مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۱۱/ شماره ٤/سال ۱۳۸۹/ص ۳٤-۱۹

بررسی بازده و مصرف انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری بارانی برخی مزارع استان همدان

سید معین‌الدین رضوانی*، علی محمد جعفری، سیف الله امین**

* نگارنده مسئول، نشانی: همدان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان، ص.پ.۸۸۷، تلفن: ۴۳۷۳۵۸۷(۰۸۱۱)، پیام‌نگار: moin.rezvani@gmail.com

** به ترتیب عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی؛ عضو هیئت علمی دفتر پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان؛ و استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت:۸۸/۹/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۵/۹

چکیده

با توجه به گسترش سیستم‌های آبیاری تحت فشار در سال‌های اخیر و مصرف انرژی بیشتر در این سیستم‌ها برای تولید فشار مورد نیاز سیستم، در این تحقیق مصرف انرژی، تلفات، و بازده مجموع انرژی درایستگاه‌های پمپاژ آبیاری بارانی دیزلی و برقی برخی از مزارع استان همدان بررسی شد. برای مقایسه عملکرد ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری بارانی، از معیار پمپاژ نبراسکا استفاده شد. نتایج اندازه‌گیری‌ها در ۱۷ مزرعه نشان داد که متوسط بازده مجموع انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ برقی ٤٦/٦ درصد (۷۰/٦ درصد معیار نبراسکا) و در ایستگاه‌های دیزلی ۱۲/۷ درصد (۵۲/۹ درصد معیار نبراسکا) بود. میانگین مصرف سوخت اضافی در مزارع دارای ایستگاه دیزلی ۳/۹ لیتر گازوئیل در ساعت و در ایستگاه پمپاژ برقی ۱۲/۱ کیلو وات- ساعت بود. متوسط بازده الکتروموتور و پمپ‌ها در ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری بارانی که مستقیم به چاه وصل نیستند به ترتیب ۹۲/٤ و ٤۲/۲ درصد به دست آمد که بازده الکتروموتورها بالاتر از معیار نبراسکا بود. از عوامل مؤثر بر کاهش بازده مجموع مصرف انرژی را می‌توان استفاده نکردن از پمپ یا موتور با ظرفیت مناسب، استهلاک موتور و پمپ، و نصب نادرست تجهیزات ایستگاه پمپاژ دانست.

واژه‌های کلیدی

آبیاری بارانی، ایستگاه پمپاژ، بازده مجموع انرژی، تلفات انرژی، معیار پمپاژ نبراسکا

مقدمه

در حال حاضر مصرف کل آب در ایران نزدیک به ۸۸/۵ میلیارد متر مکعب در سال است که از این مقدار ۸۲/۵ میلیارد متر مکعب (۹۳/۲ درصد) در بخش کشاورزی و کمتر از ۷ درصد به مصرف شهری و صنعتی اختصاص دارد. بر اساس آمارهای موجود، از کل آب مصرفی در بخش کشاورزی حدود ۵۰/۷ درصد آن از منابع آب زیرزمینی و بقیه از منابع سطحی تأمین می‌شود. آخرین آماربرداری منتشر شده نشان می‌دهد که از ۳۶۴۳۸۱ حلقه چاه در کشور بهره‌برداری می‌شود که ۳۱۷۸۳۰ حلقه (۸۷ درصد) آن در بخش کشاورزی است (Ardkanian, 2005). هم اکنون در استان همدان با توجه به محدودیت برداشت از منابع آب سطحی و بحرانی بودن منابع آب زیرزمینی، راه‌کارهای مبتنی بر مدیریت عرضه امکان‌پذیر نیست. به همین دلیل استفاده از مدیریت تقاضا در بهره‌وری بهینه از منابع آب مد نظر قرار گرفته است (Jafari & Rezvani, 2002). در بخش کشاورزی و در سطح مزرعه، استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار به منظور تداوم رشد بخش کشاورزی و استفادهٔ بهینه از منابع آبی، مهمترین نهاده تولید، از جمله این راه‌کارهاست.

© 2013,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

در استان همدان تا کنون تقریباً ۶۳۰۰۰ هکتار از زمین‌های کشاورزی سیستم آبیاری تحت فشار اجرا شده که بیش از ۹۷ درصد آن آبیاری بارانی است (Anon, 2008). در سال ۱۳۴۶ مصرف انرژی در بخش کشاورزی معادل ۲/۸ میلیون بشکه نفت خام بود که در سال ۱۳۷۱ به ۳۳/۱ میلیون بشکه رسید، پس از آن مصرف انرژی در بخش کشاورزی بین ۲۹ تا ۳۳ میلیون بشکه نفت خام نوسان دارد. با برقی کردن چاه‌های کشاورزی، نسبت مصرف سوخت‌های فسیلی به کل انرژی مصرفی از ۱۰۰ درصد در سال ۱۳۴۶ به ۷۱/۷ درصد در سال ۱۳۸۳ کاهش یافته است؛ و سهم مصرف انرژی الکتریکی در این مدت از صفر به ۲۸/۳ درصد رسیده است. در حالی که در سال ۱۳۴۶ سهم بخش خانگی، صنعت، و کشاورزی از مصرف برق به ترتیب ۳۱/۸، ۶۸/۲، و صفر درصد و در سال ۱۳۸۴ به ترتیب ۳/۲، ۳۲/۳۳، و ۱۲/۴ درصد بوده است (Anon, 2006b) که نشانگر شدت افزایش مصرف برق در بخش کشاورزی نسبت به بخش‌های خانگی و صنعت است. بررسی آمارها نشان می‌دهد در حالی‌که بخش کشاورزی در سطح کشور سومین مصرف کننده برق پس از بخش‌های خانگی و صنعتی است، در استان همدان با مصرف ۲۷/۸ درصد کل برق مصرفی، پس از بخش خانگی در جایگاه دوم قرار دارد و بخش صنعت با ۱۵/۹ درصد در مرتبه سوم است. (Anon, 2006b). در استان همدان ۴۱ درصد از ۱۱۵۱۹ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق، یعنی ۴۷۲۴ حلقه تا آخر سال ۱۳۸۴ برقدار شده است (Anon, 2006b). از طرفی، بخش کشاورزی پس از حمل و نقل بزرگترین مصرف کننده گازوئیل در کشور است (Anon, 2006b). مقدار مصرف انرژی بخش کشاورزی در سال ۱۳۸۱ معادل ۲۹/۲۲ میلیون بشکه (۳/۷ درصد کل مصرف انرژی) و به ارزش ۱۱۸۵/۴۵ میلیون دلار (۶/۴ کل ارزش مصرف انرژی) بوده است (Hashemi, 2005). این مقدار در سال ۱۳۸۳ معادل ۳۲/۲ میلیون بشکه نفت خام بوده است، اگر قیمت جهانی هر بشکه نفت را به طور متوسط ۷۰ دلار فرض کنیم، ارزش انرژی مصرفی این بخش حدود ۲/۲۵ میلیارد دلار است.

امین و سپاسخواه (Amin & Sepaskha, 1996) در پژوهشی مقدار اتلاف انرژی پمپاژ آب آبیاری در مزارع اطراف شیراز را ۲۲۵ درصد به دست آوردند و به این نتیجه رسیدند که به طورکلی بازده موتورهای برقی بیشتر از بازده موتورهای دیزلی بوده است. این محققان، مؤثرترین عوامل اتلاف انرژی را ۱- فرسوده بودن موتورها، پمپ‌ها، و اتصالات؛ ۲- آب‌بندی نبودن اتصالات؛ و ۳- استفاده نکردن از حداکثر توان موتور می‌دانند. اشنایدر و نیو (Schneider & New, 1986) بازده حرارتی موتورهای دیزل۲۶ ایستگاه دیزلی پمپاژ آبیاری آب از چاه، را بین ۲۶ تا ۳۴/۸ درصد و به طور متوسط ۳۱/۲ درصد به دست آوردند. از ۲۶ مورد بررسی شده، ۶ موتور بالاتر یا معادل معیار ایستگاه پمپاژ نبراسکا کار می‌کردند. نیو (New, 1986) بازده قابل حصول برای اجزای یک ایستگاه پمپاژ را به شرح جدول ۱ عنوان کرد. راجرز و بلک (Rogers & Black, 1993) گزارش دادند که ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری در ایالت کانزاس به طور متوسط ۴۰ درصد بیش از مقدار ضروری سوخت مصرف می‌کنند و دلیل مصرف سوخت اضافی را این موارد اعلام کردند: ۱- انتخاب پمپ نامناسب، ۲- تنظیم نبودن پمپ، ۳- مستهلک و قدیمی بودن پمپ، ۴- نادرست بودن اندازهٔ موتور برقی یا دیزلی، ۵- احتیاج موتور به نگهداری مناسب یا تعمیر، و ۶- اتصال غلط محور پمپ و موتور. فیپز و نیل (Fippes & Neal, 1995) در ۲۵ ناحیه از ایالت تگزاس ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری را آزمایش و گزارش کردند. که حداقل، حداکثر، و میانگین بازده مجموع انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ دیزلی به ترتیب ۵/۰، ۳۴/۵، و ۱۸/۱ درصد و در ایستگاه‌های برقی ۱۷/۵، ۶۸/۵، و ۴۲/۶ درصد است. راجرز و عالم (Rogers & Alam, 1999) در پژوهشی،

روش مقایسهٔ استفاده از منابع مختلف انرژی را در ایستگاه‌های پمپاژ تشریح کردند. در این مطالعه، معیار عملکرد ایستگاه پمپاژ نبراسکا به عنوان پایهٔ مقایسه منابع مختلف انرژی در نظر گرفته شد. با این معیار، ایستگاه پمپاژ با حداکثر کارایی با ایستگاه متوسط پمپاژ مقایسه می شود. آزمایش‌ها در نبراسکا نشان داد که ۱۵ درصد ایستگاه‌های پمپاژ بالاتر از این معیار عمل می‌کنند. نتایج همچنین نشان می‌دهد که حتی با پایین بودن هزینهٔ گازوئیل دو عامل باعث برتری ایستگاه‌های پمپاژ برقی نسبت به دیزل هستند: ۱- استفادهٔ راحت‌تر ۲- بالاتر بودن هزینه‌های جانبی موتور دیزل.

هیل (Hill, 1999) در تحقیقی ۶ راه کاهش مصرف انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ را به صورت زیر اعلام کرد:
۱- استفاد نکردن از سیستم پمپاژ (تولید محصول به صورت دیم)، ۲- پمپاژ آب فقط به اندازهٔ مورد نیاز گیاه (با استفاده از داده‌های آب و هوایی، خاک، و گیاهی آب مورد نیاز گیاه محاسبه شود)، ۳- ارزیابی سیستم آبیاری (دانستن اینکه چه مقدار آب باید به کار برد و در صورت نیاز تنظیم کردن تجهیزات و اصلاح مدیریت) ۴- آزمایش کارکرد پمپ (بازده پمپ بالای ۶۵ درصد تنظیم شود)، ۵- مدیریت مقدار جریان پمپاژ (پمپ در ۸۰ درصد یا بالاتر از ظرفیت طراحی به‌کار رود)، ۶- استفاده از انرژی‌های کم هزینه‌تر.

جدول۱ - بازده تجهیزات در یک ایستگاه پمپاژ آبیاری (New, 1986)

تجهیزات	بازده قابل دسترس (درصد)
پمپ (سانتریفیوژ، توربین)	۷۵-۸۲
جعبه دنده	۹۵
موتورهای تیپ خودرو	۲۰-۲۶
موتورهای صنعتی	
گازوئیلی	۲۵-۳۷
گاز طبیعی	۲۴-۲۷
موتورهای الکتریکی	
کوچک*	۷۵-۸۵
بزرگ	۸۵-۹۲

* موتورهای الکتریکی تا توان ۷/۵ کیلو وات- ساعت، کوچک به حساب می‌آیند.

چاوز و همکاران (Chávez *et al.*, 2010) گزارش دادند که در آزمایش‌های مزرعه‌ای در ایالات مختلف آمریکا، میانگین بازده موتور پمپ‌های الکتریکی بین ۴۵ تا ۵۵ درصد است، در حالی که می‌توان به بازده ۷۲ تا ۷۵ درصد رسید. این تحقیق نشان می‌دهد که ۲۵ درصد انرژی الکتریکی استفاده شده در ایستگاه‌های پمپاژ تنها به دلیل پایین بودن بازده ایستگاه تلف می‌شود. در این مطالعه مهمترین دلایل کاهش بازده ایستگاه‌های پمپاژ به این شرح عنوان شده است: ۱- پروانه‌ها (که پره‌های پمپ روی آنها قرار دارند)،۲- طراحی شدن کاسه پمپ‌ها برای شدت پمپاژ بالاتر، ۳- خراب بودن موتورها، ۴- انتخاب اشتباه واحد تولید توان (موتور)، ۵-کوتاهی در اجرای تعمیرات مورد نیاز.

با توجه به گسترش سیستم‌های آبیاری تحت فشار در

همدان و مصرف انرژی بیشتر در این سیستم‌ها برای تولید فشار مورد نیاز سیستم، بررسی بازده و تعیین کارایی مصرف انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ کشاورزی جهت بررسی وضعیت فعلی و در صورت امکان ارتقای کارایی مصرف انرژی ضروری است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق میزان و بازده مصرف انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری بارانی در برخی مزارع استان همدان طی دو سال ۸۷-۱۳۸۶ بررسی شدند، که مشخصات آنها در جدول ۲ آمده است. بر اساس آمار مدیریت آب و خاک سازمان جهاد کشاورزی استان همدان تعداد بهره‌برداران آبیاری بارانی تا ابتدای سال ۱۳۸۶، ۲۲۱۰ مورد بوده است (Anon, 2006a). برای تعیین حجم نمونه، از رابطهٔ کوکران استفاده شد (Bartlett *et al*., 2001):

$$n_0 = \frac{{t_{\alpha/2}}^2 \times s^2}{d^2} \qquad (۱)$$

که در آن، n_o= حجم نمونه؛ $t_{\alpha/2}$ = مقدار t استیودنت در سطح احتمال مورد نظر (در سطح اعتماد ۹۵ درصد برابر ۱/۹۶۰)؛ d= دقت احتمالی مطلوب (حد خطای قابل قبول) است که از رابطهٔ زیر به دست می‌آید (Tripathi, 2007):

$$d = t_{\alpha/2} \times \sqrt{(1 - n/N)} \times \left(s/\sqrt{n}\right) \qquad (۲)$$

که در آن، n= تعداد نمونه‌های پیش آزمون؛ N= حجم جامعه؛ و s= انحراف معیار نمونه‌هاست.

در این تحقیق نتیجه اندازه‌گیری‌ها در ۱۷ مزرعه و ۱۹ سیستم آبیاری تحت فشار (برقی و گازوئیلی) جمع‌آوری و بررسی شد که انحراف معیار راندمان مجموع ۲۱/۱ به دست آمد. بر این اساس و با توجه به رابطهٔ ۲ مقدار d، ۹/۴۴ به دست آمد. از رابطهٔ ۱ تعداد نمونه‌های لازم، ۲۰ نمونه به دست می‌آید که به دلیل کمتر بودن از ۵ درصد تعداد کل نمونه‌ها، احتیاج به تصحیح ندارد. پمپ‌های نمونه‌های انتخاب شده بر حسب اینکه مستقیماً به سیستم آبیاری تحت فشار وصل باشد یا آب پمپاژ شده را به حوضچهٔ پمپاژ، استخر، و غیره بریزد، به دو طبقه تقسیم شدند. از نمونه‌های، طبقه‌بندی شده، تعدادی به طور تصادفی انتخاب شدند، و با مالکان آنها مصاحبه و کارایی و بازده ایستگاه پمپاژ اندازه‌گیری شد. پرسشنامه‌ها از ۴۰ بهره‌بردار و ۵۰ سیستم آبیاری بارانی در سطح استان همدان تهیه شد اما به دلیل محدودیت‌های تحقیق، اندازه‌گیری در ۱۷ مزرعه و ۱۹ ایستگاه پمپاژ آبیاری بارانی در پنج شهرستان همدان، بهار، کبودرآهنگ، اسدآباد، و تویسرکان با ۱۶۷۹ بهره‌بردار انجام شد.

برای اندازه‌گیری متغیرهای مورد نیاز از مولتی متر مدل HIOKI 3280-10 ساخت ژاپن، کرنومتر، دورسنج مدل Pantec DTM 30، گالن مدرج، لوله پیتو به همراه فشارسنج استفاده شد. دبی خروجی از سیستم آبیاری با اندازه‌گیری دبی خروجی از آبپاش‌ها در سیستم بارانی ضرب در تعداد آنها به‌دست آمد.

برای مقایسهٔ عملکرد ایستگاه‌های پمپاژ، از معیار پمپاژ نبراسکا استفاده شد. این معیار را شونسر و سولک در سال ۱۹۵۹ توسعه دادند که از آن برای اندازه‌گیری بازده انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ کشاورزی به طور وسیعی استفاده می‌شود. این معیار بر اساس اسب بخار- ساعت و اسب بخار آبی- ساعت بر واحد سوخت مصرفی از داده‌های موتور و پمپ ارائه شده توسط کارخانه‌ها و تست‌های تراکتور نبراسکا به دست آمده است (Schneider & New, 1986). در جدول ۳، توان تولید شده (کیلو وات- ساعت) در موتورهای دیزلی و الکتریکی و توان (کیلو وات- ساعت)

خارج شده از پمپ به ازای واحد مصرف انرژی بر اساس معیار پمپاژ نبراسکا آورده شده است (Anon, 1997; Harrison & Skinner, 2009; Anon, 2009). در جدول ۳، بازده موتورهای دیزل ۳۳، موتورهای الکتریکی ۸۸، و جعبه‌دنده ۹۵ درصد در نظر گرفته شده است. معیار بازده ایستگاه پمپاژ آبیاری نبراسکا برای واحد توان (موتور) و بازده مجموع انرژی (موتور+ جعبه دنده+ پمپ) در جدول ۴ آورده شده است (New & Schneider, 1988; Fippes & Neal, 1995). برای محاسبه بازده مجموع انرژی از رابطهٔ زیر استفاده شد:

$$OPE = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \qquad (۳)$$

که در آن، P_{out}= توان خارج شده از پمپ (کیلووات)؛ و P_{in}= توان وارد شده به موتور (کیلووات) است.

محققان مختلف مقدار انرژی یک لیتر گازوئیل را متفاوت گزارش داده‌اند از جمله ۳۷/۶ (New & Schneider, 1988)، ۳۷/۹ (Fippes & Neal, 1995)، و ۳۶/۱ مگاژول بر لیتر (Weddington & Canessa, 2006). در این تحقیق، مقدار اسب بخار گرمایی استاندارد برای یک گالن گازوئیل به مقدار ۳۶/۲ مگاژول بر لیتر در نظر گرفته شد (Weddington & Canessa, 2006). از آنجاکه توان تولید شده از یک لیتر گازوئیل در ساعت برابر ۱۰/۰۷ کیلووات است، توان مصرفی موتور دیزل در یک ساعت از ضرب مقدار مصرف گازوئیل در یک ساعت در ۱۰/۰۷ کیلووات و در موتورهای الکتریکی با اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل و شدت جریان در ابتدا و انتهای آزمایش با استفاده از رابطهٔ زیربه دست آمد (Anon, 2004; Anon, 2007).

$$P_i = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\varphi \qquad (۴)$$

که در آن، P_i= توان مصرفی (وات)؛ V= اختلاف پتانسیل (ولت)؛ I= شدت جریان (آمپر)؛ و $cos\varphi$= ضریب توان مصرف کنندهٔ الکتریکی (اعشار) است. مقدار cosφ به همراه دیگر مشخصات روی موتورهای الکتریکی حک شده است. برای محاسبهٔ توان خارج شده از پمپ در موتور پمپ‌های الکتریکی و دیزلی از رابطه زیر استفاده شد:

$$P = \frac{QH}{102} \qquad (۵)$$

که در آن، P= توان خارج شده از پمپ (کیلووات)؛ Q= بده (لیتر در ثانیه)؛ و H= بار فشاری (متر) است. برای محاسبهٔ مقدار سوخت به‌کار رفته از دو روش می‌توان استفاده کرد. در روش اول، انرژی مصرفی مورد نیاز بر اساس معیار پمپاژ نبراسکا را از مقدار مصرف واقعی کم می‌کنیم و این مقدار سوخت مصرفی اضافی در یک ساعت را به ما می‌دهد. در روش دوم ابتدا مقدار توان تولید شده به ازای مصرف سوخت یا الکتریسیته در یک ساعت[1] (PR) یا عملکرد ایستگاه پمپاژ را از رابطهٔ ۶ اندازه‌گیری می‌کنیم و سپس درجهٔ عملکرد ایستگاه پمپاژ[2] (PR_r) را، که نسبت کارکرد واقعی ایستگاه پمپاژ به مقدار معیار ایستگاه پمپاژ نبراسکا (جدول ۳) است، از رابطهٔ ۷ به دست می‌آوریم (Dron, 2004; Smajstrla *et al.*, 2005).

$$PR = \frac{P_{out}}{EC} \qquad (۶)$$

$$PR_r = \frac{PR}{NPPPC} \qquad (۷)$$

که در آن، EC= انرژی مصرفی؛ و $NPPPC$[3]= معیار ایستگاه پمپاژ نبراسکاست.

1- Performance of Pumping Plant
2- Pumping Plant Performance Rating
3- Nebraska Pumping Plant Performance Criteria

پس از آن مقدار سوخت یا انرژی مصرفی از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$FWH = ECFCR \times (1 - PR) \qquad (۸)$$

که در آن، FWH= مقدار سوخت تلف شده در ساعت و $ECFCR$[۲]= شدت مصرف سوخت است.

بار وارد شده بر موتور الکتریکی با سه روش محاسبه می‌شود: اندازه‌گیری توان ورودی، شدت جریان، و اسلیپ[۳].

استفاده از این روش‌ها به دلیل در دسترس نبودن گشتاورسنج بود هر چند نسبت به روشی که در آن از گشتاورسنج استفاده می‌شود درصد خطای بالاتری دارند. نسبت خطا در این دو روش به ترتیب ۱۰ و ۱ درصد است. روش اسلیپ حدود ۸ و روش شدت جریان ۶/۵ درصد خطا دارد (Anon, 2007; Hsu *et al*., 1998).

برای محاسبهٔ بار خارج شده از موتور به عنوان درصدی از توان ورودی به موتور تحت بار کامل در روش شدت جریان از رابطهٔ زیر استفاده می‌شود (Anon, 2007; Hsu *et al*., 1998).

$$Load = \frac{I}{I_r} \times \frac{V}{V_r} \times 100\% \qquad (۹)$$

که در آن، $Load$= توان خارج شده از الکتروموتور به صورت درصدی از توان ورودی به موتور؛ I= متوسط آمپر سه فاز؛ I_r= آمپر روی پلاک الکتروموتور؛ V= متوسط ولتاژ سه فاز؛ و V_r= ولتاژ روی پلاک الکتروموتور است. بازده الکتروموتور از رابطهٔ ۱۰ به دست می‌آید:

$$\eta = \frac{P_{ir} \times Load}{P_i} \qquad (۱۰)$$

که در آن، P_{ir}= توان ورودی به موتور در شرایط بار کامل (کیلو وات)؛ و P_i= از رابطهٔ ۴ به دست می‌آید.

1- Fuel Wasted Hour 2- Energy Current Fuel Consumption Rate 3- Slip

جدول ۲- مشخصات مزارع مورد بررسی در استان همدان

ردیف	کد	سطح اجرای سیستم (هکتار)	نوع موتور	توان نامی موتور (کیلو وات)	نوع پمپ	عمر موتور پمپ (سال)	نوع سیستم
۱	د-۱	۲۰	دیزل	۶۷/۱ (۹۰ اسب بخار)	فشارقوی	۱۲	ویلمو
۲	د-۲	۵	دیزل	-	WKL100-3	۱۵	کلاسیک ثابت
۳	ب-۱	۲۰	برقی	-	شناور	۱۵	کلاسیک ثابت
۴	ب-۲	۱۵	برقی	۵۵	WKL100-4	۳	کلاسیک ثابت
۵	ب-۳	۲۰	برقی	۷۵	شناور	۱۰	کلاسیک ثابت
۶	د-۳	۷۵	دیزل	-	WKL125-2	۱۵	ویلمو
۷	د-۴	۶	دیزل (تراکتور)	-	شناور	-	ویلمو
۸	د-۵	۴۵	دیزل	-	شناور	۲۳	ویلمو
۹	د-۶	۷	دیزل	۵۵/۹ (۷۵ اسب بخار)	WKL100-4	۱۰	کلاسیک ثابت
۱۰	ب-۴	۵۰	برقی	۵۵	توربینی (شافت و غلاف)	۱۱	ویلمو
۱۱	ب-۵	۵۰	برقی	۴۵	توربینی (شافت و غلاف)	۷	ویلمو
۱۲	ب-۶	۲۱	برقی	-	شناور	۴	ویلمو
۱۳	ب-۷	۵	برقی	۷۵	توربینی (شافت و غلاف)	۵	ویلمو
۱۴	ب-۸	۳۱	برقی	۳۷	WKL100-3	۱۰	ویلمو
۱۵	ب-۹	۱۰۰	برقی	-	شناور	۷	ویلمو
۱۶	ب-۱۰	۵۰	برقی	-	شناور	۶	ویلمو
۱۷	ب-۱۱	۱۸	برقی	-	شناور	۳	ویلمو

جدول ۳- معیار کارکرد ایستگاه پمپاژ نبراسکا

منبع انرژی	معیار پمپاژ نبراسکا برای واحد توان (موتور)	معیار پمپاژ نبراسکا برای ایستگاه پمپاژ	واحد انرژی
گازوئیل	۳/۳	۲/۵	کیلووات- ساعت بر لیتر
بنزین	۲/۳	۱/۷	کیلووات- ساعت بر لیتر
پروپان	۱/۸	۱/۴	کیلووات- ساعت بر لیتر
گاز طبیعی	۱/۷	۱/۳	کیلووات- ساعت بر متر مکعب
الکتریسیته	۰/۸۸	۰/۶۷	کیلووات- ساعت بر کیلووات- ساعت

جدول ٤- معیار بازده ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری نبراسکا

نوع موتور	بازده واحد توان موتور (درصد)	بازده مجموع (درصد)
الکتریکی	۸۸	۶۶
دیزل	۳۳	۲۴
گاز طبیعی	۲۴	۱۷

نتایج و بحث

نتایج اندازه‌گیری ۱۷ مزرعه در استان همدان برای بررسی انتخاب شد. از این تعداد، ۶ مزرعه از موتور دیزلی و بقیه از الکتروموتور استفاده کرده‌اند. مزرعه ردیف ۱۶ جدول ۲ به دلیل شرایط خاص (که توضیح داده خواهد شد) جداگانه بررسی شد. در جدول‌های ۵ و ۶ نتایج اندازه‌گیری و محاسبات مربوط به بازده مجموع هر یک از مزارع به تفکیک نوع مصرف انرژی (گازوئیلی یا برقی) آورده شده است.

نتایج نشان می‌دهد که فقط در یک مزرعه که از موتور برقی استفاده می‌شد، بازده مجموع انرژی محاسبه شده کمی بیش از مقدار قابل قبول توسط معیار ایستگاه پمپاژ نبراسکا (جدول ۶) بود. در بقیه موارد دیگر بازده مجموع در موتورهای برقی بین ۱۶/۱ تا ۵۹/۱ درصد (۳۰ تا ۸۳/۹ درصد معیار نبراسکا) و در موتورهای دیزلی ۶/۰ تا ۱۷/۸ درصد (۲۵/۰ تا ۷۴/۱ درصد معیار نبراسکا) بود. متوسط بازده مجموع انرژی در موتورپمپ‌های برقی ۴۶/۶ درصد (۰/۷۱ معیار نبراسکا) و در ۶ موتورپمپ دیزلی ۱۲/۷ درصد (۰/۵۳ معیار نبراسکا) به‌دست آمد. این نتایج نشان می‌دهد که در مطالعهٔ حاضر بازده مجموع الکتروپمپ‌ها در استان همدان ۳/۷ برابرموتورپمپ‌های دیزلی است. شکل ۱، رابطهٔ بین بار فشاری و بازده مجموع انرژی را در ایستگاه‌های پمپاژ برقی و دیزلی نشان می‌دهد. نمونهٔ مشخص شده با مربع تو خالی روی شکل ۱ مربوط به تنها مزرعه‌ای است که با بازده مجموع ۶۸/۴ درصد، نسبت به معیار پمپاژ نبراسکا بازدهی بالاتر دارد. معادلهٔ خطی با آستانهٔ برازش یافته در شکل ۱ نشان می‌دهد که تا فشار حدود ۸۷/۵ متر با افزایش فشار تولید شده توسط پمپ، بازده مجموع انرژی به سرعت افزایش می‌یابد ولی در مقادیر فشار بالاتر به حد تقریباً ثابتی می‌رسد.

رابطهٔ خطی مقدار بازده مجموع انرژی و بار فشاری (شکل ۱ و جدول ۹) نشان می‌دهد که تا فشار ۸۷/۵ متر، به ازای هر یک متر افزایش بار فشاری بازده مجموع انرژی ۰/۷۷ درصد افزایش می‌یابد. رابطهٔ دبی و بازده مجموع انرژی در جدول ۹ نشان می‌دهد که در محدودهٔ مورد بررسی در موتورپمپ‌های دیزلی با افزایش هر لیتر به دبی سیستم حدود ۰/۵ درصد و در الکتروپمپ‌های برقی ۱/۲ درصد بازده مجموع انرژی ارتقا می‌یابد. میانگین مصرف سوخت اضافی در مزارع دارای ایستگاه دیزلی ۳/۹ لیتر گازوئیل در ساعت و در ایستگاه پمپاژ برقی ۱۲/۱ کیلو وات ساعت است. در استان همدان، مصرف انرژی اضافی نسبت به مقدار مورد نیاز در الکتروپمپ‌های برقی ۷۱/۲ درصد و در ۶ ایستگاه با موتور دیزلی ۱۱۵/۴ درصد است. اگر مزرعهٔ ردیف ۲، که بازده مجموع در آن بالاتر از معیار ایستگاه نبراسکاست، در نظر گرفته نشود، مقدار انرژی اضافی مصرفی نسبت به مقدار مورد نیاز در الکتروپمپ‌های برقی ۸۴/۶ درصد به دست می‌آید. اتلاف انرژی در

ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری با موتورهای دیزلی ۱/۵ برابر ایستگاه‌های با موتورهای الکتریکی است. رابطهٔ بین بازده مجموع و مصرف برق و گازوئیل اضافی در ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری استان همدان نشان می‌دهد که به ازای هر ۱ درصد کاهش بازده مجموع انرژی، اتلاف انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ برقی و دیزلی به ترتیب برابر ۰/۵۸ کیلووات- ساعت و ۰/۳۷ لیتر در ساعت افزایش می‌یابد (جدول ۹).

جدول ۵- محاسبهٔ بازده مجموع در موتورپمپ‌های دیزلی

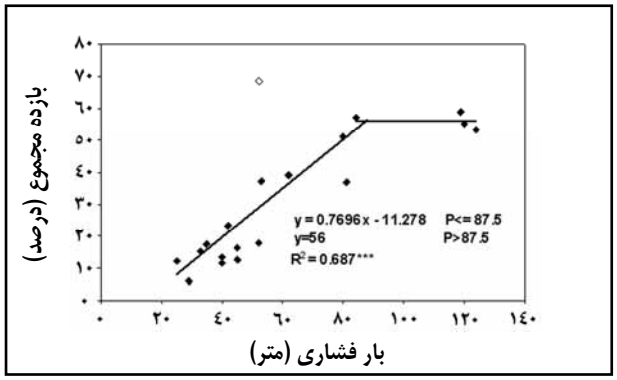
ردیف	کد	بار فشاری (متر)	دبی (لیتر بر ثانیه)	توان (کیلو وات)	سوخت مصرفی (لیتر در ساعت)	توان ورودی (کیلو وات)	بازده (درصد)
۱	د-۱	۴۰	۲۵/۵	۱۰/۰	۸/۷	۸۷/۶	۱۱/۴
۲	د-۲	۵۲	۳۲/۰	۱۶/۳	۹/۱	۹۱/۶	۱۷/۸
۳	د-۳	۲۹	۱۸/۵	۵/۳	۸/۷	۸۷/۶	۶/۰
۴	د-۲	۴۵	۳۳/۰	۱۴/۴	۱۱/۴	۱۱۴/۷	۱۲/۵
۵	د-۴	۲۵	۱۹/۵	۴/۸	۳/۹	۳۹/۳	۱۲/۰
۶	د-۵	۴۰	۲۸/۵	۱۱/۲	۸/۳	۸۳/۶	۱۳/۲
۷-۱	د-۶	۳۳	۳۱/۵	۱۰/۲	۶/۶	۶۶/۵	۱۵/۱
۷-۲	د-۶	۳۵	۲۸/۰	۹/۶	۵/۴	۵۴/۴	۱۷/۴

جدول ٦- محاسبه بازده مجموع در موتورپمپ‌های برقی

ردیف	کد	بار فشاری (متر)	دبی (لیتر بر ثانیه)	توان (کیلو وات)	ولتاژ (ولت)	شدت جریان (آمپر)	cosΦ	توان ورودی (کیلو وات)	بازده (درصد)
۱	ب-۱	۱۲۰	۱۷	۲۰	۳۸۲	۶۴/۲	۰/۸۵	۳۶/۱	۵۵/۴
۲	ب-۲	۵۲	۳۷/۴	۱۹/۱	۳۸۵	۴۷/۶	۰/۸۸	۲۷/۹	۶۸/۴
۳	ب-۳	۱۱۸/۷	۳۶/۷	۴۲/۷	۳۷۲	۱۳۲/۰	۰/۸۵	۷۲/۳	۵۹/۱
۴	ب-۴-۱*	۴۵	۱۹	۸/۴	۳۷۵/۵	۹۱/۰	۰/۸۸	۵۲/۱	۱۶/۱
۵	ب-۴-۲*	۹۰	۱۹	۱۶/۸	۳۷۵/۶	۴۷/۳	۰/۸۸	۲۷/۱	۶۱/۹
۶	ب-۵	۶۲	۲۶	۱۵/۸	۳۶۱/۷	۷۴/۲	۰/۸۷	۴۰/۴	۳۹/۱
۷	ب-۶-۱**	۸۱	۱۴	۱۱/۱	۳۶۳	۵۵/۴	۰/۸۷	۳۰/۳	۳۶/۷
۸	ب-۶-۲**	۸۴/۵	۲۷	۲۲/۴	۳۶۳/۸	۷۱/۳	۰/۸۷	۳۹/۱	۵۷/۲
۹	ب-۷	۸۰	۲۶/۵	۲۰/۸	۳۸۸/۷	۶۸/۳	۰/۸۸	۴۰/۵	۵۱/۴
۱۰	ب-۸	۳۶	۱۸	۷/۴	۳۴۸/۳	۶۳/۵	۰/۸۳	۳۱/۸	۲۳/۳
۱۱	ب-۱۰	۱۲۴	۲۸/۵	۳۵/۲	۳۵۹/۵	۱۲۲/۶	۰/۸۵	۶۴/۹	۵۳/۴
۱۲	ب-۱۱	۵۳	۱۴	۷/۳	۳۹۲/۹	۳۳/۹	۰/۸۵	۱۹/۶	۳۷/۱

* ب-۴-۱ و ب-۴-۲ به ترتیب مربوط به سیستم آبیاری تحت فشار و چاه مزرعه ب-۴

** ب-۶-۱ و ب-۶-۲ به ترتیب مربوط به چاه ۱ و۲ مزرعه ب-۶



شکل ۱- رابطهٔ بازده مجموع انرژی و بار فشاری طی سال‌های ۸۷-۱۳۸٦

جدول ۷ - میزان اتلاف سوخت در ایستگاه‌های پمپاژ دیزلی مورد مطالعه بر اساس معیار نبراسکا

ردیف	کد	عملکرد (کیلو وات- ساعت بر لیتر)	درجه عملکرد نسبت به معیار نبراسکا	سوخت اضافی (لیتر بر ساعت)	ساعات کارکرد درسال	مقدار سوخت تلف شده (لیتر)
۱	د-۱	۱/۱۵	۰/۴۶	۴/۷	۴۰۹۴	۱۹۲۴۲
۲-۱	د-۲	۱/۷۹	۰/۷۲	۲/۶	۳۰۵	۷۸۶
۲-۲	د-۲	۱/۲۸	۰/۵۱	۵/۶		۱۷۱۳ *
۳	د-۳	۰/۶	۰/۲۴	۶/۶		۱۶۶۸۱ *
۴	د-۴	۱/۲۳	۰/۴۹	۲/۰		۸۹۹۵ *
۵	د-۵	۱/۳۵	۰/۵۴	۳/۸		۲۳۰۷۵ *
۶	د-۶	۱/۶۵	۰/۶۶	۲/۰		۱۳۷۲ **

* در سال ۱۳۸۷ از آمار مستخرج از پرسشنامه‌ها بر اساس کل مصرف گازوئیل هر سیستم در محاسبات استفاده شد.

** در این مزرعه سوخت در دو مرحله مستقیماً اندازه‌گیری شد.

جدول ۸ - میزان اتلاف سوخت در ایستگاه‌های پمپاژ برقی مورد مطالعه بر اساس معیار نبراسکا

ردیف	کد	عملکرد (کیلووات- ساعت بر کیلووات- ساعت)	درجه عملکرد نسبت به معیار نبراسکا	سوخت اضافی (کیلو وات)	ساعات کارکرد در سال (ساعت)	مقدار سوخت تلف شده (کیلو وات- ساعت)
۱	ب-۱	۰/۷	۰/۸۳	۶/۳	۲۱۰۰	۱۳۲۳۰
۲	ب-۲	۰/۹	۱/۰۲	-۰/۶	۴۰۰۰	-
۳	ب-۳	۰/۸	۰/۸۸	۸/۶	۵۵۰۰	۴۷۳۰۰
۴	ب-۴	۰/۲	۰/۲۴	۳۹/۶	-	۱۳۳۵۹۳ *
۵	ب-۵	۰/۵	۰/۵۸	۱۶/۹	-	۲۰۴۶۶ *
۶	ب-۶-۱	۰/۵	۰/۵۲	۱۴/۵	-	۳۴۵۲۷ *
۷	ب-۶-۲	۰/۷	۰/۸۱	۷/۵	-	۳۹۰۳۷ *
۸	ب-۷	۰/۷	۰/۷۷	۹/۴	-	۱۶۴۰۳ *
۹	ب-۸	۰/۳	۰/۳۰	۲۲/۳	-	۶۹۵۵۶ *
۱۰	ب-۱۰	۰/۷	۰/۸۱	۱۲/۴	-	۵۸۷۱۴ *
۱۱	ب-۱۱	۰/۵	۰/۵۵	۸/۸	-	۱۰۷۸۸ *

* در سال ۱۳۸۷ از آمار مستخرج از شرکت برق منطقه‌ای باختر کل برق هر سیستم یا چاه برای محاسبات استفاده شد.

جدول ۹- رابطهٔ بازده مجموع انرژی با فشار، دبی، و مصرف سوخت اضافی در ایستگاه‌های پمپاژ دیزلی و برقی

نوع ایستگاه	معادله	r^2	F
دیزلی+ برقی	$OPE = ۰/۷۶۹۶\times H + ۰/۵۸۵۳ \quad P\leq ۸۷/۵$ $OPE = ۵۶/۰ \quad P-۸۷/۵$	۰/۶۸۷	۸۸/۲۵۳***
دیزلی	$OPE = ۰/۴۹۳۳\times Q-۰/۴۲۵۲$	۰/۵۶۸۰	۶/۵۷۴*
برقی	$OPE = ۱/۲۰۲۸\times Q+۱۸/۲۰۹$	۰/۳۶۳۵	۵/۷۱۴*
دیزلی	$WF = -۰/۳۶۶۲\times OPE+۸/۵۶۳$	۰/۵۸۸۵	۷/۱۴۹*
برقی	$WF = -۰/۵۸۴۵\times OPE+ ۳۹/۲۴۱$	۰/۷۵۶۲	۲۷/۸۰۰**

OPE= بازده مجموع انرژی(درصد)، Q= دبی(لیتر برثانیه)، H= بار فشاری (متر)، WF= سوخت اضافی (کیلووات ساعت یا لیتر)

*** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱ درصد ،** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، و ،* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

مزرعهٔ ردیف ۱۶ جدول ۲، به دلیل وجود حالت خاص جداگانه بررسی شد. در این مزرعه ۳ چاه از ۴ چاه موجود به صورت شبکه با هم در حال کار بودند و ایستگاه پمپاژ مستقل نداشت. به دلیل اینکه شبکه شدن چاه‌ها و نیز اتصال آنها به سیستم آبیاری بارانی بدون مطالعه بوده است، اثر برهم‌کنش پمپ‌ها بر یکدیگر قابل بررسی نبود. عمق نصب پمپ در این سه چاه، با توجه به عمق لوله‌گذاری، با هم برابر و طبق اظهار مدیر مزرعه دبی چاه‌ها نیز یکسان بود، از این رو با توجه به اندازه‌گیری جداگانهٔ مصرف برق در هر یک از چاه‌ها، متوسط بازده مجموع انرژی در این مزرعه برابر ۲۰/۳ درصد به‌دست آمد.

در جدول ۱۰، بازده محاسبه شده در موتورهای برقی ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری بارانی که مستقیم به چاه وصل نیستند آورده شده است. در مزرعه ردیف ۵ جدول ۱۰ که پمپ چاه توربینی بود و از سیستم شافت و غلاف برای استحصال آب از چاه استفاده می‌شد نیز بازده الکتروموتور به دست آمد. در تمامی موارد محاسبه شده تعداد قطب‌های الکتروموتورها ۴، فرکانس ۵۰ هرتز، و سرعت سینکرون ۱۵۰۰ دور در دقیقه است. متوسط بازده الکتروموتورها بدون در نظر گرفتن و با در نظر گرفتن چاه مزرعه ردیف ۵ جدول ۱۰، به ترتیب ۹۲/۴ و ۹۲/۵ درصد به دست آمد که از معیار پمپاژ نبراسکا برای موتورهای الکتریکی (۸۸ درصد) بالاتر است. در تمامی موارد بازده الکتروموتورها بالای ۹۰ درصد است. بازده متوسط پمپ‌ها در این ۵ ایستگاه پمپاژ ۴۲/۲ درصد و با در نظر گرفتن پمپ چاه ۴۶/۹ درصد به دست آمد. بررسی جدول ۱۰ نشان می‌دهد دلیل اصلی پایین بودن بازده مجموع انرژی در این ۵ ایستگاه پایین بودن بازده پمپ است. در مزرعه ردیف ۴ این جدول، از پمپ توربینی برای سیستم آبیاری استفاده شده است (شکل ۲) که توان تولید شدهٔ آن بسیار بیشتر از مقدار مورد نیاز بود. بخشی از کاهش بازده به دلیل وجود جعبه‌دنده جهت انتقال نیروست. همانگونه که در عکس هم پیداست فقدان فونداسیون کاملاً صلب، مسطح، و تراز و استقرار نامناسب ایستگاه پمپاژ می‌تواند بر بازده مجموع انرژی مؤثر باشد (Anon, 1997).

جدول ۱۰- محاسبه بازده الکتروموتور در سیستم‌های آبیاری تحت فشار در ایستگاه‌های پمپاژ مستقل استان همدان

ردیف	کد	cosΦ	شدت جریان (آمپر)	ولتاژ (ولت)	توان (کیلو وات)	شدت جریان نامی (آمپر)	ولتاژ نامی (ولت)	توان نامی (کیلو وات)	روش شدت جریان	توان در شفت خروجی	بازده موتور (درصد)	بازده پمپ (درصد)
۱	ب-۲	۰/۸۸	۴۷/۶	۳۸۴/۵	۲۷/۹	۱۰۳	۳۸۰	۵۵	۴۶/۷۶	۲۵/۷۲	۹۲/۲	۷۴/۲
۲	ب-۷	۰/۸۸	۶۸/۳	۳۸۸/۷	۴۰/۵	۱۴۰	۳۸۰	۷۵	۴۹/۹۰	۳۷/۴۳	۹۲/۵	۵۵/۶
۳	ب-۸	۰/۸۷	۶۳/۵	۳۴۸/۳	۳۳/۳	۷۰/۴	۳۸۰	۳۷	۸۲/۶۷	۳۰/۵۹	۹۱/۸	۲۵/۴
۴	ب-۴-۱	۰/۸۸	۹۱/۰	۳۷۵/۵	۵۲/۱	۱۰۳	۳۸۰	۵۵	۸۷/۳۰	۴۸/۰۲	۹۲/۲	۱۷/۵
۵	ب-۴-۲	۰/۸۸	۴۷/۳	۳۷۵/۶	۲۷/۱	۱۳۹/۷	۳۸۰	۷۵	۳۳/۴۷	۲۵/۱۰	۹۲/۷	۶۶/۸
۶	ب-۵	۰/۸۷	۷۴/۲	۳۶۱/۷	۴۰/۴	۸۴/۲	۳۸۰	۴۵	۸۳/۸۸	۳۷/۴۵	۹۳/۳	۴۱/۹

شکل ۲- ایستگاه پمپاژ سیستم آبیاری بارانی

در بررسی حاضر متوسط بازده مجموع انرژی در ایستگاه‌های برقی استان همدان ۴۶/۶ درصد (۷۰/۶ درصد معیار نبراسکا) به دست آمد که از آنچه فیپز و نیل (Fippes & Neal, 1995) در تگزاس برای ایستگاه‌های برقی به دست آوردند (۴۲/۶ درصد)، حدود ۴ درصد بالاتر اما با گزارش چاوز و همکاران (Chávez *et al*., 2010) قابل مقایسه است که میانگین بازده موتور پمپ‌های الکتریکی را در آزمایش‌های مزرعه‌ای در ایالات مختلف آمریکا بین ۴۵ تا ۵۰ درصد گزارش داده‌اند. بازدهی پمپ ایستگاه از ۱۱ ایستگاه پمپاژ برقی مورد مطالعه، (یا ۹/۱ درصد آنها) با معیار پمپاژ نبراسکا بود. متوسط بازده ایستگاه‌های پمپاژ با موتورهای دیزلی ۱۲/۷ درصد (۵۲/۹ درصد معیار نبراسکا) به دست آمد که از آن مقدار که فیپز و نیل (Fippes & Neal, 1995) به دست آوردند (۱۸/۱ درصد) کمتر است. با تلفیق مزارع دارای ایستگاه پمپاژ دیزلی و برقی فقط ۱ مورد از ۱۷ مزرعه بررسی‌شده بازده (یعنی در ۵/۹ درصد مزارع) مجموع انرژی بالاتر از معیار پمپاژ نبراسکا است. در حالی‌که آزمایش‌های راجرز و عالم (Rogers & Alam, 1999) در ایالت نبراسکا نشان داد ۱۵ درصد ایستگاه‌های پمپاژ بالای معیار نبراسکا عمل می‌کنند. میانگین بازده موتورهای الکتریکی در استان همدان ۹۲/۴ درصد، از معیار پمپاژ نبراسکا بالاتر است.

میانگین بازده پمپ‌ها بدون در نظر گرفتن پمپ چاه مزرعه ردیف ۵ در جدول ۱۰ برابر ۴۲/۲ درصد به دست آمد. این اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد علت اصلی کاهش بازده مجموع در ایستگاه‌های پمپاژ الکتریکی، پایین بودن بازده پمپ‌ها به دلیل انتخاب اشتباه پمپ یا واحد توان است. راجرز و بلک (Rogers & Black, 1993) و چاوز و همکاران (Chávez *et al*., 2010) نیز انتخاب اشتباه واحد تولید توان و تنظیم نبودن یا انتخاب اشتباه پمپ را بر کاهش بازده ایستگاه‌های پمپاژ موثر دانستند. استهلاک موتور نیز از دیگر علل کاهش بازده مصرف انرژی است. تنظیم نبودن درست پمپ یا مستهلک بودن آن نیز بر بازده مصرف انرژی تأثیر منفی داشته است.

همانگونه که بررسی‌ها نشان داد به ازای هر لیتر در ثانیه افزایش آبدهی در ایستگاه‌های پمپاژ دیزلی و برقی به ترتیب حدود ۰/۵ و ۱/۲ درصد به بازده مجموع انرژی افزوده می‌شود، همچنین با افزایش هر متر به فشار تولید شده توسط پمپ ۰/۵ درصد بازده مجموع انرژی افزایش می‌یابد. این اعداد نشان می‌دهند ظرفیت پمپ‌های انتخابی بیش از میزان مورد نیاز است و پمپ با ظرفیتی کمتر از ظرفیت طراحی شده کار می‌کند. فیپز و نیل (Fippes & Neal, 1995) هم عامل اصلی پایین بودن بازده انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری را بزرگ بودن ظرفیت ایستگاه پمپاژ نسبت به مقدار مورد نیاز می‌دانند. هیل (Hill, 1999) نیز یکی از راه‌کارهای کاهش مصرف انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ را مدیریت مقدار جریان پمپاژ می‌داند بدین معنی که پمپ در ۸۰ درصد یا بالاتر از ظرفیت طراحی شده به کار رود، نصب اشتباه ایستگاه پمپاژ به صورتی که موتور و پمپ ثبات و استقرار لازم را نداشته باشد از دیگر علت‌های کاهش بازده مصرف انرژی است. امین و سپاسخواه (Amin & Sepaskha, 1996) نیز در مطالعه‌ای در استان فارس از مؤثرترین عوامل اتلاف انرژی، فرسوده بودن موتورها، پمپ‌ها و اتصالات، و استفاده نکردن از حداکثر توان موتور می‌دانند. در این مطالعه بازده مجموع انرژی در الکتروپمپ‌ها ۳/۶ برابر موتور پمپ‌های دیزلی به دست آمد. تحلیل نتایج فیپز و نیل (Fippes & Neal, 1995) نشان می‌دهد میانگین بازده مجموع انرژی الکتروپمپ‌ها در تگزاس ۲/۴ برابر موتور پمپ‌های دیزلی است. بر اساس بازده‌های مورد انتظار در معیار نبراسکا، این نسبت ۲/۸ برابر است (جدول ۴). مقایسه این عددها نشان می‌دهد بازده انرژی در موتور پمپ‌های دیزلی در استان همدان بسیار پایین است. امین و سپاسخواه (Amin & Sepaskha, 1996) نیز در مطالعه‌ای خود به این نتیجه رسیدند که بازده موتورهای برقی بیشتر از بازده موتورهای دیزلی است.

در این مطالعه مقدار هدر رفت انرژی در موتورهای پمپ‌های گازوئیلی و برقی به ترتیب ۱۱۵/۴ و ۶۰/۵ درصد مقدار مورد نیاز بر اساس معیار نبراسکا و به طور مجموع در این دو نوع ایستگاه، مقدار هدر رفت انرژی ۷۰/۱ درصد مقدار مورد نیاز به دست آمد. راجرز و بلک (Rogers & Black, 1993) مقدار اضافی مصرف سوخت را در ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری ایالت کانزاس به طور متوسط را ۴۰ درصد گزارش داده‌اند.

بازده پمپ‌ها در ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری برقی ۴۶/۹ درصد به دست آمد که با ۴۷/۹ درصد به دست آمده در تحقیقات فیپز و نیل (Fippes & Neal, 1995) قابل مقایسه است.

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، به دلیل نبود معیارهای مناسب با شرایط ایران مجبور به استفاده از معیار ایستگاه پمپاژ نبراسکا شده‌ایم. هم اکنون وزرات نیرو برای هر یک از صنایع نظیر سیمان، قند،... معیارهایی مشخص کرده است (Anon, 2006b) در حالی که هر یک از این صنایع

بـه تنهـایی کمتـر از بخـش کـشاورزی و آبیـاری انـرژی مصرف می‌کنند. با توجه به اینکه مصرف انرژی در بخش کشاورزی و به ویژه آبیاری رو بـه افـزایش اسـت بایـد بـا همکاری وزارت نیرو معیارهای مناسب بـا شـرایط کـشور تعیین شود.

بهتـر اسـت بهـره‌بـرداران ظرفیـت موتـور و پمـپ سیستم‌های خود را متناسب با ظرفیـت آبـدهی سیـستم انتخاب کنند. نامتناسب بودن سیستم پمپاژ بـا ظرفیـت مورد نیاز نه تنها باعث افزایش تلفات انرژی می‌شود بلکـه در ایستگاه‌های برقی خـاموش و روشـن کـردن سیـستم ضمن بالابردن استهلاک تجهیزات، بر شبکه برق وارد بـار منفی می‌کند و ضمن افزودن بـار مجـازی روی شـبکه و بـــه بار آوردن زیان‌های اقتصادی در سطح ملـی باعـــث افزایش مصرف برق و هزینهٔ آن می‌شود.

تعرفـه‌هـای انـرژی در بخـش کـشاورزی نیازمنـد اصلاحات است. بـه ایـن منظـور حـذف تـدریجی یارانـه انرژی در کنار پرداخـت یارانـه بـرای نوسـازی، تعمیـر، و نگهداری به منظور توجیه پذیر کردن ارتقای بازده مصرف انرژی ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری لازم است.

نتایج تحقیق حاضر بـر مفیـد بـودن سیاسـت برقـی کردن چاه‌ها و ایستگاه‌های پمپـاژ آبیـاری بـرای افـزایش بازده مصرف و صرفه جویی انرژی تاکید می‌کند.

در طراحی و اجرای سیستم‌های آبیاری تحـت فـشار (بارانی یا قطره‌ای) برای انتخاب پمپ و موتور متناسب بـا ظرفیت و فشار سیستم، نظارت جدی ضرورت دارد.

آمـوزش و تـرویج نـصب، نگهـداری، و بهـره‌بـرداری صحیح از ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری برای بهـره‌بـرداران از دیگر پیشنهادهایی است که لازم است به آن توجه شـود.

مراجع

Amin, S. and Sepaskha, A. 1996. Investigation irrigation pumping plant energy waste in fields around the Shiraz. No:71-Ag-755-414. Shiraz University. (in Farsi)

Anon. 1997. Energy Use and Conservation. In: National Engineering Handbook: Irrigation Guide. USDA.

Anon. 2004. Design criteria for pressurized irrigation systems. Deputy of Governmental Programming and Management. Standard No. 286/242. (in Farsi)

Anon. 2006a. Unpublished Data. Deputy of Hamedan Jihad-e-Agriculture. (in Farsi)

Anon. 2006b. 2005 Energy Budget. Ministry of Energy. Tehran. (in Farsi)

Anon. 2007. Fact Sheet: Determining Motor Load and Efficiency. Developed as part of: Motor Challenge, a program of US DOE. US Department of Energy (US DOE). http/www.eere.energy.gov/industry/ bestpractices/pdfs/10097517.pdf.

Anon. 2008. Unpublished Data. Deputy of Hamedan Jihad-e-Agriculture. (in Farsi)

Anon. 2009. WQT03- Irrigation Pumping Plant Evaluation.

Ardkanian, R. 2005. Water resources of Iran: challenge and methods. In Proceedings of 2nd Conference on Confronting Methods of Natural Resources. June 11-12. The Academy of Sciences Islamic Republic of Iran. Tehran. (in Farsi)

Bartlett, J. E., Kotr lik, J. W. and Higgins, C. C. 2001. Organizational Research: Determining Appropriate Sample Size in Survey Research. Information Technology, Learning, and Performance J. 19(1): 43-50.

Chávez, J. L., Reich, D., Loftis, J. C. and Miles, D. L. 2010. Irrigation pumping plant efficiency. Colorado State University Cooperative. Extension. No.4. 712.

Dron, T. W. 2004. Pumping Plant Efficiency How Much Extra Are You Paying? Central Plains Irrigation Conference Proceedings. University of Nebraska.

Fippes, G. and Neal, B. 1995. Texas irrigation pumping plant efficiency testing program. Department of Agricultural Engineering. Texas Agricultural Extension Service. College Station. TX.

Harrison, K. and Skinner, R. E. 2009. Irrigation Pumping Plants and Energy Use. Bulletin 837. Cooperative Extension. The University of Georgia.

Hashemi, M. 2005. Proper methods for confronting energy waste in country (Iran). In Proceedings of 2nd Conference on Confronting Methods of Natural Resources. June 11-12. The Academy of Sciences Islamic Republic of Iran. Tehran. (in Farsi)

Hill, R. 1999. Energy conservation with irrigation water management. Utah State University Extension.

Hsu, J. S., Kueck, J. D., Olszewski, M., Caasada, D. A., Otaduy, P. J. and Tolbert, L. M. 1998. Comparison of induction motor field efficiency evaluation methods. IEEE Trans. Industry Applic. 34(1):117-125.

Jafari, A. M. and Rezvani, S. M. 2002. Proper methods for confronting with water critical in Hamedan province. Governmental Programming and Management Deputy of Hamedan. (in Farsi)

New, L. L. 1986. Pumping plant efficiency and irrigation costs. Pub No. L-2218. Department of Agricultural Engineering. Texas Agricultural Extension Service. College Station. TX.

New, L. L. and Schneider, A. D. 1988. Irrigation pumping plant Efficiencies-High Plains and Trans-Pecos Areas of Texas. Pub No. MP-1643. Department of Agricultural Engineering. Texas Agricultural Extension Service. College Station. TX.

Rogers, D. H. and Alam, M. 1999. Comparing irrigation energy costs. Irrigation Management Series. No. MF-2360. Kansas State University.

Rogers, D. H. and Black, R. D. 1993. Evaluating pumping plant efficiency using on-farm fuel Bills. Irrigaion Management Series. No. L-885. Kansas State University.

Schneider A. D. and New, L. L. 1986. Engine Efficiencies in Irrigation Pumping From Wells. Trans. ASAE. 29(4):1043-1046.

Smajstrla, A. G., Harrison, D. S., Stanley, J. M. and Haman, D. Z. 2005. Evaluating irrigation pumping systems. Agricultural Engineering Department. Fact Sheet AE-24. University of Florida. Gainesville.

Tripathi, R. C. 2007. Sample Survey Theory and Methods with Applications: Chapter 2. The University of Texas. http://faculty.business.utsa.edu/rtripath/STA5313/Chapter2/Lecture2_2.pdf

Weddington, J. and Canessa, P. 2006. Diesel pump tester resource manual. Center for Irrigation Technology. College of Agricultural and Technology. California Stat University. Fresno.

Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.11/No.4/2011/P: 19-34

Efficiency and Energy Consumption in Sprinkler Irrigation Pumping Plants in Some Fields in Hamadan Province

S. Rezvani*, A. Jafari and S. Amin

* Corresponding Author: Academic Member, Agricultural Engineering Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center, P. O. Box: 887, Hamedan, Iran. E-mail: moin.rezvani@gmail.com

Pressurized irrigation is a recent development that consumes more energy for the pressure produced. In this study, energy consumption, waste and efficiency were investigated at a diesel and electrical sprinkler irrigation pumping plant in some fields in Hamadan province during 2007-8. Nebraska performance criteria (NPC) were used to compare sprinkler irrigation pumping plant performance. The results showed that the average overall energy efficiency for 17 fields for the electrical pumping plants was 46.6% (70.6% NPC) and 12.7% for the diesel pumping plants (52.9% NPC). Average fuel wastage for the diesel and electrical pumping plants was 3.9 l diesel per h and 12.1 kWh, respectively. The average electromotor and pump efficiency were 92.4% and 42.2%, respectively, at the sprinkler irrigation pumping plant that did not connect directly to a well. Only the average electromotor efficiency was greater than the NPC. Factors affecting the overall energy efficiency reduction were improper pump or motor size, a worn-out pump or motor, and incorrect installation of a pump or motor.

Key Words: Energy Wastes, Nebraska Performance Criteria, Overall Energy Efficiency, Pumping Plant, Sprinkler Irrigation