نشریه مکانیزاسیون کشاورزی/ دوره ۸ شماره ۱/ سال ۱۴۰۲/ صفحه‌های ۱۵-۲۲

DOI: ttps://dx.doi.org/10.22034/jam.2023.53823.1203

بررسی شاخص‌های انرژی و اثرات زیست‌محیطی پرورش ماهی قزل‌آلا در استان ایلام

نازآفرین شیخی[۱]، کبری حیدربیگی[۱*]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۱

۱- گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

* مسئول مکاتبه k.heidarbeigi@ilam.ac.ir

چکیده

این مطالعه با هدف تعیین شاخص های انرژی و اثرات زیست محیطی در فرآیند پرورش ماهی در استان ایلام صورت گرفت. آب و هوای مناسب و وجود چشمه های آب سرد در کوهستان های استان ایلام باعث رونق پرورش ماهی در این استان شده است. اطلاعات مورد نیاز به روش پرسش نامه ای و مصاحبه به دست آمد و سپس انرژی های ورودی و خروجی و شاخص‌های انرژی و زیست محیطی به روش ارزیابی چرخه حیات و با استفاده از نرم افزار سیماپرو محاسبه شد. نتایج نشان داد که کل انرژی ورودی به ازای تولید یک تن ماهی سردآبی (ماهی قزل‌آلا رنگین‌کمان) برابر ۴۴۶۱۸/۷ مگاژول است. خوراک ماهی پروار با ۳۸/۶۱ درصد بیشترین سهم انرژی در تولید ماهی قزل‌آلارنگین‌کمان را به خود اختصاص داد. شاخص‌های نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی، و افزوده خالص انرژی به ترتیب برابر با ۰/۱۷۸۴، ۰/۰۲۲۱۴ kg/MJ، ۴۴/۶۱ MJ/kg و ۳۶۶۵۸/۷ MJ/ton- محاسبه شد. در مزارع پرورش ماهیان سردآبی سهم انرژی مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر، و تجدید ناپذیر به ترتیب برابر ۴۲/۱۶، ۵۷/۸۳، ۷۷/۱۵، و ۲۲/۸۴ درصد بود. پس از نرمال‌سازی شاخص‌های زیست‌محیطی مشخص شد که در تولید ماهی، شاخص سمیت آب‌های آزاد و پس از آن شاخص‌های تخلیه منابع فسیلی، پتاسیل اسیدی شدن، گرمایش جهانی و اختناق دریاچه‌ای نسبت به سایر گروه‌های اثر دارای مقادیر بیشتری بودند. بیشترین بارهای محیطی در مزارع پرورش ماهی از جانب فرآیند تولید بچه ماهی، خوراک، الکتریسیته، سوخت نفت، سولفات مس است.

واژه‌های کلیدی: پرورش ماهی، شاخص‌های انرژی، محیط زیست، آلاینده‌های زیست محیطی، ارزیابی چرخه حیات.

Investigating the Energy Consumption Indicators and Environmental Effects of the Trout Ponds in Ilam Province (Iran)

Naz-Afarin Sheikhi[1], Kobra Heidarbeigi[1]

Received: December 30, 2022 Accepted: March 13, 2023

1- Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Ilam University, Ilam, Iran
*Corresponding author: E-mail: k.heidarbeigi @ilam.ac.ir

Abstract

This study was conducted with the aim of determining the energy indicators and environmental effects in the process of fish farming in Ilam province. The suitable climate and the existence of cold water springs in the mountains of Ilam province have caused the prosperity of fish farming in this province. The required information was obtained through questionnaires and interviews. Then the input and output energies, energy and environmental indicators were calculated using the life cycle assessment method by use of Simapro software. The results showed that the total input energy per one ton of coldwater fish (rainbow trout) was 44618.7MJ. Feed was the highest energy consumer input with a share of 38.61 % in the production of rainbow trout. The amount of energy ratio, energy efficiency, energy intensity, and net energy gain indicators in cold-water fish production was 0.1784, 0.0214 kg/MJ, 44.61 MJ/kg, and -36658.7 MJ/ton, respectively. In coldwater fish farms, the share of direct, indirect, renewable, and nonrenewable energy was 42.16, 57.83, 77.15, and 22.84 %, respectively. After normalization of environmental indicators, it was found that in fish production, marine aquatic ecotoxicity index and then fossil resource depletion, acidification, global warming and eutrophication indices have the highest amount of environmental pollutants. The highest environmental burdens in fish farms were from the process of producing fry fish, feed, electricity, and oil fuel consumption and copper sulfate consumption.

Keywords: Fish farming, Energy indicators, Environment, Environmental pollutants, Life cycle assessment.

۱- مقدمه

در حالی که تولید گوشت قرمز و دیگر محصولات کشاورزی با محدودیت‌هایی رو به رو است، در عوض دریاها که نزدیک به ۷۵ درصد سطح کره زمین را اشغال کرده‌اند، یکی از ظرفیت‌های بالقوه برای تامین مواد غذایی بشر به شمار می‌روند (Izadi *et al.*, 2016). با افزایش تقاضای جهانی برای محصولات و غذاهای دریایی، آبزی پروری بیشترین رشد و پیشرفت را در میان دیگر بخش ها به خود اختصاص داده است و نقش مهمی در تامین پروتئین، مواد ریزمغذی و امگا ۳ مورد نیاز انسان ها دارد (FAO, 2017). اهمیت بالای آبزیان و به ویژه ماهیان باعث شده است تا توجه جهانی به این بخش معطوف شود به گونه‌ای که تجارت جهانی ماهیان و فرآورده‌های آن در سال ۲۰۱۶ در مقایسه با سال ۱۹۷۶ حدود ۵۰۰ درصد رشد داشته و به رقم ۸۰ میلیون تن در سال رسیده است (FAO, 2018). رشد تقاضا برای آبزیان موجب شده تا نظام‌های مختلف پرورشی به منظور پرورش آبزیان به کار گرفته شوند (Iliyasu *et al.*, 2016). در کشور ایران نیز روند افزایش تقاضا برای آبزیان محسوس بوده به گونه‌ای که مصرف سرانه آبزیان از حدود ۵ کیلوگرم در دهه ۷۰ به بالغ بر ۱۰ کیلوگرم در سال ۱۳۹۵ رسیده است (Anonymous, 2017) که بیانگر ارتقای فرهنگ استفاده از آبزیان در سبد کالایی خانوارهای ایرانی است.

ارزیابی چرخه حیات یک ابزار استاندارد مدیریت زیست محیطی در فعالیت های مختلف به منظور بررسی بارهای زیست محیطی آن ها کاربرد دارد (Kheiralipour, 2020). اگاهی در زمینه حفاظت از محیط زیست و پیامدهای احتمالی در ارتباط با محصولات، موجب افزایش علاقه به توسعه برای فهم بهتر و پرداختن به پیامدها گردیده است (ISO 14040. 2006). همچنین، آگاهی از مصرف انرژی، ساختار درونی و الگوی مصرف انرژی در فرآیندهای تولیدی، روش مفیدی جهت تعیین مناطق انرژی‌بر است که از طریق تجزیه و تحلیل سیر انرژی در فرآیند تولید مشخص می‌شوند (Payandeh *et al.*, 2016) تحلیل انرژی و شاخص‌های زیست محیطی در بخش های مختلف کشاورزی به منظور تعیین شاخص های انرژی محصولات مختلف مورد تحقیق قرار گرفته است از جمله تولید گندم

(Pourmehdi and Kheiralipour, 2020)، سیب (Strapatsa *et al.*, 2006)، آلبالو (Kizilaslan, 2009)، رب، کمپوت، و آب گوجه (Karakaya and Ozilgen, 2011)، مرغ گوشتی (Payandeh *et al.*, 2017)، بوقلمون (Kheiralipour *et al.*, 2017)، شترمرغ (Ramedani *et al.*, 2019)، و نان (Kheiralipour *et al.*, 2021).

Younesi *et al.* (2013) در بررسی کارایی شاخص‌های انرژی ماهی قزل‌آلا در استان البرز، میانگین کل انرژی مصرفی در تولید ماهی را ۸۷۱۳۸۹ مگاژول و مقدار انرژی ستاده برابر ۷۱۶۴۰ مگاژول گزارش کردند. مهم ترین نهاده های انرژی بر، الکتریسیته، خوراک، و سوخت به ترتیب با سهم ۵۰، ۲۹، و ۱۹ درصد بود.

Abedi *et al.* (2017) در بررسی انرژی از مزارع پرورش ماهی شهرستان اردل استان چهارمحال و بختیاری کل انرژی ورودی را برابر با ۱۰۷۹۷۷۷/۷۶ $MJ/100m^2$ و کل انرژی خروجی را برابر با ۱۶۷۱۸/۵۹ $MJ/100m^2$ گزارش نمودند. خوراک ماهی با سهم ۴۷/۹۳ درصد و بعد از آن الکتریسته با سهم ۴۳/۵۳ درصد مهم‌ترین نهاده‌های انرژی بر در بین نهاده‌ها بودند.

Shirzadi *et al.* (2019) در بررسی انرژی مصرفی در واحدهای پرورش ماهی در شهرستان شیروان، خراسان، گزارش دادند که خوراک ماهیان و سوخت به ترتیب با ۵۳ و ۳۷ درصد بیشترین سهم مصرف انرژی را به خود اختصاص داده‌اند.

Thrane (2006) به بررسی اثرات زیست محیطی ماهیان دانمارکی پرداخت. در این مطالعه مقادیر بخش‌های اثر شامل پتانسیل گرمایش جهانی، نقصان لایه‌ی ازون و اسیدی شدن به ازای یک تن ماهی پرورشی محاسبه گردید. نتایج نشان داد، انتشارات ناشی از مصرف نهاده‌ها در تولید بچه ماهی در هر سه شاخص بیشترین آلایندگی را داشته است.

مقایسه نتایج به دست آمده میزان انتشارات ناشی از پرورش انواع ماهی و میگو، میزان آلایندگی‌های مربوط به گرمایش جهانی و اسیدی شدن و اختناق دریاچه‌ای مربوط به انتشارات مستقیم ناشی از مصرف نهاده‌ها (الکتریسیته، آب، سوخت، غذا و تجهیزات) گزارش گردید (Aubin *et al.*, 2009; Ewoukem *et al.*, 2012; Medeiros *et al.*, 2017).

Bemanikharanagh *et al.* (2018) اثرات زیست‌محیطی پرورش ماهی تیلاپیای نیل در برخی مناطق استان یزد را مورد ارزیابی قرار دادند. محققین گزارش دادند که مطالعه آن ها فاقد اثرات منفی با شدت تخریب خیلی زیاد بود.

Akram *et al.* (2019) به بررسی و پیش‌بینی میزان بخش‌های اثر زیست‌محیطی در پرورش ماهیان گرم‌آبی استان گیلان پرداختند. نتایج نرمال‌سازی بخش‌های اثر نشان داد که شاخص‌های مسمومیت آب‌های آزاد، اسیدی شدن و مسمومیت آب‌های سطحی بیشترین مقادیر آلاینده‌های زیست‌محیطی را به خود اختصاص داده‌اند و آلاینده‌های منتشر شده از مصرف سه نهاده‌ی الکتریسیته، کودهای شیمیایی، و کود دامی بیشترین سهم از میزان آلایندگی را بر روی شاخص‌های مذکور داشتند.

استان ایلام در غرب ایران با وجود اینکه از استان های ساحلی کشور به شمار نمی‌آید، اما آب و هوای مناسب و وجود چشمه های آب سرد در کوهستان های استان باعث رونق پرورش ماهی در روستاهای این استان شده است به گونه ای که سالانه در این استان ده هزار تن ماهی از مزارع پرورش ماهی و رودخانه‌ها برداشت می‌شود و به عنوان یکی از مراکز اصلی پرورش ماهی قزل‌آلا در کشور شناخته می شود. در این استان ۱۵ رشته رودخانه دایمی وجود دارد که شرایط را برای ایجاد مزرعه‌های پرورش ماهی فراهم کرده‌اند و هم اکنون در این استان بالغ بر ۵۰ مزرعه پرورش ماهی و ۱۵۰ مزرعه کوچک منفرد وجود دارد.

اهمیت پرورش ماهی و توسعه آن از یک طرف و اهمیت محیط‌زیست و حفاظت از آن از طرفی دیگر، ضرورت بررسی بارهای زیست محیطی در این حوزه را نمایان می‌سازد. بنابراین، در پژوهش حاضر به بررسی و ارزیابی شاخص‌های زیست محیطی مزارع پرورش ماهیان سردآبی در استان ایلام پرداخته شده است. همچنین وضعیت مصرف و تولید انرژی در مزارع پرورش ماهی بررسی می‌گردد.

۲- مواد و روش ها

اطلاعات مورد نیاز این مطالعه از مزارع پرورش ماهی در استان ایلام با ۱۱ شهرستان جمع‌آوری گردید. استان ایلام با مساحتی در حدود ۱۹۳۵۰کیلومترمربع در غرب ایران قراردارد. آب و هوای استان دارای دو بخش معتدل کوهستانی و خشک و نیمه خشک است. میانگین بارش در استان ایلام ۴۲۵ میلی‌متر است. به دلیل شرایط جغرافیایی، منابع آب و زمین‌های حاصلخیز کشاورزی، معیشت مردمان این منطقه و اقتصاد استان بیشتر بر روی دامداری و کشاورزی متمرکز شده است (Mahmoudian, 2013).

داده‌های مورد نیاز در یک دوره از مزارع پرورش ماهی طی سال های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۰ به دست آمد. برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به این تحقیق از روش‌های مختلفی از جمله پرسشنامه، مصاحبه، و مطالعه اسنادی و کتابخانه‌ای استفاده شد. برای صحت و دقت پرسشنامه بنا به بخش‌های مختلف طراحی شده آن از نقطه نظرات کارشناسان موضوعی رشته‌های مختلف کشاورزی استفاده شد. در این پژوهش، تولید ماهی به عنوان ستاده در نظر گرفته شد. مزارع پرورش ماهی در استان ایلام بیشتراز نوع سردآبی (نژاد قزل‌آلا رنگین‌کمان) و تعداد کمی مزارع پرورش ماهی گرمابی (نژاد کپور معمولی، کپور علف خوار ، کپور نقره ای و بیگ‌هد) است. در تولید محصول نهایی، ماهی، نهاده‌های ورودی شامل نیروی کارگری، آب، الکتریسته، کود دامی، کود شیمیایی، تاسیسات مزارع پرورش

ماهی (هواده، پمپ، برس فلزی، و سطل غذادهی)، بچه ماهی، خوراک ماهی از جمله گندم، جو، ذرت، آهک، نمک، مواد ضد عفونی، و داروی مکمل لحاظ گردید. مقادیر ورودی‌ها به ازای تولید یک تن ماهی خروجی محاسبه شد.

۱-۲- جریان انرژی در تولید ماهی

محتوای انرژی هر نهاده مصرف شده و ستاده به دست آمده با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$E_{fp} = Q_i \times E_{fi} \quad (۱)$$

E_{fp}= انرژی نهاده/ستاده (مگاژول)، Q_i= مقدار نهاده/ستاده (واحد) و Efi= هم ارز انرژی واحد نهاده (مگاژول بر واحد) است.

برای محاسبه انرژی معادل نهاده‌ها و ستاده‌ها از هم ارز انرژی متناظر با هر یک از آن‌ها استفاده شد.

انرژی‌های مصرف شده در بخش کشاورزی را می‌توان به دو صورت تقسیم‌بندی نمود: انرژی‌های مستقیم و انرژی‌های غیرمستقیم. در تحقیق حاضر الکریسیته، سوخت، و نیروی انسانی به عنوان انرژی‌های مستقیم و انرژی‌های غیرمستقیم شامل کود نیتروژن، کود دامی، مواد ضدعفونی و مکمل‌ها در نظر گرفته شد. انرژی‌های تجدیدشونده کود دامی، نیروی انسانی، و بچه ماهی و انرژی‌های تجدیدناپذیر شامل انرژی سوخت، الکتریسیته، کود نیتروژن، مواد ضد عفونی، آهک و نمک است.

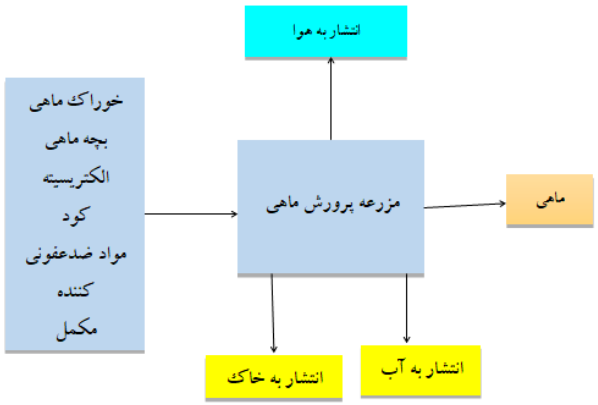
چهار شاخص مهم انرژی که امکان شناخت جامع از وضعیت انرژی در کشاورزی را فراهم می‌سازد شامل بهره‌وری انرژی ، نسبت انرژی ، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی می‌باشد. برای محاسبه این شاخص‌ها از روابط زیر استفاده شد (Payandeh *et al.*, 2016).

۲-۲- ارزیابی چرخه حیات

در روش ارزیابی چرخه حیات با بررسی دقیق تمام منابع مصرف شده برای تولید محصول و کلیه مواد منتشر شده به محیط زیست کمی و ارزیابی می شود (Kheiralipour, 2020).

هدف اصلی ارزیابی چرخه حیات در این مطالعه، نشان دادن اثرات زیست محیطی مزارع پرورش ماهی در منطقه مورد مطالعه و شناسایی ورودی های تاثیر گذار در ایجاد آلایندگی در سامانه تعریف شده است. مرز سامانه از ابتدای رهاسازی بچه ماهی در استخر پرورش ماهی تا مرحله صیدماهی پرواری در نظر گرفته شد. در شکل ۱ سامانه تولید ماهی و مرز آن مشخص شده است.

سیاهه چرخه حیات یا همان فهرست ورودی‌ها و خروجی‌ها شامل جمع‌آوری داده‌ها و انجام محاسبات به منظور کمی‌سازی ورودی‌ها و خروجی‌های چرخه حیات محصول تهیه شد. در این مرحله باید تمام منابع لازم در سامانه جهت تولید محصول و همه خروجی‌ها و انتشارات به محیط زیست تعیین و فهرست برداری شوند. همچنین کلیه فعالیت ها و ورودی ها در مزارع پرورش ماهی شامل آب، الکتریسته ، سوخت های فسیلی و غیره در نظر گرفته شد. خروجی ها شامل محصولات تولیدی و انتشارات به هوا ، آب، و خاک است.



شکل ۱- مرز سامانه استخر مزارع پرورش ماهی

Fig 1. The study boundary of fish pools

در مطالعه حاضر داده های مربوط به نهاده ها و ستاده ها در تولید ماهی در مزارع پرورش ماهی که از روش پرسشنامه ای گردآوری شد. داده های مربوط به ۳۰ مزرعه پرورش ماهی فعال در استان ایلام تهیه شد.

در ارزیابی پیامدها، اثرات بالقوه ناشی از مصرف منابع محیطی و تولید آلاینده‌ها بر محیط زیست توسط نرم افزارسیماپرو انجام گردید (Iran fisheries organization, 2017). همچنین در این مرحله ابتدا باید مشخص شود که کدام طبقات اثر لحاظ شوند و برای ارزیابی تاثیر آن‌ها از چه روشی استفاده گردد.

$$\text{نسبت انرژی} = \frac{\text{انرژی خروجی (مگاژول بر تن)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر تن)}} \quad (۲)$$

$$\text{بهره‌وری انرژی} = \frac{\text{عملکرد (کیلو گرم)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر تن)}} \quad (۳)$$

$$\text{شدت انرژی} = \frac{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر تن)}}{\text{عملکرد (تن)}} \quad (۴)$$

$$\text{انرژی خالص بهره انرژی ستانده} - \text{انرژی نهاده} = \quad (۵)$$

در این مرحله جریان مواد و انرژی شناخته شده در مرحله موجودی با اثرات زیست محیطی نشان داده می‌شوند. گروه‌های اثری که در مطالعات مختلف به خصوص در مطالعات کشاورزی (Brentrup, 2004) مورد توجه قرار می‌گیرند در این مطالعه نیز محاسبه شده‌اند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- جریان انرژی و مواد

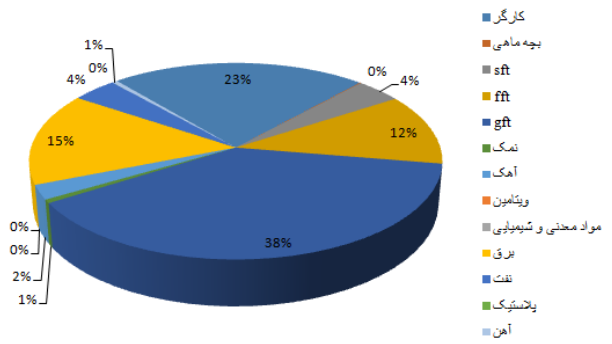
جدول ۱ مقدار نهاده‌ها و انرژی معادل آن‌ها را در مزارع پرورش ماهیان سردآبی، نشان می‌دهد. همچنین سهم نهاده‌های مختلف در انرژی مصرفی در تولید ماهی در شکل۲ آمده است.

جدول ۱- انرژی ورودی و خروجی در تولید یک تن ماهی سردآبی در استان ایلام

Table 1. Inputs and outputs energy per ton in trout production in Ilam province

نهاده/ ستاده	واحد	مقدار	معادل انرژی	منبع	انرژی (MJ.Unit)	سهم (درصد)
نهاده						
نیروی کارگری	h	۵۱۸۸/۲۷	۱/۹۶	Mandal et al. (2002)	۱۰۱۶۹/۰۱	۲۲/۹
بچه ماهی	kg	۴/۶۶	۷/۹۶	Younesi et al., (2014)	۳۷/۰۹	۰/۰۸
خوراک آغازین	kg	۹۹/۰۱	۱۸/۴۰	Younesi et al., (2014)	۱۸۲۱/۷۸	۴/۱
خوراک رشد	kg	۲۹۸/۷۴	۱۷/۵۷	Younesi et al., (2014)	۵۲۴۸/۹۹	۱۱/۸۲
خوراک پرواری	kg	۱۰۲۵/۴۵	۱۶/۷۲	Younesi et al., (2014)	۱۷۱۴۵/۵۳	۳۸/۶۱
نمک	kg	۱۶۴/۹۵	۱/۵۹	Heidari et al, (2011)	۲۶۲/۲۷	۰/۵۹
آهک	kg	۱۲۰/۵۴	۸/۸۰	Heidari et al, (2011)	۱۰۶۰/۷۶	۲/۳۸
ویتامین ها	kg	۰/۵۹	۱/۵۹	Heidari et al, (2011)	۰/۹۴	۰/۰۰۲
مواد معدنی و شیمیایی	kg	۰/۳۳	۱/۵۹	Heidari et al, (2011)	۰/۵۳	۰/۰۰۱
برق	kWh	۵۷۳/۷۴	۱۱/۹۳	Ghochebeyg et al. (2010)	۶۴۶۸/۸۲	۱۵/۴۱
نفت	lit	۳۲/۸۷	۵۴/۷۲	محاسبه شده	۱۷۹۸/۹۱	۴/۰۵
پلاستیک	kg	۰/۲۶	۴۶/۳۰	Kittle (1993)	۱/۷۸۴	۰/۰۰۴
آهن	kg	۱/۵۷	۶۴/۸۰	Chauhan et al. (2006)	۱۰۱/۷۴	۰/۵
کل انرژی ورودی					۴۲۱۱۳/۶۲	
ستاده						
گوشت ماهی قزل الا	kg	۱۰۰۰	۷/۹۶	Younesi et al., (2014)	۷۹۶۰	

با توجه به نتایج، کل انرژی ورودی مصرفی برای یک تن ماهی قزل‌آلا رنگین کمان ۴۴۶۱۸/۷۳ مگاژول و کل انرژی خروجی 7960 مگا ژول می‌باشد. خوراک پرواری در تولید ماهی سردآبی با ۳۸/۶۱ درصد، دارای بیشترین سهم دربین کل نهاده های ورودی است که با مدیریت صحیح و برنامه‌ریزی برای زمان‌بندی غذادهی و میزان غذادهی متناسب با وزن ماهی می‌توان این درصد را به حداقل رساند. نیروی کارگری و برق به ترتیب با سهم ۲۳ و ۱۵ درصدی بعد از خوراک ماهی بیشترین سهم را در انرژی ورودی در تولید ماهی قزل‌آلا داشتند. در پرورش ماهی قزل‌آلا بیشترکارها سنتی و توسط کارگر انجام می‌گیرد. انرژی برق برای پمپاژ آب مصرف می‌شود که در فصل کم‌آبی و کاهش جریان آب چشمه‌ها، مصرف برق زیاد می‌شود. کمترین سهم مربوط به مواد معدنی و شیمیایی، ویتامین ها و پلاستیک می‌باشد.



شکل ۲- سهم ورودی ها در کل انرژی مصرفی در تولید ماهی قزل‌آلا در استان ایلام

Fig 2. The energy share inputs in trout production in Ilam province

هدف از محاسبه شاخص‌های انرژی مطالعه وضعیت بهره‌مندی و بهره‌وری از انرژی و همچنین مقایسه نظام‌های تولید محصولات در نقاط مختلف یا محصولات مختلف یک منطقه با یکدیگر است (جدول ۲).

جدول ۲- شاخص انرژی تولید ماهی قزل‌آلا

Table 2. The energy indicators in trout production

شاخص	واحد	مقدار
نسبت انرژی	-	۰/۱۷
بهره‌وری انرژی	kg/MJ	۰/۰۲
شدت انرژی	MJ/kg	۴۴/۶۱
انرژی خالص	$MJ.ton^{-1}$	– ۳۶۶۵۸/۷

نتایج تقسیم بندی انرژی ورودی به انرژی های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر، و تجدیدناپذیر در تولید ماهی سردآبی به ترتیب در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳- شکل های مختلف انرژی تولید ماهی قزل‌آلا

Table 3. The share of different energy forms (%) in trout production

شکل انرژی	مقدار ($MJ.ton^{-1}$)	سهم (٪)
انرژی مستقیم	۱۸۸۱۲/۷۵	۴۲/۱۶
انرژی غیرمستقیم	۲۵۸۰۵/۹۸	۵۷/۸۳

انرژی مستقیم مواردی را شامل می شود که به طور مستقیم در تولید محصول دخالت دارند. این شکل از انرژی در تحقیق حاضر در تولید ماهی سردآبی شامل الکتریسیته، نیروی گارگری و نفت می باشد. انرژی غیرمستقیم شامل خوراک ماهی، بچه ماهی، مواد معدنی و شیمیایی، ویتامین‌ها، آهن و پلاستیک می‌باشد. سهم انرژی

مستقیم و غیرمستقیم در تولید ماهی سردآبی به ترتیب برابر با ۴۲ و۵۸ درصد برآورد شد.

۲-۳- شاخص‌های زیست محیطی

اثرات زیست محیطی در قالب ۱۱ شاخص شامل تخلیه منابع فسیلی، تخلیه منابع زمینی، مسمومیت انسان، گرمایش جهانی، تخلیه لایه اوزن، سمیت آب های سطحی، سمیت آب‌های آزاد، سمیت زمین، اکسیداسیون فوتوشیمیایی، پتانسیل اسیدی‌شدن و اختناق دریاچه‌ای تعریف شده‌اند.

شاخص‌های زیست‌محیطی درتولید یک تن تولید ماهی قزل‌آلا در جدول ۴ آرائه شده است.

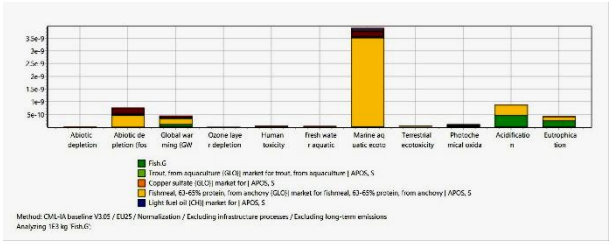
جدول ۴- شاخص‌های زیست محیطی در تولید یک تن ماهی قزل‌آلا

Table 4. Environmental indicators in trout production

شاخص زیست محیطی	واحد	مقدار
تخلیه منابع زمینی	kg Sb eq	۰/۰۰۲
تخلیه منابع فسیلی	MJ	۲۳۶۶۲/۰۹
گرمایش جهانی	$kgCO_2eq$	۲۲۰۸/۴۳
نقصان لایه ازون	kg CFC -11 eq	۰/۰۰۰۱
مسمومیت انسان	kg 1.4 DB eq	۳۹۵/۷۱۰
سمیت آب‌های سطحی	kg 1.4 DB eq	۱۵/۷۸
سمیت آب‌های آزاد	kg 1.4 DB eq	۴۵۶۸۹۱/۴۰
سمیت زمین	kg 1.4 DB eq	۲/۴۱
اکسیداسیون فتوشیمیایی	kgC_2H_4eq	۰/۸۶
پتانسیل اسیدی شدن	$kgSO_2eq$	۲۴/۹۶
اختناق دریاچه ای	$kgPO_4eq$	۵/۵۲

طبق جدول ۴ سمیت آب‌های آزاد در مزارع پرورش ماهیان سردآبی برابر Kg 1.4 DB eq ۴۵۶۸۹۱/۴ است که موثرترین بار محیطی در تولید ماهیان سردآبی به شمار می‌آید. همچنین تخلیه منابع فسیلی و گرمایش جهانی به ترتیب با میزان MJ ۲۳۶۶۲/۰۹ و $kgCO_2eq$ ۲۲۰۸/۴۳ بیشترین سهم را در انتشار آلایندگی در تولید ماهیان سردآبی (قزل‌آلا) دارند.

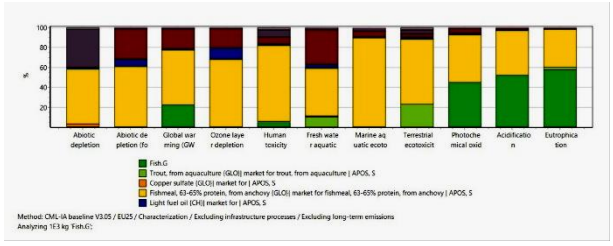
به منظور بی بعدکردن شاخص‌های زیست محیطی و امکان مقایسه آن‌ها برای فهم بهتر نتایج، عمل وزن دهی انجام می‌شود. در اصل وزن‌دهی شاخص‌ها، نتایج را نرمال کرده تا امکان مقایسه آن‌ها با هم ممکن گردد. نتایج نرمال‌سازی شاخص‌های زیست‌محیطی در تولید ماهی قزل‌آلا در شکل ۳ نشان داده است. پس از نرمال‌سازی داده‌ها، موثرترین بار محیطی که به واسطه‌ی فرآیند تولید رخ می‌دهد، سمیت آب‌های آزاد می‌باشد. شاخص‌های تخلیه منابع فسیلی، پتاسیل اسیدی شدن، گرمایش جهانی و اختناق دریاچه‌ای از دیگر شاخص‌های مهم موثر بر محیط زیست بودند.



شکل ۳- شاخص‌های زیست محیطی نرمال شده در تولید ماهی قزل‌آلا

Fig 3. Normalized environmental indicators in trout production

شکل ۴ تاثیر هر یک از نهاده‌های ورودی برای تولید یک تن ماهی سردآبی را نشان می‌دهد. تاثیرگذارترین نهاده در گروه اثر برای تولید یک تن ماهی قزل‌آلا رنگین‌کمان، خوراک ماهی است. سهم خوراک ماهی پرواری در شاخص‌های تخلیه منابع زمینی ،گرمایش جهانی و سمیت زمین مشابه و برابر ۶۰٪، در شاخص تخلیه منابع غیر فسیلی ۶۳٪، در شاخص نقصان لایه ازن ۶۸٪، در شاخص مسمومیت انسان ۷۵٪، در شاخص‌های اکسیداسیون فتوشیمیایی و پتاسیل اسیدی‌شدن ۴۰٪، در شاخص مسمومیت آب‌های سطحی ۵۰٪، در شاخص اختناق دریاچه‌ای ۳۵٪، و در شاخص مسمومیت آب‌های آزاد ۹۰٪ به دست آمد. این مساله به دلیل عدم آگاهی بهره‌برداران مزارع پرورش ماهی از استاندارد زمان غذادهی و میزان خوراک ماهی است. از دیگر نهاده‌های تاثیر گذار، الکتریسیته برای پمپاژ آب در مزارع پرورش ماهی قزل‌آلا در فصل کم آبی است. این نهاده بر روی شاخص‌های تخلیه منابع فسیلی، گرمایش جهانی، نقصان لایه ازون و مسمومیت آب‌های سطحی تاثیر بیشتری دارد. همچنین فرآیند تولید ماهی قزل‌آلا بر روی شاخص‌های زیست محیطی از جمله پتانسیل اسیدی‌شدن، اختناق دریاچه‌ای، اکسیداسیون فتوشیمیایی و گرمایش جهانی تاثیر بیشتری دارد.



شکل ۴- سهم عامل‌های مختلف در شاخص‌های زیست‌محیطی تولید ماهی قزل‌آلا

Fig 4. The contribution of different factors in the environmental indicators in trout production

۴- نتیجه‌گیری نهایی

مطالعه‌ی حاضر با هدف بررسی بهره‌وری انرژی و میزان شاخص‌های آلاینده زیست‌محیطی در پرورش ماهیان سردآبی استان ایلام انجام شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد، برای تولید یک تن

ماهی سردآبی (قزل‌آلا رنگین‌کمان)، به طور متوسط ۴۴۶۱۸/۱۸ مگاژول انرژی از منابع مختلف مصرف می‌گردد که در این بین سهم انرژی خوراک پرواری با ۳۸/۶ درصد بیش از سایر نهاده‌ها است. پس از خوراک ماهی پرواری، نیروی کارگری، الکتریسیته، خوراک پیش پروار، خوراک آغازین، نفت و آهک در رتبه های بعدی قرار گرفتند. افزوده خالص انرژی تولید ماهی قزل‌آلا ۳۶۶۵۸/۷ - مگاژول بر یک تن محاسبه شدکه نشان‌دهنده هدررفت انرژی است. در تولید ماهی قزل‌آلا نهاده‌های خوراک ماهی، الکتریسیته، سولفات مس، بچه ماهی، سوخت نفت و فرآیند تولید ماهی بیشترین تاثیر را در تشکیل بارهای محیطی داشته است.

نتایج نرمال‌سازی نشان داد شاخص سمیت آب‌های آزاد بزرگترین بار محیطی به شمار می آید. پس از آن شاخص های تخلیه منابع فسیلی، پتاسیل اسیدی شدن، گرمایش جهانی و اختناق دریاچه‌ای در تولید ماهی سردآبی در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. عدم آگاهی بهره‌برداران مزارع پرورش ماهی از میزان مورد نیاز کودهای شیمیایی، زمان غذادهی و میزان دقیق خوراک ماهی در مراحل مختلف پرورش ماهی، استفاده از سیستم‌های آبرسانی با بازده پایین و فرسوده نقش بسزایی در افزایش آلاینده‌های زیست‌محیطی در منطقه مورد مطالعه دارد. بنابراین آموزش و ارتقا سطح ترویج در بین پرورش‌دهندگان آبزیان با اصول مدیریت و استفاده از کارشناسان توانمند در واحدهای آبزی پروری پیشنهاد می‌گردد. همچنین پیشنهاد می‌شود کشاورزان به منظور استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر همچون انرژی خورسیدی، باد، و زیست توده مورد تشویق قرار گیرند تا از این طریق مصرف انرژی فسیلی و الکتریسیته و اثرات زیست محیطی آن‌ها کاهش یابند.

منابع

Abedi, A., Naderi Beldaji, M., Taki, M., Bayati, M. (2017). Investigation of energy flow and its efficiency in fish breeding units of Ardal city, Chaharmahal and Bakhtiari province using the technique of data envelopment analysis. 1st national conference of agricultural sciences and Iran's environment, Bavi, Molasani, Iran. (In Persian)

Akram, A., behzad Elhami, B., Khanali, M. (2019). Investigating and Predicting the Amount of Environmental Impact in Breeding Warm Water Fish in Guilan Province using Comparative Neuro-Fuzzy Inductive Inference System. Iranian journal of biosystem engineering. 50(3): 717-735. (In Persian)

Anonymous. (2017). Iran Fisheries Organization [In Persian] (http://shilat.com/site/vahed).

Aubin, J., Papatryphon, E., Vander Werf, H.M.G. and Chatzifotis, S. (2009). Assessment of the environmental impact of carnivorous finfish production systems using life cycle assessment. Journal of Cleaner Production. 17: 354-361.

Bemanikharanagh, A., Alizadeh, M., Khanjani, M.H. (2018). E nvironment Impact Assessment (EIA) of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) fish farming in some areas of Yazd Province. Journal of Aquatic Ecology. 7(4): 68-81. (In Persian)

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. European Journal of Agronomy. 20: 247–264.

Chauhan, N. S., Mohapatra, P. K. J. & Pandey, K. P. (2006). Improving energy productivity in paddy production through benchmarking: an application of data envelopment analysis. Energy Conversation Management. 47(9-10): 1063-85.

Ewoukem, T., Aubin, J., Mikolasek, M.S., Corson, M., Tomedi-Eyango, J., Tchoumboue, H.M.G., Vander Werf, D. and Ombredane, D. (2012) Environmental impacts of farms integrating aquaculture and agriculture in Cameroon. Journal of Cleaner Production. 28: 208-214.

FAO. (2017). The state of food security and nutrition in the world. Food and Agriculture Organization. Available at www.fao.org/ag/ca/.

FAO. (2018). FAO aquaculture newsletter. Food and Agriculture Organization. Available at www.fao.org/ag/ca/.

Ghochebeyg, F., Omid, M., Ahmadi, H. and D. Delshad. (2010). Evaluation and improvement of energy Consumption for Cucumber Production Using Data Envelopment Analysis (DEA) Technique in Tehran, 6th National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, Tehran, Iran, (In Persian).

Heidari, M.D., Omid M. and Akram, A. (2011). Optimization of energy consumption of broiler production farms using data envelopment analysis approach. Mod Appl Sci. 5: 59-78.

Iliyasu, A., Mohamed, Z.A. and Terano, R. (2016) Comparative analysis of technical efficiency for different production culture systems and species of freshwater aquaculture in Peninsular Malaysia. Aquaculture Reports. 3: 51-57.

Iran fisheries organization. (2017) Statistical yearbook of Iran fisheries organization. Available at www.shilat.com.

ISO 14040. (2006). Environmental Management Life Cycle Assessment Principles and Framework.International Journal of Life Cycle Assessment. 11(2): 36 p.

Izadi, A., Seyedi Ghomi, M.K. and Haghighi, S. (2016) Investment opportunities in marine fish cage culture. Iran Fisheries Organization.

Karakaya, A. and Özilgen, M. (2011). Energy utilization and carbon dioxide emission in the fresh,

paste, whole-peeled, diced, and juiced tomato production processes. Energy. 36: 5101-5110.

Kheiralipour, K., Payandeh, Z. and Khoshnevisan, B. (2017). Evaluation of Environmental Impacts in Turkey Production System in Iran. Iranian Journal of Applied Animal Science. 7: 507-512.

Kheiralipour, K., Sheikhi, N. (2020). Material and energy flow in different bread baking types. Environment, Development and Sustainability. 23(7): 10512-10527.

Kheiralipour, k. (2020). Environmental Life Cycle Assessment. 1st Edition. Ilam University Publication, Ilam Iran. (In Persian).

Kizilaslan, H. (2009). Input–output energy analysis of cherries production in Tokat Province of Turkey. Applied Energy. 86: 1354-1358.

Mahmoudian, H. (2013). Atlas of Ilam Province: (Historical Geography and Tourism). Zagro Publications. Ilam Iran. (In Persian).

Mandal, K.G., K.P. Saha, P. K, Ghsh, K. M. Hati, and K. K. Bandyo padhyay. (2002). Bioenergy and economic analysis of Soybean-based Crop production systems in Central India. Biomass Bioenergy. 2.3(5): 337-345.

Medeiros, M., Aubin, J. and Camargo, A. (2017). Life cycle assessment of fish and prawn production: Comparison of monoculture and polyculture freshwater systems in Brazil.Journal of Cleaner Production.156: 528-537.

Payandeh, Z., Kheiralipour, K., Karimi, M., Khoshnevisan, B. (2017). Joint data envelopment analysis and life cycle assessment for environmental impact reduction in broiler production systems. Energy. 127: 768-774.

Payandeh, Z., Kheiralipour, K., Karimi, M. (2016). Evaluation of energy efficiency of broiler production farms using data envelopment analysis technique, case study: Isfahan Province. *Iranian* Journal of Biosystems Engineering. 47(3): 577-585. (InPersian)

Pourmehdi, K., Kheiralipour, K. (2020). Assessing the effects of wheat flour production on the environment. Advances in Environmental Technology. 2: 111-117.

Ramedani, Z., Alimohammadian, L., Kheialipour, K., Delpisheh, P., Abbasi, Z. (2019). Comparing energy state and environmental impacts in ostrich and chicken production systems. Environmental Science and Pollution Research. 26: 28284-28293.

Shirzadi laskokalayeh, S., Mojarad, E., Honarmand, M. (2019). The effect of water pricing policy on groundwater level in the Neyshabur basin. Agricultural Economics Research. 11(43): 259-278. (InPersian)

Strapatsa, A.V., Nanos G.D. Tsatsarelis. C.A. (2006). Energy flow for integrated apple production in Greece. Agriculture, Ecosystem & Environment. 116: 176-180.

Thrane, M (2006). Environmental impacts from Danish fish products. Department of Development and Planning, Aalborg University of Denmark, pp. 535.

Younesi, A., Javadi, A., Rahmati, M.H. (2014), Determination of energy efficiency indicators in salmon farming (Alborz province), the third international conference on new approaches in energy conservation, Tehran, Iran. (In Persian)