بررسی راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی درایستگاه های پمپاژآب آشامیدنی روستاهای بخش مرکزی شهرستان خرم آباد در سال ۱۳۹۶

ولی محمدی اصل: دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی لرستان ،خرم آباد،ایران
Vmaamir82@gmail.com
علی جعفری: استادیار ،گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و تغذیه ،دانشگاه علوم پزشکی لرستان ،خرم آباد، ایران
jafari_a99@yahoo.com
محمد امین کرمی: استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و تغذیه ،دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم آباد، ایران
Karami.mohammadamin@yahoo.com
بهرام کمره ئی: دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و تغذیه ،دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم آباد، ایران (*نویسنده مسئول)b.kamarehie@gmail.com

چکیده:

زمینه و هدف: ایستگاه های پمپاژ آب درصد بالایی از مصرف انرژی را به خود اختصاص می دهند. بنابر این بهینه سازی و کاهش مصرف انرژی از اهمیت بالایی برخوردار است. مطالعه حاضر با هدف بررسی راهکارهای بهینه سازی و کاهش مصرف انرژی و هزینه برق مصرفی، در ایستگاه های پمپاژ آب آشامیدنی روستاهای بخش مرکزی شهرستان خرم آباد در سال ۱۳۹۶ انجام شد.

روش کار: در این مطالعه، ۱۰ چاه و ایستگاه از مجموع ۴۸ چاه و ایستگاه پمپاژ بخش مرکزی خرم آباد به صورت تصادفی انتخاب شدند. متغیر های بررسی شده شامل: میزان مصرف انرژی، شدت مصرف انرژی، تاثیر خازن در مصرف انرژی، دیماند مورد نیاز، مهندسی مجدد الکترو پمپ ها و تعیین حجم مخازن مورد نیاز بودند، که به منظور مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

یافته ها: نتایج نشان داد با نصب خازن در ده ایستگاه انتخابی، ۱۴/۹ درصد در مصرف برق صرفه جویی به عمل می آید. خاموشی پمپ ها در ساعات اوج بار نیز منجر به کاهش ۲۲ درصدی در مصرف برق شدد. از ۱۰ ایستگاه پمپاژ مورد نظر، ۴ ایستگاه نیاز به مهندسی مجدد داشتند و تعویض آنها باعث بهینه شدن راندمان و صرفه جویی۱۴/۴۷ درصد در مصرف برق خواهد شد. همچنین کاهش دیماند قرارداد ها در ۴ ایستگاه باعث صرفه جویی ۱۴/۷۷ درصدی در مصرف انرژی خواهد شد. اگر هم زمان چهار عامل فوق را در برخی ایستگاه ها اعمال شود حدود ۴۶ درصد در مصرف انرژی صرفه جویی خواهد شد.

نتیجه گیری: نتیجه این مطالعه می تواند در اصلاح سیستم و صرفه جویی در مصرف انرژی در شرکت های آب و فاضلاب و سایر سازمان های مرتبط مفید واقع شود

واژه های کلیدی: مصرف انرژی، خازن، مهندسی مجدد، ایستگاه پمپاژ، خرم آباد

مقدمه:

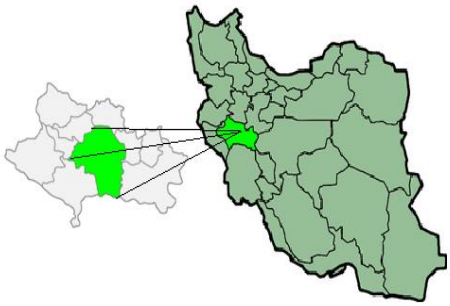
افزایش جمعیت، توسعه شهر نشینی، توسعه صنعتی و گسترش کشاورزی از جمله عواملی است که سبب افزایش مصرف انرژی در بخش های مختلف شده است. هزینه بالا و محدود بودن منابع انرژی، ضرورت مدیریت و مصرف بهینه انرژی در بخش های مختلف را ایجاب می کند (۱). نتیجه مطالعات مختلف نشان می دهد که ۲ تا ۳ درصد کل مصرف انرژی جهان مربوط به سیستم های تامین آب می باشد که از این مقدار ۸۰ تا ۹۰ درصد آن در ایستگاههای پمپاژ مصرف می شود(۳و۲). مصرف بالای انرژی در ایستگاه های پمپاژ، سبب شده است تا بهینه سازی مصرف و به دنبال آن کاهش مصرف انرژی از اهمیت ویژه ای برخوردار باشد(۴-۷). عوامل زیادی بر عملکرد ایستگاه های پمپاژ و میزان انرژی مصرفی آن تاثیر گذار هستند، که از جمله این عوامل می توان به اعمال ضریب اطمینان بالا در خرید امتیاز برق و در نتیجه هزینه های بالای اضافه پرداخت دیماند، عدم نصب خازن و در نتیجه افزایش توان و هزینه راکتیو، تغییر سطوح هیدرولیکی چاه ها به دلایل مختلف، فرسوده شدن الکترو پمپ ها و تغییر نقطه کار آنها، همچنین عدم هماهنگی و برنامه ریزی برای تغییر ساعات کار الکترو پمپ ها از اوج بار به کم باری و یا میان باری اشاره کرد (۷،۸ ، ۹). در رابطه با مصرف انرژی در ایستگاههای پمپاژ مطالعاتی در ایران انجام شده است که از میان آنها می توان به موارد زیر اشاره کرد. محمدی و همکاران در سال ۱۳۸۹در زمینه بررسی مهندسی مجدد یکی از ایستگاه های پمپاژ آب مشهد مطالعه ای را انجام دادند (۷). واحدیان و همکاران در سال ۱۳۹۲ اثر نصب خازن و کاهش توان راکتیو در چاه های پمپاژ آب کشاورزی استان کرمان را بررسی کردند. در این مطالعه مسیر مصرف انرژی مطالعه شد. نتیجه مطالعه آنها صرفه جویی چشمگیری را در مصرف نشان داد (۱۰). فیروز آبادی در سال ۱۳۹۵ مطالعه را در رابطه با بازده، میزان انرژی مصرفی و کارایی مصرف آب در ایستگاههای پمپاژ همدان انجام داد. در این مطالعه برای مقایسه عملکرد ایستگاههای پمپاژ آبیاری، معیار پمپاژ نبراسکا به کار برده شد. نتیجه این مطالعه نشان داد که میزان راندمان کل از ۱۶/۷ تا ۶۵/۸ درصد متغیر بود. متوسط راندمان کل و انرژی تلف شده در ایستگاههای پمپاژ برقی به ترتیب ۴۹/۸ درصد و ۸/۷ کیلووات در ساعت محاسبه شد(۱۱).

هزینه برق مصرفی در پروژه های آبرسانی و فاضلاب سهم اساسی دارد. به طوری که این سهم در تصفیه خانه فاضلاب ۲۵ تا ۴۰ درصد هزینه بهره برداری و راهبری فرآیند تصفیه برآورد شده است (۱۲). بر اساس منحنی های مصرف آب و انرژی، زمان های مصرف آب و برق تقریبا در یک بازه زمانی هستند. این حقیقت، نیاز به بازنگری در تغییر ساعات مصرف برق برای استحصال آب در جهت کاهش مصرف برق بر اساس جداول زمانی مصارف اوج بار مطابق با بخشنامه های وزارت نیرو را دو چندان می کند. از طرفی عدم قیمت ثابت برق مصرفی در ساعات مختلف شبانه روز و قیمت گذاری پویا می تواند در تغییر الگوی مصرف به منظور انتقال مصرف از ساعات اوج بار به ساعات غیر اوج بار و کاهش هزینه ها نقش مثبتی ایفا نماید(۱۳). بر اساس مطالعات انجام شده مصرف سرانه برق در ایران چند برابر سرانه بین مللی است و این مصرف در صنعت آب و برق هم صادق و بیش از میانگین جهانی است به طوریکه سالانه هزینه بالایی را بابت مصرف برق بر شرکت های متولی تحمیل می کند. لذا کاهش و بهینه سازی مصرف انرژی در ایستگاه های پمپاژ آب برای شرکت های آب و فاضلاب شهری و روستایی به عنوان متولیان و بهره برداران این اهیمت بسزایی دارد(۱، ۷). هدف از انجام این مطالعه بررسی راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی درایستگاه های پمپاژآب آشامیدنی روستاهای بخش مرکزی شهرستان خرم آباد در سال ۱۳۹۶ می باشد.

مواد و روش ها

- **منطقه طرح**

شهرستان خرم آباد مرکز استان لرستان و در فاصله ۴۹۰ کیلومتری از تهران قرار دارد. موقعیت جغرافیایی خرم آباد ۳۳و°۴۸شمالی ۴۸ و °۳۵ شرقی می باشد. بر اساس سرشماری مرکز آمار ایران، جمعیت شهرستان خرم‌آباد در سال ۱۳۹۵ برابر ۱۲۸۶۸۰ خانوار و ۵۰۶ هزار و ۴۷۱ نفر بوده که ۲۸/۷ درصد جمعیت استان لرستان را شامل می‌شود. شهرستان خرم‌آباد، پرجمعیت‌ترین شهرستان استان لرستان محسوب می شود. جمعیت بخش مرکزی خرم آباد ۲۳۶۴۲ خانوار و ۸۷۱۲۱ نفر برآورد شده است. ۶۶ درصد جمعیت روستایی شهرستان خرم آباد در بخش مرکزی زندگی می کنند. تعداد چاه و ایستگاه پمپاژ تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب روستایی خرم آباد ۱۱۲ حلقه می باشد که ۴۸ حلقه آن در بخش مرکزی قرار دارد. شکل شماره ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.



شکل شماره ۱- موقعیت شهرستان خرم آباد و محدوده مورد مطالعه

- **روش اجرا**

در این مطالعه تعداد ۱۰ ایستگاه پمپاژ از بین ۴۸ ایستگاه پمپاژ چاه آب آشامیدنی روستایی با الکترو پمپ هایی با قدرت های متفاوت، دارای تابلوی برق کنتاکتوری و فاقد خازن در نقاط مختلف بخش مرکزی بصورت تصادفی انتخاب شدند (جدول ۱). سپس خازن هایی در تابلوهای برق این۱۰ ایستگاه پمپاژ نصب شد. خازن ها المان هایی هستند که می توانند مقدار الکتریسیته را به صورت یک میدان الکترواستاتیک در خود ذخیره کنند و پس از مدتی آن را آزاد نمایند. خازن مصرف کننده انرژی نمی باشد و طبق فرمول شماره ۱ انرژی را در خود ذخیره می نماید.

فرمول شماره (۱) $W=1/2C(V)2$

Wبر حسب ژول، Vولتاژ خط وC واحد خازن برحسب فاراد می باشد. نصب خازن باعث می شود قسمتی از بار راکتیو مورد نیاز به مراتب تولید شود و در نهایت توان عبوری از مسیر کاهش یابد و در نتیجه تلفات راکتیو و پیرو آن تلفات کل سیستم کاهش یابد(۶).

جدول (۱): مشخصات چاه ها و ایستگاه ها برای نصب خازن

ردیف	نام ایستگاه	شماره اشتراک برق	قدرت ترانس برق kva	قدرت الکتروپمپ KW	تاریخ نصب خازن	قدرت خازن kvar	جریان قبل از نصب خازن			جریان بعد از نصب خازن		
							L1	L2	L3	L1	L2	L3
۱	مجتمع گیلوران	۴۵۵۷۵	۱۰۰	۴۵/۵	۹۵/۱۱/۱۲	۲۰	۹۶	۱۰۵	۱۰۰	۷۵	۹۰	۸۵
۲	مجتمع تلوری سفلی	۲۱۶۰۹	۳۱۵	۷۳/۵	۹۵/۱۱/۱۵	۴۰	۱۵۴	۱۴۵	۱۵۰	۱۳۴	۱۲۵	۱۳۰
۳	مجتمع سرخه لیزه (چاه)	۵۳۷۸۳	۵۰	۱۸/۵	۹۶/۴/۲۰	۱۰	۳۶/۲	۳۶	۳۶	۲۸/۳	۲۷/۶	۲۷/۸
۴	مجتمع سرخه لیزه	۵۳۷۸۳	۵۰	۹/۲	۹۶/۴/۲۰	۱۰	۳۴	۳۴/۸	۳۵/۳	۲۶	۲۶/۷	۲۷/۵
۵	شاهزاده عبداله	۵۴۶۴۳	۱۰۰	۳۰	۹۶/۴/۲۰	۳۰	۶۱	۶۲	۶۲,۵	۵۴	۵۳	۵۱/۵
۶	سالی بزرگ	۵۱۰۹۲	۱۰۰	۳۰	۹۶/۵/۱۰	۱۰	۴۳	۴۳	۴۴	۳۷	۳۷	۳۸
۷	دیناروند	۵۳۷۸۲	۵۰	۳۰	۹۶/۵/۱۸	۳۰	۶۶	۶۵/۷	۶۴	۵۶/۸	۵۷	۵۵/۵
۸	مدبه	۴۶۶۲۹	۱۰۰	۳۰	۹۶/۵/۱۹	۱۰	۳۷	۳۶	۳۵/۵	۲۹	۲۸/۲	۲۷
۹	دارایی	۵۵۰۵۲	۱۰۰	۶۲/۵	۹۶/۵/۳۱	۴۰	۱۴۴	۱۴۳	۱۴۲	۱۱۹	۱۲۳	۱۲۴
۱۰	ده محسن	۲۴۶۶۸	۵۰	۳۷	۹۶/۶/۲۹	۲۰	۸۰	۷۹	۷۸	۷۰	۶۹	۶۹

مطالعات تجربی

هم زمان فرآیند مهندسی مجدد الکتروپمپ ها با برداشت مسیر خطوط پمپاژ و تعیین سطح استاتیک و دینامیک چاه ها و طراحی نرم افزاری و همچنین بررسی ساعات کار پمپ ها انجام شد. مسیر خطوط پمپاژ با استفاده از GPS دستی (eTrex 10, Garmin Taiwan GPS) برداشت شد. جهت اندازه گیری ارتفاع استاتیک و دینامیک چاه ها از دستگاه سطح سنج استفاده شد و از نرم افزارهای Mapsource، Auto cad (ورژن ۲۰۱۸)، Google Earthو Water Gems (V8i) برای محاسبات مهندسی مجدد استفاده شد. علاوه بر این در مطالعه حاضر اثر خاموشی پمپ های ایستگاه پمپاژ در ساعات اوج مصرف بر میزان مصرف برق بررسی شد. بر اساس مصوبات وزارت نیرو به عنوان متولی آب و برق کشور، ساعات اوج بار در تابستان ۱۳ تا ۱۷ عصر تعیین و ساعات میان باری (۷ تا ۱۳ و ۱۷ تا ۲۳) و ساعات کم باری یعنی (۲۳ تا ۷) در نظر گرفته شد (۹).

اثر دیماند قرارداد

دیماند در صنعت برق، مقدار قدرتی است که از اداره برق خریداری شده و تجهیزات نصب شده حداکثر این مقدار توان الکتریکی را می توانند به مصرف کننده ارائه دهند. برای راه اندازی ایستگاه پمپاژ با توجه به نوع پمپ و تابلو برق و روشنایی مورد نیاز، درخواست قدرت مورد نیاز به اداره برق داده می شود که این مقدار به اندازه قدرت مورد نیاز همراه با ۱۰ درصد اضافه برای ضریب اطمینان می باشد. در صورتیکه قبلا قدرت خریداری شده زیاد باشد و در حال حاضر به مقدارقدرت کمتری نیاز باشد با درخواست کتبی به اداره برق مربوطه قدرت مورد نیاز را کاهش می دهند. این عمل خرید امتیاز برق با توجه به نیاز یا بررسی مجدد دیماند قرارداد نامیده می شود. از آنجا که بهره برداری ایستگاه ها با دیماند مازاد هزینه اضافی بر سیستم تحمیل می کند، بنابراین اثر کاهش این پارامتر در مصرف انرژی ایستگاههای پمپاژ مورد بررسی قرار گرفت.

یافته ها

تاثیر نصب مخازن

بر اساس نتایج نشان ارائه شده در جدول ۲، با نصب خازن در تابلو برق حدودا ۱۴/۹درصد در مصرف انرژی برق صرفه جویی شده است.

تاثیر خاموشی پمپ ها در ساعات اوج مصرف

همانگونه که جدول ۳ نشان می دهد در صورت خاموشی پمپ ها در ساعات اوج بار در این ده ایستگاه و تغییر ساعت به میان باری، ۲۲ درصد در مصرف برق صرفه جویی می شود که معادل ۱۰/۷۳۳/۵۸۰ ریال در هر ماه می باشد.

تاثیر اضافه دیماند خریدرای شده

جدول ۴ تاثیر اضافه دیماند خریداری شده نسبت به قدرت مورد نیاز و اثر آن روی هزینه پرداختی بابت اضافه دیماند را نشان می دهد. نتایج نشان داد که از ۱۰ ایستگاه، چهار ایستگاه (گیلوران، شاهزاده عبداله، سالی بزرگ، مدبه) دارای دیماند اضافه بودند که با اصلاح آنها می توان ۱۴/۷۷ درصد در هزینه های برق این ایستگاه ها صرفه جویی داشت.

تاثیر مهندسی مجدد الکتروپمپ ها

در جدول ۵ و ۶ نتایج حاصل از بررسی مهندسی مجدد الکترو پمپ ها با توجه به شرایط بهره برداری ارائه شده است. نتایج نشان داد که در مجموع ۴ ایستگاه از ۱۰ ایستگاه نیاز به مهندسی مجدد داشتند که با نصب الکترو پمپ های جدید و صرف هزینه ای حدود ۶۵۰ میلیون ریال در این چهار ایستگاه، حدودا ۱۴/۴۷ درصد در مصرف انرژی صرفه جویی خواهد شد که معادل ۱/۳۳۳/۸۰۰ ریال در هر ماه و ۱۶/۰۰۵/۶۰۰ ریال در سال می باشد. امامی خوانساری و همکاران در مطالعه خود نتایج مشابهی بدست آوردند(۲۰).

تاثیر همزمان عوامل بر مقدار صرفه جویی

مطابق نتایج نشان داده شده در جداول ۷ و ۸، اگر هم زمان هر چهار فاکتور فوق (نصب خازن، دیماند مناسب، مهندسی مجدد و خاموشی پمپ ها در ساعات اوج مصرف) در یک فرآیند پمپاژ به کار گرفته شوند می توان انتظار داشت هزینه انرژی مصرفی به میزان قابل توجهی کاهش یابد بطوریکه در برخی ایستگاه ها به ۴۶ درصد خواهد رسید. کل مبلغ صرفه جویی سالانه حدود ۲۴۵۷۸۰۹۵۲ ریال برآورد شد(جدول ۸) که در طول دوره طرح ۲۰-۲۵ ساله تاسیسات مبلغ چشم گیری خواهد شد.

جدول ۲- درصد صرفه جویی در بهای برق مصرفی پس از نصب خازن

ردیف	نام ایستگاه	شماره اشتراک برق	بهای مصرف راکتیو قبل از نصب خازن(ریال)*	مبلغ دوره (ریال)	درصد صرفه جویی هزینه
۱	مجتمع گیلوران	۴۵۵۷۵	۷۰۸۷۰۰	۸۲۹۰۱۰۴	۸/۵۵
۲	مجتمع تلوری سفلی	۲۱۶۰۹	۳۲۸۴۸۷	۲۱۸۹۹۱۰	۱۵
۳	مجتمع سرخه لیزه ۱	۵۳۷۸۳	۷۶۰۲۰۱	۴۵۶۳۵۱۹	۱۶/۷
۴	مجتمع سرخه لیزه ۲	۵۳۷۸۳	۸۸۶۷۹۰	۵۶۴۹۸۶۰	۱۵/۷
۵	شاهزاده عبداله	۵۴۶۴۳	۵۱۹۹۴۵	۲۰۶۸۰۴۰	۲۵/۱
۶	سالی بزرگ	۵۱۰۹۲	۴۲۹۲۴۲	۳۲۶۹۴۲۸	۱۳/۱
۷	دیناروند	۵۳۷۸۲	۲۳۷۱۷۷	۱۵۸۱۱۸۳	۱۵
۸	مدبه	۴۶۶۲۹	۳۳۹۵۱۸	۲۵۳۹۱۱۸	۱۵
۹	دارایی	۵۵۰۵۲	۱۴۶۷۷۷۲	۱۰۵۱۵۲۰۷	۱۴
۱۰	ده محسن	۲۴۶۶۸	۳۵۱۲۳۷	۳۲۱۹۸۳۳	۱۰/۹
	جمع	-	۶۰۲۹۰۶۹	۴۳۸۸۶۲۰۲	۱۴/۹

جدول ۳. اثر تغییر ساعات پمپاژ از اوج بار ساعت به میان باری و یا کم باری

نام ایستگاه و شماره اشتراک	هزینه ماگزیمم ماهانه مصرف یک ساله (بهای دوره به ریال) مرداد ماه	تولید در شبانه روز (متر مکعب)	حجم مخازن موجود مترمکعب	حجم مخزن مورد نیاز	هزینه کارکرد در ساعت اوج بار در ماه ۴۶۸- ریال	صرفه جویی ناشی از کارکرد در ساعت میان باری- ۲۳۴ ریال	صرفه جویی در صورت تغییر ساعات کاری به کم باری- ۱۱۷ ریال	درصد صرفه جویی میان باری	درصد صرفه جویی کم باری ۱۱۷ ریال
گیلوران	۴۱۹۸۱۷۳	۲۰۵۲	۲۰۰	۱۵۰	۲۹۲۰۳۲۰	۱۴۶۰۱۶۰	۲۱۹۰۲۴۰	۳۵	۵۲
تلوری	۹۵۳۸۳۰۸	۱۹۴۴	۷۰۰	۱۰۰	۴۸۲۹۷۶۰	۲۴۱۴۸۸۰	۳۶۲۲۳۲۰	۲۵	۳۸
سرخه لیزه ۱	۴۵۱۵۸۴۶	۳۸۹	۵۰	۵۰	۱۴۰۴۰۰۰	۷۰۲۰۰۰	۱۰۵۳۰۰۰	۱۶	۲۳
سرخه لیزه ۲		پمپاژ مجدد	۵۰	۵۰	۶۱۷۷۶۰	۳۰۸۸۸۰	۴۶۳۳۲۰	۷	۱۰

شاهزاده عبداله*	۲۰۰۱۳۲۹	-	۲۰۰	۱۰۰	-	-	-	-	-
سالی بزرگ	۲۹۹۰۱۴۹	۲۱۶	۱۰۰	۵۰	۱۶۸۴۸۰۰	۸۴۲۴۰۰	۱۲۶۳۶۰۰	۲۸	۴۲
دیناروند*	۲۴۴۲۰۳۹	۵۱۸	۱۵۰	۱۰۰	۱۷۲۶۹۲۰	۸۶۳۴۶۰	۱۲۹۵۱۹۰	۳۱	۵۳
مدبه	۲۰۸۱۸۹۱	۷۲	۵۰	۰	۱۲۶۳۶۰۰	۶۳۱۸۰۰	۹۴۷۷۰۰	۳۰	۴۶
دارایی	۱۰۵۱۵۲۰۷	۱۵۸۸	۲۰۰	۳۰۰	۴۸۲۹۷۶۰	۲۴۱۴۸۸۰	۳۶۲۲۳۲۰	۲۳	۳۴
ده محسن	۴۳۰۳۲۶۲	۱۱۵۲	۵۰	۱۰۰۰	۲۱۹۰۲۴۰	۱۰۹۵۱۲۰	۱۴۳۷۳۴۵	۲۵	۳۸
جمع کل	۳۸۰۶۵۹۶۶	۷۴۶۰		۱۹۰۰	۲۱۴۶۷۱۶۰	۱۰۷۳۳۵۸۰	۱۶۱۰۰۳۷۰	۲۲	۴۲

جدول ۴. اثر بررسی مجدد دیماند خریداری شده در انرژی مصرفی

ردیف	نام ایستگاه	قدرت ترانس کیلو kvaبرق ولت آمپر	دیماند قرارداد خریداری شدهkw	قدرت مورد نیاز kw	اضافه دیماند kw	مبلغ بهای قدرت بابت اضافه دیماند خریداری شده فاز دوم طرح ها دوره ۹۶/۶	بهای دوره (ماگزیمم مصرف در سال -تیر یا مرداد ماه)	درصد کاهش هزینه
۱	گیلوران	۱۰۰	۸۰	۶۰	۲۰	۳۵۶۴۹۹	۴۱۹۸۱۷۳	۸/۴۹
۲	شاهزاده عبداله	۱۰۰	۱۰۰	۴۰	۶۰	۱۰۶۹۴۹۷	۹۵۳۸۳۰۸	۱۱/۲
۳	سالی بزرگ	۱۰۰	۶۰	۳۰	۳۰	۴۵۶۶۶۸	۲۹۹۰۱۴۹	۱۵/۲۷
٤	مدبه	۱۰۰	۵۰	۳۰	۲۰	۵۰۲۶۳۳	۲۰۸۱۸۹۱	۲۴/۱
	جمع(ریال)					۲۳۸۵۲۹۷	۶۳۷۳۶۱۴	۱۴/۷۷

جدول ۵ . مشخصات ایستگاه های مهندسی مجدد شده و هزینه آنها

ردیف	نام چاه و ایستگاه پمپاژ	عمق چاه(متر)	عمق نصب پمپ شناور (متر)	اختلاف ارتفاع باضافه افت	طول خط پمپاژ	قطر لوله رانش (اینچ)	تاریخ نصب پمپ	نوع پمپ طراحی جدید	هزینه (میلیون ریال)
۱	گیلوران	۱۳۵	۱۲۵	۹۸	۱۰	۶	۱۳۹۰	-	۰
۲	تلوری	۱۷۰	۱۳۰	۱۴۷	۵۰	۶	۱۳۸۷	-	۰
۳	سرخه لیزه ۱	۱۰۰	۹۰	۶۰	۱۰	۴	۱۳۸۸	-	۰
۴	سرخه لیزه ۲	۸	۵	۱۲۵	۶۲۰۰	۳	۱۳۸۸	-	۰
۵	شاهزاده عبداله	۱۰۰	۹۲	۸۰	۵۰	۶	۱۳۸۸	—-۳۴۵/۳ ۲۲کیلووات	۱۸۰
۶	سالی بزرگ	۱۰۲	۱۰۰	۱۶۰	۱۲۴۶	۴	۱۳۸۵	-۲۳۳/۸ ۱۵کیلووات	۱۲۰
۷	دیناروند	۱۰۸	۹۰	۱۳۳	۷۸۰	۵	۱۳۹۲	-۷/۲۹۳/۷ ۲۲ کیلووات	۱۵۰
۸	مدبه	۲۳۰	۲۱۰	۲۲۵	۱۰۰	۳	۱۳۸۳	-	۰
۹	دارایی	۱۳۵	۱۲۶	۲۱۰	۴۰۰۰	۶	۱۳۹۴	-	۰
۱۰	ده محسن	۱۱۴	۸۰	۱۳۵	۵۰۰	۶	۱۳۹۰	۳۴۵/۴ ۳۰ کیلووات	۲۰۰
	جمع کل(میلیون ریال)								۶۵۰

جدول ۶. اثر مهندسی مجدد ایستگاههای پمپاژ در مصرف انرژی

ردیف	نام چاه و ایستگاه پمپاژ	ساعت کار روزانه	نوع پمپ و قدرت آن(کیلووات)	نوع پمپ و قدرت آن- طراحی جدید	مقدار کاهش قدرت کیلووات	مقدار کاهش انرژی کیلووات ساعت در ماه	هزینه برق مصرفی صرفه جویی شده در ماه (تعرفه کم باری ۱۱۷ ریال)	هزینه ماگزیمم ماهانه مصرف یک ساله (بهای دوره به ریال)مرداد ماه	درصد صرفه جویی ماهانه
۱	شاهزاده عبداله	تله متری و فلوتر	۳۰-۳۴۵/۴	۲۲-۳۴۵/۳	۸	-	-	-	-
۲	سالی بزرگ	۲۰	-۲۳۳/۱۲ ۲۲	۱۵-۲۳۳/۸	۷	۴۲۰۰	۴۹۱۴۰۰	۲۹۹۰۱۴۹	۱۶/۴
۳	دیناروند	۱۶	۳۰-۲۹۳/۸	۲۲-۲۹۳/۷	۸	۳۸۴۰	۴۴۹۲۸۰	۲۴۴۲۰۳۹	۱۸
۴	ده محسن	۱۶	۳۷-۳۴۵/۵	۳۰-۳۴۵/۴	۷	۳۳۶۰	۳۹۳۱۲۰	۴۳۰۳۲۶۲	۹
	جمع				۳۰	۱۱۴۰۰	۱۳۳۳۸۰۰	۹۷۳۵۴۵۰	۱۴/۴۷

جدول ۷. میزان صرفه جویی حاصل از اعمال هم زمان عوامل تاثیر گذار

ردیف	نام ایستگاه	درصد صرفه جویی ناشی از نصب خازن	درصد صرفه جویی ناشی از مهندسی مجدد	درصد صرفه جویی ناشی از کاهش دیماند	درصد صرفه جویی ناشی ازخاموشی اوج بار (حداقل میان باری)	جمع کل
۱	مجتمع گیلوران	۸/۵۵	۰	۸/۴۹	۳۵	۵۲/۰۴
۲	مجتمع تلوری سفلی	۱۵	۰	۰	۲۵	۴۰
۳	مجتمع سرخه لیزه ۱	۱۶/۷	۰	۰	۱۶	۳۲/۷
٤	مجتمع سرخه لیزه ۲	۱۵/۷	۰	۰	۷	۲۲/۷
۵	شاهزاده عبداله	۲۵/۱	۰	۱۱/۲	۰	۲۶/۳
٦	سالی بزرگ	۱۳/۱	۱۶/۱۴	۱۵/۲۷	۲۸	۷۲/۷۷
۷	دیناروند	۱۵	۱۸	۰	۳۱	۶۴
۸	مدبه	۱۵	۰	۲۴/۱	۳۰	۶۹/۱
۹	دارایی	۱۴	۰	۰	۲۳	۳۷
۱۰	ده محسن	۱۰,۹	۹	۰	۲۵	۴۴/۹
	میانگین	۱۴/۹	۱۴/۴۷	۱۴/۷۷	۲۲	۴۶

جدول ۸. خلاصه نتایج مبالغ صرفه جویی حاصل از اعمال هم زمان عوامل تاثیر گزار

ردیف	نام ایستگاه	مبلغ صرفه جویی ناشی از نصب خازن(ریال)	مبلغ صرفه جویی ناشی از مهندسی مجدد(ریال)	مبلغ صرفه جویی ناشی ازکاهش دیماند(ریال)	مبلغ صرفه جویی ناشی از خاموشی اوج بار (حداقل میان باری) (ریال)	جمع کل (ریال)
۱	گیلوران	۷۰۸۷۰۰	۰	۳۵۶۴۹۹	۱۴۶۰۱۶۰	۲۵۲۵۳۵۹
۲	تلوری سفلی	۳۲۸۴۸۷	۰	۰	۲۴۱۴۸۸۰	۲۷۴۳۳۶۷
۳	سرخه لیزه ۱(چاه)	۷۶۰۲۰۱	۰	۰	۷۰۲۰۰۰	۱۴۶۲۲۰۱
۴	سرخه لیزه (چاهک)۲	۸۸۶۷۹۰	۰	۰	۳۰۸۸۸۰	۱۱۹۵۶۷۰
۵	شاهزاده عبداله	۵۱۹۹۴۵	۰	۱۰۶۹۴۹۷	۰	۱۵۸۹۴۴۲
۶	سالی بزرگ	۴۲۹۲۴۲	۴۹۱۴۰۰	۴۵۶۶۶۸	۸۴۲۴۰۰	۲۲۱۹۷۱۰
۷	دیناروند	۲۳۷۱۷۷	۴۴۹۲۸۰	۰	۸۶۳۴۶۰	۱۵۴۹۹۱۷
۸	مدبه	۳۳۹۵۱۸	۰	۵۰۲۶۳۳	۶۳۱۸۰۰	۱۴۷۳۹۵۱
۹	دارایی	۱۴۶۷۷۷۲	۰	۰	۲۴۱۴۸۸۰	۳۸۸۲۶۵۲
۱۰	ده محسن	۳۵۱۲۳۷	۳۹۳۱۲۰	۰	۱۰۹۵۱۲۰	۱۸۳۹۴۷۷
۱۱	جمع کل در ماه	۶۰۲۹۰۶۹	۱۳۳۳۸۰۰	۲۳۸۵۲۹۷	۱۰۷۳۳۵۸۰	۲۰۴۸۱۷۴۶
۱۲	محاسبه یک سال(ریال)	۷۲۳۴۸۸۲۸	۱۶۰۰۵۶۰۰	۲۸۶۲۳۵۶۴	۱۲۸۸۰۲۹۶۰	۲۴۵۷۸۰۹۵۲

بحث:

درصورت نصب خازن و احتساب صرفه جویی ۱۴/۹درصد در ۱۰ ایستگاه طبق قیمت روز، مبلغ ۶/۰۲۹/۰۶۹ ریال برای مدت یک دوره و مبلغ ۷۲/۳۴۸/۸۲۸ ریال برای یکسال صرفه جویی خواهد شد. با توجه به اینکه هزینه خرید و نصب ده خازن نصب شده ۱۲۰ میلیون ریال بوده است، از اینرو هزینه صرف شده در مدت ۲۰ ماه جبران خواهد شد. در مطالعه ای که توسط واحدیان و همکاران انجام شد، نصب خازن در تابلوهای برق سیستم های پمپاژ چاه های کشاورزی استان کرمان منجر به اصلاح ۳۰ تا ۳۵ درصد ضریب قدرت شده است(۱۰). در مطالعات دیگر نیز تاثیر مثبت خازن در صرفه جویی انرژی گزارش شده است(۱۴، ۱۵، ۱۶). تغییر ساعت کاری پمپ ها اثر مثبتی در کاهش میزان انرژی مصرفی دارد. در

صورت تغییر ساعت به کم باری، ۴۲ درصد معادل ۱۶/۱۰۰/۳۷۰ ریال در هر ماه در هزینه برق مصرفی صرفه جویی خواهد شد. با احتساب میانگین دو عدد فوق، مبلغ ۱۳/۴۱۶/۹۷۵ ریال در هر ماه و مبلغ ۱۶۱/۰۰۳/۷۰۰ ریال در سال صرفه جویی خواهد شد. مطالعات دیگر هم نتایج مشابهی داشتند(۱۷). تغییر ساعات کار الکتروپمپ ها در صورت وجود حجم کافی مخزن جهت ذخیره آب در ساعات کاری مورد نظر مقدور خواهد بود. در غیر اینصورت نمی توان ساعات کارکرد آنها را تغییر داد از اینرو باید هزینه صرفه جویی فوق با هزینه ساخت مخازن جدید با حجم مناسب مقایسه گردد. جدول ۳ نشان می دهد که درصورت تغییر ساعات کارکرد الکتروپمپ ها، نیاز به ساخت ۹۰۰ مترمکعب مخزن جدید با هزینه ۴۵۳۰ میلیون ریال در این ده ایستگاه خواهد بود. در صورت ساخت مخازن جدید، ۲۸ سال طول خواهد کشید تا هزینه ساخت این مخازن از محل صرفه جویی بهای برق مصرفی جبران گردد. لازم به ذکر است که برآورد این حجم مخزن جدید با مفاد نشریه ۱۱۷-۳ وزارت نیرو که حجم مخازن هوایی ۳-۵ درصد و حجم مخازن زمینی ۵۰-۷۰ درصد حداکثر مصرف روزانه در نظر گرفته است، اختلاف دارد(۱۸). زیرا حجم مخازن برآورد شده در اغلب مواقع از این مقدار بیشتر خواهد شد. در مطالعه ای که توسط keith and McCrodden در سال ۱۹۸۹ انجام شد، کاهش حداکثر هزینه های پمپاژ آب خام با استفاده از مدل MILP در ایالت کارولینای شمالی بررسی شد. نتیجه مطالعه آنها نشان داد تنظیم ساعات پمپاژ در ساعات کم باری به مدت ۷ ماه بسته به نیاز آبی مصرف کنندگان، منجر به ۳ تا ۴۰ درصد صرفه جویی در هزینه های برق مصرفی خواهد شد (۱۹). کاهش دیماند مصرفی نیز یکی دیگر از پارامترهای اثر گذار در کاهش مصرف انرژی می باشد. میزان صرفه جویی ناشی از کاهش دیماند ایستگاه های پمپاژ مذکور در یک دوره مطابق قیمت روز مبلغ ۲/۳۸۵/۲۹۷ ریال بود، که این رقم برای یک سال مبلغ ۲۸/۶۲۳/۵۶۴ ریال خواهد شد. و برای دوره طرح ۲۵ ساله به رقم قابل توجهی بالغ بر ۷۱۵/۵۸۹/۱۰۰ ریال خواهد رسید. در صورتی که شرکت آب و فاضلاب طرح آتی برای این ایستگاه ها نداشته باشد می توان در دیماند خریداری شده بازنگری کرد. از اینرو تعیین دیماند مناسب در ابتدای طرح و بازنگری طرح های اجرا شده نقش موثری در صرفه جویی بهای انرژی خواهد داشت.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از این مطالعه، چهار فاکتور نصب خازن، دیماند مناسب، مهندسی مجدد و خاموشی پمپ ها در ساعات اوج مصرف بسته به مشخصات ایستگاه پمپاژ بر روی مصرف انرژی و هزینه آن تاثیر گذار هستند. از میان چهار فاکتور بررسی شده، نصب خازن و دیماند مناسب از نظر اجرایی هزینه کمتری دارند و برگشت سرمایه اولیه سریعتر اتفاق می افتد. اما دو فاکتور مهندسی مجدد و خاموشی الکتروپمپ ها در اوج بار هزینه اولیه بالایی دارند و به جزء موارد خاص، بازگشت سرمایه چندین سال طول خواهد کشید. با توجه به تاثیر گذاری فاکتور های مختلف نتایج این مطالعه می تواند برای بهینه سازی مصرف انرژی و کاهش هزینه های پمپاژ موثر باشد. پیشنهاد می شود شرکت های آب و فاضلاب و سایر ارگانهای متولی از جمله وزارت جهاد کشاورزی در صورت امکان این دو فاکتور(نصب خازن و دیماند مناسب) را درایستگاه های پمپاژ اعمال کنند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پز شکی لر ستان و شرکت آب و فا ضلاب رو ستایی ا ستان لرستان کمال سپاسگزاری را دارند.

منابع

1.Hasanisefat SM, Aein M. Energy and Water Management at Drinking Water Pumping Stations in Kerman. Second Clean Energy Annual Conference. Ministry of Science and Technology. International Center for Advanced Environmental Science and Technology; 2012July.1-6; Kerman, Iran.P.4-6. Availabie from https: www.civilica.com PaperCLEANENERGY02-CLEANENERGY02_153.html(in Persian).

2. 2. Watergy. 2009. Available online: http://www.watergy.net/-overview/why.php (accessed on 5 June 2015

3.Moreira, D.F.; Ramos, H.M. Energy cost optimization in a water supply system case study. J. Energy **2013**.

4. Zhang H, Xia X, Zhang J. Optimal sizing and operation of pumping systems to achieve energy efficiency and load shifting. Electr. Power Syst. Res. **2012**, 86, 41–50.

5. Hybrid genetic algorithm. J. Water Resour. Plan. Manag. **2004**, 130, 160–170.

6. Rajabi Ghanbarali, Mobini Bidgoli Aziz Allah., Management of Energy Consumption in the Water and Sewage System, Third International Energy Conference; 2004

7. Mohammadi M. Optimization of energy consumption at water pumping stations. Fourth National Power Promotion Network with the approach to removing production barriers under sanctions.Sharif University of Technology Studies Center;2012;Tehran,Iran.P.3-9 (In Persian). Avaliable from : http://www.civilica.com.paper DOMESTICDEV04 DOMESTICED04_004.html.

8. -Ghobadian M, Mostafavi H. Reducing energy consumption due to re-engineering of drinking water wells system in Isfahan Province Water and Wastewater Company. Second National Conference on Climate Change. Building and Energy Conservation, Energy Efficiency Organization; 2013; Isfahan, Iran. Available from https://www.civilica.com/Paper-CBOEC02-CBOEC02_354.html(In Persian).

9. Power ministry website Avaliable from : http://tariff.moe.gov.ir. 2017.

10. Vahidian J, Abdollahi A, Rashidi Nejad M. Investigation of optimization of pumping wells in kerman province in power consumption management. 2015 Nov. 1-3; Tehran, Iran. 1-6 (in Persian).

11. Firuzabadi A. Evaluation of energy, energy consumption and water use efficiency in electrical pumping station, journal of water and water engineering; 2016, pp. 1-14(in Persian)

12. Saghafi S, Mehrdadi N,Nabi Bidhendi G, AminiRad H. Determine the electric energy consumed in different processes of the Nasir Abad industrial city's refinery with COD removal approach. Journal of Ecology. 2014 Apr. (42):1:P.19-31 (in Persian).

13. Dadkhah A, vahiidi B, frooghi A. Reducing subscriber costs and network peak times by addressing subscribers behavior in exeuting application response requests. International Conference on Electrical Engineering; 2016; Tehran, Iran. Avaliable from http://www.civilica.com/Paper-ICELE01-ICELE01_260.html.

14. - Mishtaq Jamal. Economic justification for the installation of capacitors in distribution networks, 6th National Power Distribution Network Conference; 1996. available from

www.civilica.com/Paper-EPDC06-EPDC06_037.html.

15. Ormsbee LE, Lansey KE. Otimal control of water supply pumping costs using MILP. Water Resoueces Planning and Management. 1989 ; 115(4):511-22.

16. Barkhordar pirooz, Saeie Javad. Economic evaluation and optimal selection of parallel capacitors in Khuzestan distribution network, 6th National Power Distribution Network Conference, available from www.civilica.com/Paper-EPDC06-EPDC06_033.html.

17. Dadkhah A, vahiidi B, frooghi A. Reducing subscriber costs and network peak times by addressing subscribers behavior in exeuting application response requests. International Conference on Electrical Engineering; 2016; Tehran, Iran. Avaliable from http://www.civilica.com/Paper-ICELE01-ICELE01_260.html.

18. Basics of designing pipelines and network pipelines, Journal 3-117 ministry of Power; 2017 Tehran, Iran.

19. Little KW, McCrodden BJ. Minimization of raw water pumping costs using MILP. Journal of Water Resources Planning and Management. 1989 Jul;115(4):511-22.

20. Emami khansari S.M. Hamid, Emami Khansari S.M. Ali; 2016. Estimation of energy savings achieved by standardization of in-well submersible pumps, 1st International Conference on Mechanical Engineering and Aerospace Engineering, Tehran, Baqerul-olum Research Organization, available from www.civilica.ac.ir .com / Paper-MECHAERO01-MECHAERO01_216.

Investigation of optimizing strategies for energy consumption at drinking water pumping stations in the central part of Khorramabad city in 2017

Vali mohammadiasl: lorestan University of Medical Sciences, Department of Environmental Health, School of Health and Nutrition, Khorramabad, Iran Vmaamir82@gmail.com
Ali Jafari: Lorestan University of Medical Sciences ,Department of Environmental Health, School of Health and Nutrition, , Khorramabad, Iran Jafari_a99@yahoo.com
Mohammad Amin Karami: Lorestan University of Medical Sciences ,Department of Environmental Health, School of Health and Nutrition, , Khorramabad, Iran Karami.mohammadamin@yahoo.com
Bahram Kamarehie: Lorestan University of Medical Sciences ,Department of Environmental Health, School of Health and Nutrition, , Khorramabad, Iran b.kamarehie@gmail.com

Abstract

Background: Water pumping stations possess high percentage of energy consumption. Therefore, optimization and reduction of energy consumption is very important. This study was conducted to reduce energy consumption and consumed electricity costs at drinking water pumping stations in villages located at the central part of Khorramabad city in 2017.

Methods: In this study, 10 wells and pumping stations from a total of 48 wells and pumping stations in Khorramabad were selected randomly. The energy consumption, energy intensity, the effect of the capacitor on energy consumption, electricity need, re-engineering the electro-pumps and determine the volume of the required reservoirs were the survived parameters.

Results: The results showed that the installation of capacitors in the selected stations saved 14.9 percent of electricity consumption. Pump shutdown during peak hours will also reduce electricity consumption costs by 22%, and from the 10 selected pump stations, 4 stations will need to be re-engineered, and their replacement will optimize efficiency and saved 14.47% power requirement. Also, the reduction in electricity demanded in 4 stations out of ten stations will save 14.77% of energy consumption. Simultaneous application of capacitors installation, pump shutdown, pump station re-engineering and demand reduction we will save a total 46 % energy consumption. **Conclusion:** According to the obtained results, organizations and related companies can use these results to optimize energy consumption and pumping costs.

Keywords: Energy consumption, capacitor, reengineering, pumping stations, Khorramabad.