش بررسی انرژی‌های ورودی و خروجی: هم‌ارزهای انرژی نهاده‌های ورودی و خروجی مربوط به گاوداری‌های صنعتی در استان گیلان در جدول ۱ آورده شده است. در این منطقه پنج نهاده نیروی انسانی (متغییر یک)، ماشین‌ها (متغییر دو)، سوخت فسیلی (متغییر سه)، الکتریسیته (متغییر چهار) و خوراک دام (متغییر پنج) به‌عنوان ورودی‌های سامانه تولید و متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند و عملکرد شیر تولیدی به ازای یک راس نیز به‌عنوان خروجی و متغیر وابسته بود. شاخص‌های انرژی نیز شامل کارایی انرژی[1]، بهره‌وری انرژی[2]، انرژی ویژه[3] و افزوده انرژی[4] مطابق فرمول‌های (۱) تا (٤) محاسبه شدند.

$$\text{کارایی انرژی} = \frac{\text{انرژی خروجی (مگاژول بر رأس)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر رأس)}} \quad (۱)$$

$$\text{بهره‌وری} = \frac{\text{عملکرد (لیتر بر رأس)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر رأس)}} \quad (۲)$$

$$\text{انرژی ویژه} = \frac{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر رأس)}}{\text{عملکرد (لیتر بر رأس)}} \quad (۳)$$

$$\text{افزوده انرژی} = \text{انرژی ورودی (مگاژول بر رأس)} - \left(\text{انرژی خروجی (مگاژول بر رأس)}\right) \quad (٤)$$

در این پژوهش رابطه بین انرژی نهاده‌های ورودی با عملکرد تخمین زده شد. به‌این منظور از تابع کاب داگلاس استفاده شد که یک مدل پذیرفته شده برای بررسی انرژی مصرفی است (کوسواردهانی و همکاران، ۲۰۱۳). شکل کلی تابع در رابطه ۵ ارائه شده است. اگر از طرفین معادله لگاریتم گرفته شود و پنج نهاده انرژی ورودی در فرمول قرار گیرند، معادله به شکل فرمول ۷ در می‌آید. در این فرمول a_0 و e_i به‌ترتیب ضریب ثابت و ضریب خطا هستند و $\alpha_5, \ldots, \alpha_2, \alpha_1$ به‌ترتیب ضرایب رگرسیونی نهاده‌های انرژی ورودی هستند.

1- Energy efficiency
2- Productivity energy
3- Specific energy
4- Net energy

$$\exp(u)y = f(x) \quad (٥)$$

$$Lny_i = a_0 + \sum_{j=1}^{n} \alpha_j \ln(x_{ij}) + e_i i = 1,2,\dots,n \quad (٦)$$

$$Lny_i = a_0 + \alpha_1 lnx_1 + \alpha_2 lnx_2 + \alpha_3 lnx_3 + \alpha_4 lnx_4 + \alpha_5 lnx_5 + e_i \quad (٧)$$

برای تحلیل میزان تغییر در خروجی با توجه به میزان تغییر در ورودی‌ها از نرخ بازگشت به مقیاس استفاده شده است. این شاخص از جمع ضرایب رگرسیونی به‌دست آمده برای هریک از معادلات رگرسیونی ذکر شده، محاسبه می‌شود. به‌منظور تعیین حساسیت نهاده‌های انرژی ورودی در تولید شیر به ازای یک راس روش بهره‌وری فیزیکی حاشیه‌ای[1] به‌کار برده شد که از این طریق مشخص می‌شود که با یک واحد افزایش در یکی از نهاده‌های انرژی، با ثابت بودن سایر عوامل تولید، میزان تغییر در عملکرد چه میزان است، که از طریق فرمول ۸ محاسبه می‌شود:

$$MPP_{xj} = \frac{GM(Y)}{GM(X_{ij})} \times \alpha_{ij} \quad (٨)$$

در این رابطه MPPxj مقدار بهره‌وری فیزیکی حاشیه‌ای به ازای نهاده Jام، ضریب رگرسیونی نهاده، GM(Y) میانگین هندسی عملکرد محصول به ازای یک راس گاو و GM(Xij) میانگین هندسی نهاده انرژی ورودی است (رویان و همکاران، ۲۰۱۲ الف).

روش بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای: در این تحقیق انتشارگازهای گلخانه‌ای نهاده‌های ورودی تأثیرگذار شامل الکتریسیته، ماشین‌آلات، سوخت‌های فسیلی شامل سوخت دیزل و گاز طبیعی به ازای یک رأس گاو شیری در استان گیلان مورد بررسی قرار گرفت. ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به هریک از این نهاده‌ها در جدول ۲ آورده شده است.

1- Marginal physical productivity

جدول ۲- هم ارز انرژی نهاده‌های ورودی و خروجی در واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری در استان گیلان.

نهاده‌های انرژی	واحد	مگاژول بر واحد	منبع
۱- نیروی انسانی	ساعت	۱/۹٦	(کراتز، ۲۰۱۲)
۲- ماشین‌ها و ادوات	کیلوگرم		
تراکتورها		۹ -۱۰	(کراتز، ۲۰۱۲)
تجهیزات ثابت		۸ -۱۰	(کراتز، ۲۰۱۲)
سایر ادوات و ماشین‌ها		٦ -۸	(کراتز، ۲۰۱۲)
موتور الکتریکی		٦٤/۸	(کراتز، ۲۰۱۲)
۳- سوخت‌های فسیلی			
سوخت دیزل	لیتر	٤۷/۸	(کراتز، ۲۰۱۲)
گاز طبیعی	مترمکعب	٤۹/۵	(کراتز، ۲۰۱۲)
٤- الکتریسیته	کیلووات ساعت	۱۱/۹۳	(دیویا و همکاران، ۲۰۱۲)
۵- خوراک دام	کیلوگرم ماده خشک		
کنسانتره		٦/۳	(سیناز، ۲۰۰۳)
سیلو		۲/۲	(یالیدز و همکاران، ۱۹۹۳)
یونجه		۱/۵	(شورتال، ۲۰۱۳)
کاه و کلش		۱۲/۵	(سیناز، ۲۰۰۳)
٦- شیر	لیتر	۳/۵	میانگین مطالعات

جدول ۳- ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای نهاده‌های مصرفی در گاوداری‌های شیری

نهاده	واحد	ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای (کیلوگرم کربن‌دی‌اکسید معادل/ واحد)	منبع
سوخت دیزل	لیتر	۲/۷٦	(دیر و دسجاردینس، ۲۰۰۳ ب)
الکتریسیته	کیلووات ساعت	۰/٦۰۸	(لیانگ و ژانگ، ۲۰۱۳)
گاز طبیعی	مترمکعب	۰/۱۳۳	(اکوینونت، ۲۰۱۰)
ماشین‌ها و تجهیزات	مگاژول	۰/۰۷۱	(دیر و دسجاردینس، ۲۰۰۳ ب)

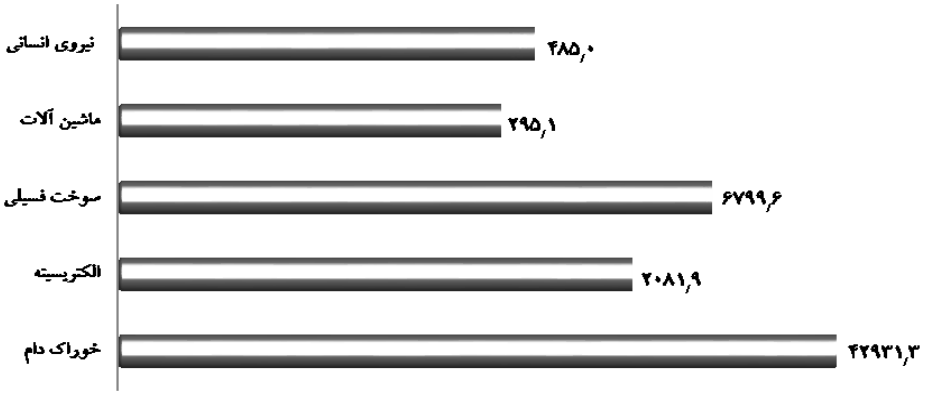
نتایج و بحث

سهم هریک از نهاده‌های ورودی در میزان انرژی مصرفی در واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری در استان گیلان به ازای یک راس در شکل ۱ ارائه شده است. نهاده خوراک دام با ٤۲۹۳۱ مگاژول به ازای یک راس به‌عنوان پرمصرف‌ترین منبع انرژی با سهم ۸۲ درصد، در گاوداری‌های شیری در استان گیلان شناخته شد. در بیش‌تر مطالعات با توجه به مصرف نسبتا بالای خوراک دام از جمله در گاوداری‌های صنعتی استان تهران، واحد تولیدی دانشگاه فردوسی مشهد، استان‌های شمال غرب کشور و کشور هند این نهاده به‌عنوان پرمصرف‌ترین نهاده از نظر مصرف انرژی معرفی شد (سفیدپری و همکاران، ۲۰۱۲؛ سلطانعلی و همکاران، ۲۰۱۳؛ میسمی و همکاران، ۲۰۱۳؛ دیویا و همکاران، ۲۰۱۲). بعد از نهاده خوراک دام سوخت‌های فسیلی با ٦۷۹۹/٦ مگاژول به ازای یک راس به‌عنوان دومین منبع پرمصرف انرژی شناخته شد، به نحوی که این نهاده ۱۳ درصد از کل انرژی مصرفی را به خود اختصاص داد. این میزان انرژی سوخت به ازای یک راس در مطالعات صورت گرفته در استان تهران و گاوداری دانشگاه فردوسی که به‌ترتیب برابر ۸٦٥٥/۸۲ و ۱٤٦۳۳/٥۲ مگاژول بود، به نسبت کم‌تر به دست آمد (سفیدپری و همکاران، ۲۰۱۲؛ سلطانعلی و همکاران، ۲۰۱۳). دلیل اصلی مقادیر بدست آمده این بود که در گاوداری‌های صنعتی در استان گیلان بیش‌تر پمپ‌های خلاء شیردوشی به‌جای مصرف سوخت‌های فسیلی چون دیزل و گاز طبیعی از انرژی الکتریسیته استفاده می‌کردند. سوخت‌های فسیلی مانند سوخت دیزل بیش‌تر جهت تولید محصولات علوفه‌ای در مزارع و نیز فرآوری خوراک دام توسط تراکتورها به مصرف می‌رسید.

از طرفی سومین نهاده پرمصرف انرژی در گاوداری‌های صنعتی استان گیلان، نهاده الکتریسیته با سهم ٤ درصد از کل انرژی مصرفی و برابر ۲۰۸۱/۹ مگاژول به ازای یک راس محاسبه شد. این مقدار انرژی برای واحدهای تولیدی تهران و دانشگاه فردوسی به ازای یک راس گاو به‌ترتیب ۱٦۹۹/۲۱ و ۷۳٥۰/۸۳ مگاژول اعلام شد (سفیدپری و همکاران، ۲۰۱۲؛ سلطانعلی و همکاران، ۲۰۱۳). بیش‌ترین مصرف انرژی الکتریسیته در مطالعه حاضر مربوط به سیستم‌های شیردوشی، گرمایش آب جهت شستشو لوله‌های شیر (آبگرمکن‌ها)، شیر سردکن‌ها و در اولویت بعدی به روشنایی سالن‌های شیردوشی اختصاص داشت. در مطالعه صورت گرفته در کشور ایرلند انرژی الکتریسیته با مصرف ٦۰ درصد از کل انرژی بالاترین سهم را داشت که در این مطالعه بخش سیستم‌های شیردوشی و دستگاه‌های شیرسردکن بیش‌ترین مصرف الکتریسیته را به خود اختصاص دادند. در این کشور جهت

صرفه‌جویی در انرژی الکتریسیته به‌ویژه در بخش شیردوشی به‌کارگیری پمپ‌های خلاء شیردوشی مجهزبه سیستم نرخ متغیر پیشنهاد شد که با این کار قابلیت کاهش هزینه‌های انرژی تا ۵۰ درصد امکان پذیر بود. همچنین جهت مدیریت انرژی الکتریسیته در گاوداری‌ها در بخش شیرسردکن استفاده از مبدل‌های حرارتی که به‌صورت یک سیستم پیش خنک کننده عمل می‌کنند، پیشنهاد شد. از طرفی در این کشور به‌منظور کاهش انرژی جهت گرمایش آب از گرمای برگشتی از شیرسردکن‌ها به‌عنوان یک راهکار مناسب پیشنهاد گردید (آپتون و همکاران، ۲۰۱۰؛ آپتون و همکاران، ۲۰۱۳).

چهارمین نهاده پرمصرف انرژی در گاوداری‌های استان گیلان، نهاده نیروی انسانی بود که برابر ٤٨٥ مگاژول به ازای یک راس به‌دست آمد، که حدود ۱ درصد از کل انرژی را در برمی‌گرفت. این نهاده نسبت به مطالعه صورت گرفته در استان تهران که برابر ٤٠٦/٩٤ مگاژول به ازای یک راس گزارش شد، بیش‌تر بود (سفیدپری و همکاران، ۲۰۱۲). در مطالعه صورت گرفته در گاوداری‌های کشور هند دومین نهاده از نظر مصرف انرژی بعد از نهاده خوراک دام، نیروی انسانی بود که نشان می‌دهد، به‌کارگیری ماشین‌آلات در گاوداری‌های این کشور با توجه به دستمزد پایین نیروی کارگری مقرون به صرفه نیست (دیویا و همکاران، ۲۰۱۲). بیش‌ترین انرژی صرف شده توسط نیروی کار در مطالعه استان گیلان مربوط به فرآیند تهیه خوراک، ریختن خوراک برای دام‌ها و حمل‌ونقل فضولات دامی بود. در نهایت کم‌ترین انرژی صرف شده در گاوداری‌ها به نهاده ماشین‌ها و تجهیزات که برابر ۲۹۵/۱ مگاژول به ازای یک راس بود، اختصاص داشت که کم‌تر از یک درصد از کل انرژی مصرفی را شامل می‌شد. این مقدار انرژی صرف شده توسط نیروی کارگری نسبت به گاوداری‌های استان تهران که ٥٢٤/٤٠ مگاژول اعلام شد، کم‌تربود (سفیدپری و همکاران، ۲۰۱۲). که دلیل آن میانگین پایین تعداد گاوهای شیری در این استان بود، به‌طوری که میانگین تعداد گاو شیری ٥٤/٥٥ راس به‌دست آمد. حال آن‌که این عدد برای استان تهران بالای ۲۰۰ راس برای هر واحد شیری بود، از این‌رو باید تجهیزات و ماشین‌های بیش‌تری به‌کار گرفته می‌شد.



شکل ۱- سهم هریک از نهاده‌های انرژی به ازای یک رأس در واحدهای شیری استان گیلان.

مجموع انرژی‌های ورودی به ازای یک راس گاو شیری در استان گیلان ۵۲۵۹۲/۸۱ مگاژول به دست آمد (جدول ٤)، که از انرژی ورودی در گاوداری‌های تهران و واحد تولیدی دانشگاه فردوسی و نیز گاوداری‌های استان‌های شمال‌غرب به نسبت کم‌تربود (سفیدپری و همکاران، ۲۰۱۲؛ سلطانعلی و همکاران، ۲۰۱۳؛ میسمی و همکاران، ۲۰۱۳). که دلیل اصلی آن مصرف نسبتا پایین سوخت‌های فسیلی نسبت به‌این مناطق بود. اما با مجموع انرژی‌های ورودی در واحدهای تولیدی در کشور هند تفاوت معنی‌داری نداشت (دیویا و همکاران، ۲۰۱۲).

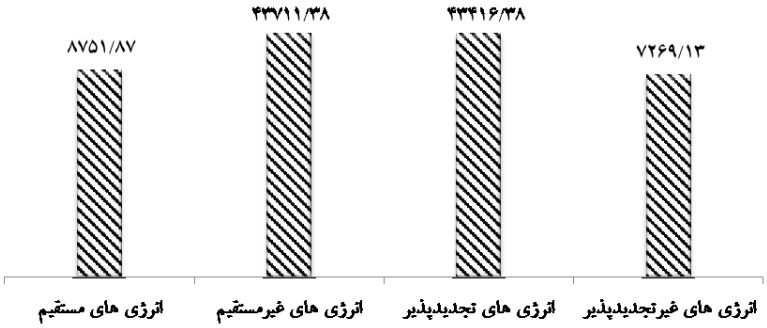
جدول ٤ انواع شاخص‌ها و شکل‌های مختلف انرژی در واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری در استان گیلان به ازای یک راس ارائه شده است. کارایی انرژی در این واحدها برابر ۰/٤۷ به‌دست آمد که از کارایی انرژی در استان تهران و فردوسی مشهد و نیز استان‌های شمال غرب که به‌ترتیب برابر ۱/۱۵، ۰/۹٤ و ۲/٦ بود کم‌تر بوده (سفیدپری و همکاران، ۲۰۱۲؛ سلطانعلی و همکاران، ۲۰۱۳؛ میسمی و همکاران، ۲۰۱۳) اما از میانگین کارایی انرژی در کشور هند که برابر ۰/۱ بود، بیش‌تر به‌دست آمد (دیویا و همکاران، ۲۰۱۲). از دلایل کارایی نسبتا پایین در استان گیلان می‌توان به مصرف نسبتا بالای خوراک دام به‌ویژه در فصول سرما اشاره نمود که جهت تقویت و تنظیم دمای بهینه بدن دام‌ها به مصرف می‌رسید. میانگین عملکرد شیر به ازای یک راس در یک دوره ۳۰۵ روزه در استان گیلان، ۷۰۹۹/۹۲ لیتر به‌دست آمد. از این‌رو با توجه به عملکرد نسبتا مناسب، میزان بهره‌وری انرژی در منطقه برابر ۰/۲۵ لیتر بر مگاژول به‌دست آمد که از استان تهران و واحد دانشگاه فردوسی، کشور هند و ترکیه که به‌ترتیب برابر ۰/۱٦، ۰/۱٤، ۰/۰۳ و ۰/۰٦۵ لیتر بر مگاژول بود، بالاتر بود (سفیدپری و همکاران،

۲۰۱۲؛ سلطانعلی و همکاران، ۲۰۱۳؛ دیویا و همکاران، ۲۰۱۲؛ یوزال، ۲۰۱۲). به‌این مفهوم که تا حد قابل توجهی میزان مصرف انرژی در این واحدها نسبت سایر مناطق مورد مطالعه بهینه بوده است.

جدول ٤- انواع شاخص‌های انرژی در گاوداری‌های صنعتی استان گیلان به ازای یک رأس

شاخص‌ها و شکل‌های انرژی	واحد	
مجموع انرژی ورودی	مگاژول بر راس گاو	٥٢٥٩٢/٨١
مجموع انرژی خروجی	مگاژول بر راس گاو	٢٤٨٤٩/٧٤
کارایی انرژی	-	٠/٤٧
بهره‌وری انرژی	لیتر برمگاژول	٠/٢٥
انرژی ویژه	مگاژول برلیتر	٧/٤٠
افزوده انرژی	مگاژول بر راس گاو	-٢٧٧٤٣/٠٨

در این مطالعه سهم انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم به ازای یک راس در واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری در استان گیلان محاسبه شد که به‌ترتیب برابر ٨٧٥١/٨٧ و ٤٣٧١١/٣٨ مگاژول بود (شکل ٢). همچنین سهم شکل‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر انرژی به ازای یک راس گاو شیری که در شکل ٢ به نمایش درآمده است، به‌ترتیب ٤٣٤١٦/٣٢ و ٧٢٦٩/١٣ مگاژول به‌دست آمد. سهم انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم در واحد تولیدی دانشگاه فردوسی به ازای یک رأس به‌ترتیب ٢١٩٨٤/٣٥ و ٤١٩٨٤/٣٥ مگاژول گزارش شد. سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر نیز به ازای یک راس به‌ترتیب ٤١٨٤٤/٢٧ و ٢٢٠٥٢/٠٢ اعلام شد (سلطانعلی و همکاران، ٢٠١٣). از دلایل سهم نسبتاً زیاد انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توان به مصرف نسبتا بالای نهاده خوراک دام در استان گیلان اشاره نمود.



شکل ٢- سهم اشکال مختلف انرژی در واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری استان گیلان

نتایج استفاده از تابع کاب- داگلاس برای تعیین رابطه بین انرژی‌های ورودی و عملکرد شیر تولیدی به ازای یک راس در استان گیلان در جدول ۵ ارائه شده است. تأثیر نهاده‌های انرژی نیروی انسانی، سوخت‌های فسیلی و خوراک دام روی عملکرد شیر تولیدی به ازای یک راس مثبت و تأثیر نهاده‌های ماشین‌آلات و الکتریسیته بر عملکرد منفی بود. انرژی نهاده خوراک دام بیش‌ترین ضریب رگرسیونی (۰/۵۸) را در بین سایر نهاده‌ها بر عملکرد شیر تولیدی داشت و تأثیر این نهاده روی عملکرد در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. نهاده نیروی انسانی دومین نهاده تأثیرگذار روی عملکرد با ضریب رگرسیونی ۰/۲٦ بود. سوخت‌های فسیلی (سوخت دیزل و گاز طبیعی) نیز سومین نهاده تأثیرگذار بر عملکرد به‌دست آمد (جدول ۵). نتایج تحلیل حساسیت انرژی‌های ورودی نشان داد که با افزایش یک مگاژول در انرژی ورودی نهاده خوراک‌دام، نیروی انسانی، سوخت‌های فسیلی و به ازای یک راس، عملکرد به‌ترتیب ۳/۸۰، ۰/۰۸٤ و ۰/۰۹٦ لیتر افزایش و با افزایش یک مگاژول انرژی در نهاده‌ها یا الکتریسیته و ماشین‌آلات عملکرد به‌ترتیب ۰/٦٤ و ۳/٦۰ لیتر به ازای یک راس کاهش می‌یابد.

جدول ۵- تخمین رابطه بین انرژی‌های ورودی و خروجی (شیر تولیدی) به ازای یک راس در گاوداری‌های صنعتی گیلان.

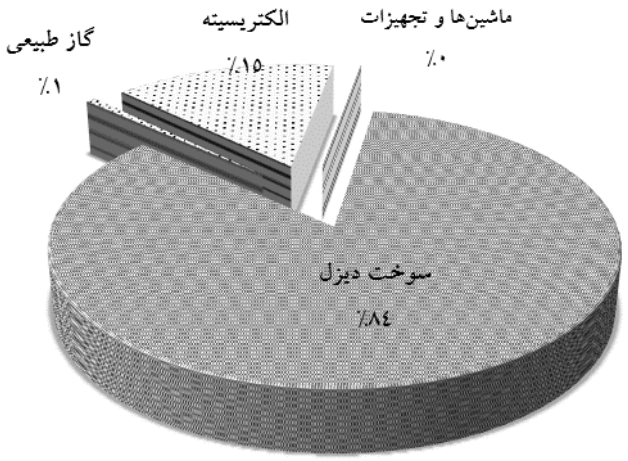
	ام‌پی‌پی	سطح احتمال	آماره تی- تست	ضریب رگرسیونی
نیروی انسانی	۳/۸۰	۰/۰۷	۱/۸۷	۰/۲٦
ماشین آلات	-۳/٦۰	۰/۰۰۰۷	-۳/۹۸	-۰/۱۵
سوخت فسیلی	۰/۰۸٤	۰/۰۵۰	۲/۰۷	۰/۰۸
الکتریسیته	-۰/٦٤	۰/۰۰۰۱	-٤/٦۷	-۰/۱۹
خوراک دام	۰/۰۹٦	۰/۰۳	۲/۳٤	۰/۵۸
R^2		-	-	۰/۷۱
R^2_{Adj}		-	-	۰/٦۵
دوربین واتسون		-	-	۱/٤۱
نرخ بازگشت به مقیاس				۰/۵۸

$$\text{Model: } Lny_i = a_0 + \alpha_1 lnx_1 + \alpha_2 lnx_2 + \alpha_3 lnx_3 + \alpha_4 lnx_4 + \alpha_5 lnx_5 + e_i$$

انتشار گازهای گلخانه‌ای: سهم هریک از نهاده‌های ورودی تأثیرگذار در انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری در استان گیلان در شکل ۳ آورده شده است. نهاده سوخت دیزل

با میزان انتشار ۹٤۸/۵۳ کیلوگرم کربن دی‌اکسید معادل به ازای یک راس و سهم ۸٤ درصدی از کل انتشارات، بیش‌ترین نقش را در آلودگی زیست محیطی در واحدهای تولید شیراستان گیلان داشت. دومین نهاده از نظر آلودگی زیست محیطی، نهاده الکتریسیته با میزان انتشار ۱۷٤/۵۱ کیلوگرم کربن دی‌اکسید معادل به ازای یک راس و سهم ۱۵ درصدی بود. در مطالعات صورت گرفته در گاوداری‌های صنعتی تهران و دانشگاه فردوسی مشهد این دو نهاده بالاترین سهم را در انتشار آلاینده‌های مضر داشتند (سفیدپری و همکاران، ۲۰۱۲؛ سلطانعلی و همکاران، ۲۰۱۳). در ۵۰ واحد پرورش گاو شیری در ایالات متحده نهاده سوخت دیزل با سهم حدود ٤۰ درصد بیش‌ترین انتشار گاز گلخانه‌ای را داشت و به‌دنبال آن نهاده الکتریسیته با سهم حدود ۲۷ درصد بود (آبلزو بومن، ۱۹۷۹). طی مطالعه‌ای در سه کشور ایرلند، انگلستان و ایالات متحده آمریکا دو نهاده الکتریسیته و سوخت دیزل بالاترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به خود اختصاص دادند (اوزکان و همکاران، ۲۰۰٤). در یک بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای در ٦۱ واحد پرورش گاو شیری در کشور اسکاتلند، نهاده الکتریسیته به ازای یک رأس ۱۸۱/۷۹ کیلوگرم کربن دی‌اکسید معادل، به‌عنوان بالاترین نهاده در انتشار گازهای گلخانه‌ای نقش داشت (سینو میتال، ۱۹۹۲). همچنین در استان گیلان دو نهاده ماشین‌آلات و گاز طبیعی به‌ترتیب با میزان انتشار ۷/۲۵ و ۵/۰۵ کیلوگرم کربن دی‌اکسید معادل به ازای یک راس گاو شیری کم‌ترین آسیب را به محیط‌زیست وارد کردند (شکل ۳).

در این مطالعه مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحد پرورش گاو شیری، به ازای یک رأس ۱۱۳۲/٦۱ کیلوگرم کربن دی‌اکسید معادل به‌دست آمد (جدول ۳). میزان کل انتشار گازهای گلخانه‌ای به ازای یک راس در واحدهای پرورش گاوشیری در تهران، واحد تولید دانشگاه فردوسی، اکوادور، پرتغال، ایالات متحده‌آمریکا و کشورهای عضو اتحادیه اروپابه ترتیب ٦۹۵/۵۳ و ۱۲۹۵/۰۷، ۱۹٤۳/۵۵، ٦٤۷۵/۵ و ۱۸۵۱ اعلام شد (سفیدپری و همکاران، ۲۰۱۲؛ سلطانعلی و همکاران، ۲۰۱۳؛ کاستانهریاو همکاران، ۲۰۱۰؛ سیناز، ۲۰۰۳؛ آبلزو بومن، ۱۹۷۹). که میزان انتشار آلاینده‌ها در استان گیلان به‌دلیل کمبود میانگین تعداد رأس در گاوداری‌ها نسبت به بیش‌تر مناطق به‌ویژه در آمریکا و اروپا پایین‌تر بود.



شکل ۳- درصد انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف هریک نهاده‌ها به ازای یک راس گاو شیری

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از دانشگاه فردوسی مشهد برای حمایت از انجام این تحقیق در غالب طرح شماره ۳ با کد ۳۰۹۲۷ تشکر می‌نمایند.

منابع

Bakhoda, H., Almassi, M. and Moharamnejad, N. 2012. Energy production trend in Iran and its effect on sustainable development. Resand Sus. En. Resour.16: 1335–1339.

Beukes, P.C., Gregorini, P., Romera, A.J., Levy, G. and Waghorn, G.C. 2010. Improving production efficiency as a strategy to mitigate greenhouse gas emissions on pastoral dairy farms in New Zealand. Agric. Ecos. & Envir. 136(3–4): 358-365.

Castanheira, É.G., Dias, A.C., Arroja, L. and Amaro, R. 2010. The environmental performance of milk production on a typical Portuguese dairy farm. Agric. Sys. 103(7): 498-507.

Christie, K.M., Rawnsley, R.P. and Eckard, R.J. 2011. A whole farm systems analysis of greenhouse gas emissions of 60 Tasmanian dairy farms. Anim. Feed. Sci. Tech. 166-167: 653-662.

Cornejo, C. and Wilkie, A.C. 2010. Greenhouse gas emissions and biogas potential from livestock in Ecuador. Ene. for Sus. Deve. 14(4): 256-266.

Divya, P.I., Prabu, M., Pandian, A.S.S., Senthilkumar, G. and Varathan, B.J. 2012. Energy use efficiency in dairy of Tamilnadu .Ind. J. En. 1(5).

Dyer, J.A. and Desjardins, R.L. 2003b. Simulated farm fieldwork, energy consumption and related greenhouse gas emissions in Canada. Bio.sys. Eng. 85(4): 503-513.

Ecoinvent, 2010. Ecoinvent Centre.Ecoinvent 2.0 database. Swiss center for lifecycle inventories, Dübendorf. http://www.ecoinvent.ch (accessed 30.03.11).

Eshraghi, F. and Kazemi, F. 2014. Evaluatation the economic and technical efficiency in dairy farms city of Gorgan. J. Rumin. Res. 2(1): 195-212. (In Persian)

FAO. 2012. Food and Agricultural commodities production. Availableat www.fao.org.

Gerber, P., Velling, T., Opio, C. and Steinfeld, H. 2011. Productivity gains and greenhouse gas emissions intensity in dairy systems. Livset. Sci. 139: 48-57.

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)

Haghighat-Nejad, M.R., Yazdani, A.R. and Rafeie, H. 2013. Efficiency and productivity of dairy cow breeding industry on farms: Case study of Isfahan city. J. Rumin. Res. 1(4): 177-194. (In Persian)

Hosseini, S.E., Andwari, A.M., Wahid, M.A. and Bagheri, G. 2013. A review on green energy potentials in Iran. Re. Sus.Ene. 27: 533-545.

Kraatz, S. 2012. Energy intensity in livestock operations–Modeling of dairy farming systems in Germany. Agric. Sys. 110: 90-106.

Kuswardhani, N., Soni, P. and Shivakoti, G.P. 2013. Comparative energy input–output and financial analyses of greenhouse and open field vegetables production in West Java. Indonesia. En. 53: 83-92.

Liang, S., Xu, M. and Zhang, T. 2013. Life cycle assessment of biodiesel production in China. Bio. Tech. 129(2): 72-77.

Maysami, M.J., Olbertz, H. and Ellmer, F. 2013. Energy Efficiency in Dairy Cattle Farming and related Feed Production in Iran. Faculty of Agriculture and Horticulture at Humboldt-Universität zu Berlin.

Mosier, A., Kroeze, C., Nevison, C., Oenema, O., Seitzinger, S. and Cleemput, O. 1998b. Closing the global N_2O budget: nitrous oxide emissions through the agricultural nitrogen cycle. Nutr. Cycl. Agro. 52: 225–248.

Najafi, G., Ghobadian, B. and Yusaf, T.F. 2011. Algae as a sustainable energy source for biofuel production in Iran: A case study. Renew. Sust. Ene. Rev.15(8): 3870-3876.

O'Mara, F.P. 2011. Greenhouse gases in animal agriculture-finding a balance between food production and emissions. Anim. Feed. Sci. Technol. 7(15): 166-167.

Ozkan, B., Kurklu, A. and Akcaoz, H. 2004. An input–output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. Biom. Bioen. 26(1): 89-95.

Royan, M., Khojastehpour, M., Emadi, B. and Mobtaker, H.G. 2012a. Investigation of energy inputs for peach production using sensitivity analysis in Iran. Ene. Con. Man. 64: 441-446.

Sainz, R.D. 2003. Livestock-environment initiative fossil fuels component: framework for calculation fossil fuel use in livestock systems. http://www.fao.org.

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

Shortall, O.K. and Barnes, A.P. 2013. Greenhouse gas emissions and the technical efficiency of dairy farmers. Eco. Indi. 29: 478-488.

Singh, S. and Mittal, J.P. 1992. Energy in production agriculture. Mittal pub. New Delhi.

Soltanali, H., Nikkhah, A., Rohani, A. and Keydashti, M. 2013. Evaluation of greenhouse gas emissions inputs used in dairy farming unit. Nation. Conf. on Agric. Eng. Man. Sust. Env. and Natur.Res. Hamahan. Iran. (In Persian)

Stanford University. 2010. Environmental and Social Impact of the Livestock revolution Retrieved from: Available from: /http://www.sciencedaily.com.

Statistical Center of Iran. 2012. Statistical Yearbook of Guilan Province. Statistics related to agriculture and natural resources. (In Persian)

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. and Haan, C.2006.Livestock's Long Shadow, Env. Issues and Options. Food and Agricultural Organization, Rome, 390p.

Ubbels, J. and Bouman, S. 1979. The saving of energy when cooling milk and heating water on farms. Int. J. Ref. 2(1): 11-16.

Upton, J., Humphreys, J., Groot Koerkamp, P.W.G., French, P., Dillon, P. and Boer, I.J.M. 2013. Energy demand on dairy farms in Ireland. Me. D. Sci. As. 74: 55-61.

Upton. J., Murphy, M., French, P. and Dillon, P. 2010. Dairy Farm Energy Consumption. Teagasc National Dairy Conference. Teagasc. Ireland.

Uzal, S. 2012. Comparison of the Energy Efficiency of Dairy Production Farms Using Different Housing Systems. Wiley Online Library.

Veysset, P., Lherm, M. and Bébin, D. 2010. Energy consumption, greenhouse gas emissions and economic performance assessments in French Charolais suckler cattle farms: Model-based analysis and forecasts. Agric. Sys. 103: 41–50.

Wells, D. 2001. Total energy indicators of agricultural sustainability: dairy farming case study- Technical paper, Ministry of Agriculture and Forestry, Wellington. ISBN: 0-478-07968-0; http://www.maf.govt.nz.

Yaldiz, O., Zeren, Y. and Bascetomcelik, A. 11-14 October 1993. Energy usage in production of field crops in Turkey. in Fifth international congress on mechanization and energy use in agriculture. Kusadasi, Turkey.

Zucchetto, J. and Bickle, G. 1984. Energy and nutrient analyses of a dairy farm in Central Pennsylvania. Ene. Agric. 3: 29-47.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Ruminant Research, Vol. 2(4), 2015
http://ejrr.gau.ac.ir

Energy Consumption Modeling and Greenhouse gas Emissions in Dairy farms (Case study: Guilan Province, Iran)

H. Soltanali[1], *B. Emadi[2], A. Rohani[3], M. Khojastehpour[2]

[1]M.Sc. Student, [2]Associate and Assistant Prof., Dept. of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
Received: 10/12/2014; Accepted: 02/17/2015

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the energy consumption and greenhouse gas emissions of dairy farms in Guilan province. Data were collected through questionnaires and interviews with managers of 44 dairy units. The relationship between energy inputs and milk yield for each head was studied through using Cobb-Douglas model. Data analysis revealed that a high portion of total energy consumption was allocated to the two inputs including animal feed and fossil fuels with a share of 82% and 13% respectively. Total energy inputs, productivity, specific energy and energy efficiency were calculated as 52592.81 MJ $head^{-1}$, 0.25 $LiterMJ^{-1}$, 7.40 MJ $Liter^{-1}$ and 0.47 respectively. Regression coefficients indicated that the impact of energy inputs including human labor, fossil fuels and animal feed on the produced milk yield for each head were positive and the impact of energy inputs of electricity and agricultural machinery were negative. The results of the sensitivity analysis showed that an increase of 1 MJ in energy inputs of animal feed, fossil fuel and human labor will lead to an additional increase in milk yield for one head by 3.80, 0.084 and 0.096 liter, respectively, and an increase of 1 MJ in energy inputs of electricity and machinery, will lead to a decrease of 0.64 and 3.60 liter, respectively. Total greenhouse gas emissions of Guilan dairy farms were calculated as 1132.61 CO_2eq $head^{-1}$. Two inputs of diesel fuel and electricity with a share of 84% and 15% respectively had the highest share of greenhouse gas emissions.

Keywords: Animal feed, Fossil fuels, Sensitivity analysis, Cobb-Douglas, Greenhouse gas

*Corresponding author; bagher_emadi@yahoo.com