

پتانسیل سنجی صرفه‌جویی مصرف آب و انرژی استحصال آن در بخش ذراعت (مطالعه موردي: استان يزد)

رسول لقمانپور زرینی^۱، سیدرضا طباطبایی کلور^۲، اسدالله اکرم^۳

تاریخ پذیرش مقاله:

۹۴/۲/۲۸

تاریخ دریافت مقاله:

۹۳/۹/۶

چکیده:

طی بیست سال گذشته، درصد نیروی کار کشاورزی در کل نیروی کار جهان روند کاهنده داشته و این درصد در ایران بیش از سایر کشورها بوده است. بی توجهی به توسعه فناوری‌های نوین آبیاری و روش‌های جدید کاشت، داشت و برداشت و همچنین عدم اهتمام کافی به اجرای طرح‌های بیابان‌زدایی از جمله دلایل مهم کاهش سطح زمین‌های قابل کشت در ایران عنوان می‌شود. در این مقاله ابتدا به راههای بهینه‌سازی و نحوه پتانسیل سنجی صرفه‌جویی مصرف انرژی در بخش کشاورزی پرداخته شده و به طور کلی، وضعیت کشاورزی در استان یزد مورد بررسی قرار گرفته است و سپس سعی شده با بررسی وضعیت منابع آبی و بارندگی، چگونگی مصرف آب و نوع سیستم‌های آبیاری، نوع محصولات و میزان عملکرد آن و میزان صرف انرژی الکتریکی و فسیلی به عنوان عوامل موثر در بخش کشاورزی و مقایسه با استاندارهای کشور، میزان پتانسیل صرفه‌جویی مصرف انرژی در بخش کشاورزی استان یزد فراهم گردد. برای این منظور، الزامات بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش کشاورزی استان یزد با ارائه راهکارهای عملی مانند تبدیل الکتروویمپهای دیزلی و برقی، انتخاب صحیح و مناسب الکتروویمپ‌ها به همراه افزایش بازده سیستم‌های پمپاژ، تغییر سیستم آبیاری از غرقایی به آبیاری تحت فشار، انتخاب محصول کشاورزی مطابق با اقلیم استان مورد مطالعه، کاهش دیماند و طرح خازن گذاری مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا، برآوردهای پتانسیل صرفه‌جویی انرژی ناشی از اجرای راهکارهای بهینه‌سازی در بخش کشاورزی استان یزد در حدود ۱۰۲۳۹۳۱/۱ مگاوات ساعت در بخش انرژی الکتریکی و حدود ۶۸۲/۶۳ میلیون متر مکعب در بخش آب مصرفی امکان صرفه‌جویی وجود دارد.

كلمات کلیدی:

انرژی، بهینه‌سازی، صرفه‌جویی، پتانسیل سنجی، کشاورزی

مقدمه

به رغم توسعه سطح زمین های قابل کشت در جهان، بخش قابل توجهی از زمین های قابل کشت ایران طی سالهای ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ به بیابان و زمین های غیرزراعی تبدیل شده است [۵]. بی توجهی به توسعه فناوری های نوین آبیاری و روش های جدید کشت، داشت و برداشت و همچنین عدم اهتمام کافی به اجرای طرح های بیان زدایی از جمله دلایل مهم کاهش سطح زمین های قابل کشت در ایران عنوان می شود. استان یزد با مساحتی معادل ۱۳۱۵۵۱ کیلومتر مربع، متوسط سالانه ۱۰۶ میلیمتر بارندگی و اقلیمی خشک و شکننده و جمعیتی حدود ۹۰۰ هزار نفر در فلات مرکزی ایران واقع شده است. براساس اطلاعات موجود، ۲۰۰ هزار هکتار از اراضی با قابلیت مناسب آبیاری در استان یزد وجود دارد که در حال حاضر نزدیک به ۶۸ هزار هکتار آن زیر کشت محصولات باقی یا دائم بوده و ۶۱ هزار هکتار دیگر به محصولات زراعی اختصاص دارد و زمینه اشتغال ۳۲ هزار خانوار را فراهم آورده است. این استان در حالی که تنها ۱ درصد از اراضی کشور را در اختیار دارد، ۱/۵ درصد محصولات کشاورزی را تولید می کند. علاوه، به ازای هر یک مترمکعب آب مصرفی در این استان بیش از ۱ کیلوگرم ماده خشک استحصال می شود، این میزان در سطح ملی ۸۰۰ تا ۹۲۰ گرم است [۱].

براساس آمار عملکردی، استان یزد از لحاظ سطح زیر کشت در سال زراعی ۸۹-۹۰ در بین ۳۱ منطقه و یا استان تحت بررسی با سطح زیر کشت محصولات زراعی در حدود ۶۱ هزار هکتار که تنها ۱۰ هکتار آن کشت دیم و مابقی کشت آبی بوده است، در رتبه ۳۰ قرار داشته و این در حالی است که از لحاظ جایگاه تولید، این استان در رده ۲۳ با تولیدی در حدود ۹۶۰ هزار تن قرار داشته و همچنین از لحاظ عملکرد تولید یعنی کیلوگرم بر هکتار در جایگاه چهارم با عملکرد ۱۶۸۷ کیلوگرم در هکتار می باشد [۱]. با توجه به موارد ذکر شده، مشخص گردید این استان کویری پتانسیل بالقوه ای جهت صرفه جویی مصرف انرژی در بخش کشاورزی دارد زیرا مهمترین بخش مصرف انرژی کشاورزی که در بخش تامین آب می باشد، به دلیل کم آبی و عمق بالای چاهها در این استان، می تواند وجود داشته باشد. حدود ۶۱ درصد آب های زیرزمینی استان از طریق چاه های عمیق حفر شده در این استان تامین گردیده و سپس ۲۶ درصد از میزان آب استحصالی از منابع زیرزمینی از طریق قنات ها بوده است و چاه های نیمه عمیق و چشممه ها نیز به ترتیب ۱۰ و ۳ درصد از میزان آب های استحصالی از منابع زیرزمینی را به خود اختصاص داده اند.

روش ها و الزامات بهینه سازی مصرف انرژی در بخش زراعت

در راستای بررسی مصرف انرژی در بخش کشاورزی و پتانسیل سنجی بهینه سازی مصرف انرژی در این بخش، ابتدا باید بررسی شود در چه مراحلی امکان صرفه جویی انرژی وجود دارد تا بتوان با بررسی بخش های فوق، میزان پتانسیل صرفه جویی انرژی حاصل در بخش کشاورزی استان یزد را تخمین زد، لذا در ادامه، ابتدا به طور خلاصه موارد فوق بررسی و سپس به بررسی وضعیت استان یزد خواهیم پرداخت.

کاهش مصرف انرژی در مرحله کاشت

یکی از مراحل پرمصرف انرژی در بخش زراعت، مرحله کاشت می‌باشد. هرچند در این مرحله شاید انرژی الکتریکی کمتری مصرف گردد، ولی مصرف انرژی فسیلی به مراتب بالا می‌باشد. لذا آنچه در این مرحله (مرحله اولیه آماده سازی محیط کشت گیاه یا نهال) مهم می‌باشد، انتخاب نوع ماشین‌آلات با توجه به توپوگرافی زمین، ابعاد زمین، بافت و ساختمان خاک و بعد مسافت کارگاه یا عرصه تولید می‌باشد [۴].

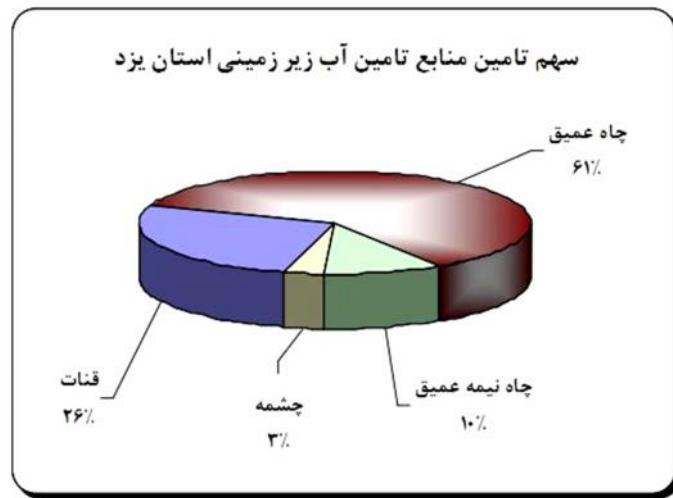
مبحث مهم دیگری که در مرحله کاشت باید بدان توجه نمود، در مرحله اول انتخاب نوع محصول با اقلیم منطقه و مهم‌تر انتخاب نوع بذر یا اندام تکثیری است بدین شکل که بذر انتخابی بر اساس چگونگی آب و هوای منطقه، چگونگی آماده‌سازی خاک و نکته مهم دیگر در این بخش، تعیین میزان بذر که براساس قوه نامیه بذر، چگونگی آماده‌سازی خاک، میزان رطوبت و در دسترس بودن منابع آبی و سایر نهاده‌ها انجام شود و در مرحله آخر، روش کاشت مهم خواهد بود، بدین شکل که روش کاشت باید با توجه به شیب زمین و نوع خاک و گیاه و نحوه آبیاری و وجود ماشین‌آلات مورد نیاز در کلیه مراحل تولید انتخاب گردد تا موجب اتلاف در مصرف انرژی منابع نشود [۳]. لذا در این مرحله پیشنهاد می‌گردد طرح همیاری توسط جهاد کشاورزی با همکاری وزارت نیرو صورت پذیرد تا با تشکیل شرکت‌های تعاونی اقدام به یکپارچه‌سازی اراضی گردد. بنابر این، این طرح چندین حسن دارد از جمله متناسب شدن تجهیزات با ابعاد و توپوگرافی زمین، امکان بهره‌گیری از سیستم‌های نوین استحصال و توزیع آب، توان بهره‌گیری مستقیم از کارشناسان کشاورزی در بخش تولید و مهم‌تر از همه کاهش مصرف آب و انرژی در همه مراحل تولید. لذا موارد مهمی که باید در جهت پتانسیل‌سنجی بخش کشاورزی بدان توجه نمود شامل ۱- ارزیابی وضعیت اقلیم و هواشناسی منطقه، ۲- بررسی وضعیت منابع آبی در دسترس و نوع منابع آبی از لحاظ استحصال و غیره، ۳- نوع خاک منطقه و ۴- میزان آب بری هر محصول در منطقه و مقایسه آن می‌باشد.

کاهش مصرف انرژی در مرحله داشت و برداشت

مهمنترین بخش از لحاظ مصرف انرژی در مرحله داشت، مرحله تامین و استحصال آب می‌باشد. آب پارامتر بسیار مهمی است که برای تهیه آن انرژی زیادی مصرف می‌شود. باید با مدیریت صحیح و در نظر گرفتن مقدار هزینه نسبت به برقی نمودن چاههای آب و ایستگاههای پمپاژ اقدام نمود. همچینین در مناطق بادخیز، از نیروی باد به عنوان مولد انرژی و یا در مناطق کویری همچون یزد از پنلهای خورشیدی استفاده نمود. اما نکته مهم دیگری که در این بخش باید بدان توجه نمود، مساله انتخاب سیستم‌های پمپاژ می‌باشد. انتخاب الکتروپمپ مناسب باعث می‌شود که اولاً، راندمان بیشتر شده و از انرژی الکتریکی بهتر استفاده شود و ثانیاً، آنچه مشخص است الکتروپمپ‌های شناور به علت حذف سیستم‌های ابتدائی نظیر شفت و غلاف و جعبه دنده همراه با پمپاژ سریع و ساده از اعمق چاه و کاهش مصرف برق، نسبت به سایر سیستم‌های

پمپاژ مناسب‌تر خواهد بود و با توجه به اینکه راندمان سیستم به عواملی نظیر نوع الکتروموتور و راندمان آن، نوع و راندمان پمپ، فاصله آب از سطح زمین، طول و دهانه لوله مکش، طول و دهانه لوله رانش، افت سطح آب، لوله‌ها و اتصالات بکار رفته در سیستم بستگی خواهد داشت، باید در تجزیه و تحلیل و همچنین پتانسیل‌سنگی وضعیت کشاورزی موارد فوق درنظر گرفته شود که در گزارش فوق به بررسی هریک از آنها پرداخته شده است. آنچه باید بدان توجه گردد جایگزینی مبارزه بیولوژیکی به جای سوموم شیمیایی می‌باشد و در نهایت می‌توان به انتخاب روش آبیاری اشاره نمود که در این راستا، با رعایت مواردی همچون توجه به کیفیت آب، نوع محصول، نوع خاک، شیب زمین و آزمایش خاک تا حدود زیادی می‌توان از اتلاف انرژی جلوگیری نمود. امروزه در جریان انتقال آب در اراضی کشاورزی، کانال‌ها و انشعابات زیادی عهده‌دار این امر مهم بوده و به دلیل پراکندگی اراضی کشاورزان و منابع آبی متفاوت مانند چاه، چشم، رودخانه و قنات مسیرهای مختلفی احداث شده و برای احداث بهینه این مسیرها انرژی زیادی مصرف و اعتباراتی نیز تخصیص می‌باید که بخشی از آن ناشی از خرد بودن قطعات و پراکندگی آنهاست. به همین منظور، یکپارچگی اراضی و یکپارچگی آب، از سوی دیگر، سود بیشتری را عاید تولیدکننده می‌سازد [۶ و ۷]. در ادامه، جهت برآورد میزان پتانسیل صرفه‌جویی انرژی در بخش زراعت استان یزد به بررسی همه موارد اشاره شده می‌پردازیم.

بررسی وضعیت منابع آبی و بارندگی استان یزد (اقليم شناسی)



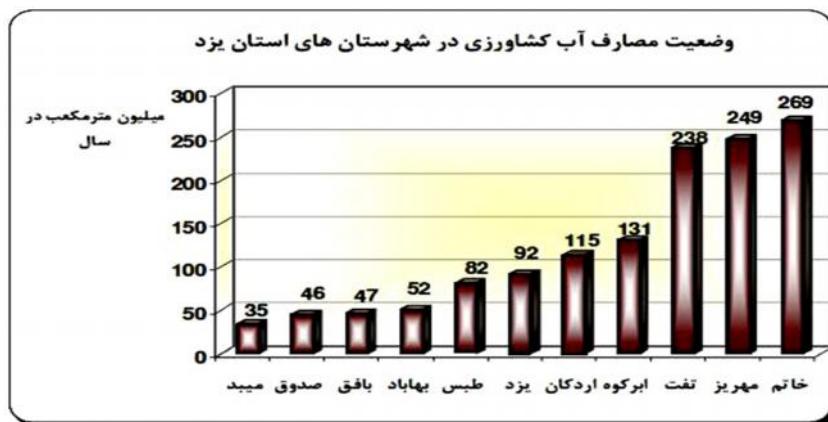
شکل ۱) نمودار سهم تامین آب زیرزمینی استان یزد [۲]

استان مورد مطالعه از لحاظ مصرف آب دارای بیشترین میزان مصرف در بخش کشاورزی می‌باشد، یعنی حدود $\frac{93}{3}$ درصد از منابع آب استان یزد در بخش کشاورزی و حدود $\frac{4}{37}$ درصد در بخش شرب و بهداشتی و در بخش صنعت نیز حدود $\frac{2}{33}$ درصد آب مصرف می‌گردد. با توجه به موارد ذکر شده، لزوم ارزیابی و بررسی وضعیت مصرف انرژی در بخش

کشاورزی این استان بیش از پیش مشخص می‌گردد، زیرا اکثر منابع آبی این استان در بخش کشاورزی مصرف می‌گردد و همچنین اکثر منابع از طریق چاههای عمیق می‌باشد که برای استحصال آب از آنها انرژی بالایی باید مصرف گردد.

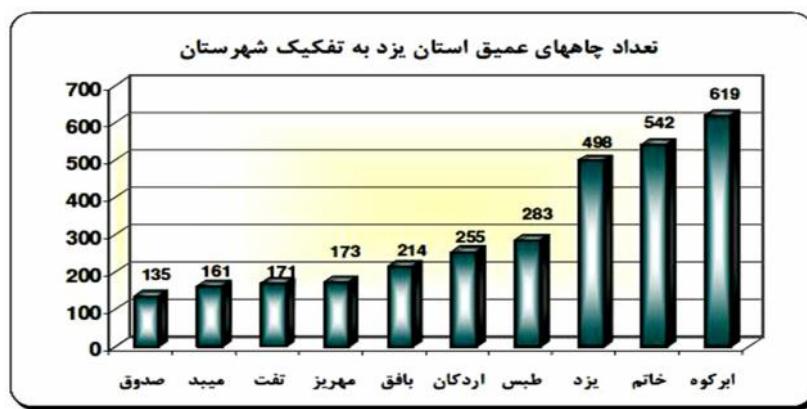
بررسی وضعیت مصرف آب کشاورزی در شهرستان‌های استان یزد

جهت بررسی بهتر وضعیت مصرف انرژی در بخش کشاورزی استان مورد مطالعه ابتدا به بررسی وضعیت مصارف آب می‌پردازیم. با توجه به آمار ارائه شده در بخش کشاورزی، شهرستان خاتم استان یزد با مصرف ۲۶۹ میلیون متر مکعب در سال دارای رتبه اول است و شهرستان مهریز این استان با مصرف ۲۴۹ میلیون متر مکعب در سال در رتبه دوم قرار دارد. در ادامه، مطابق شکل (۲) وضعیت مصرف آب بخش کشاورزی در هر یک از شهرستان‌های استان مورد مطالعه ارائه می‌گردد.



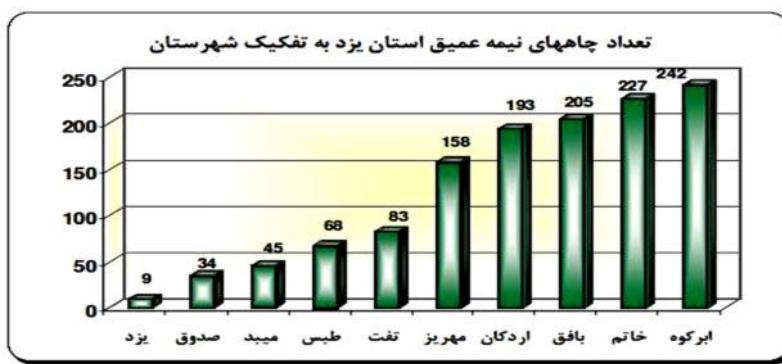
شکل ۲) نمودار وضعیت مصرف آب کشاورزی در استان یزد به تفکیک شهرستان

حال با مشخص شدن میزان مصارف آب کشاورزی در هر یک از شهرستان‌های استان یزد خواهیم پرداخت (شکل ۳).



شکل ۳) نمودار تعداد حلقه چاههای عمیق در استان یزد به تفکیک شهرستان

مطابق شکل (۳)، در مجموع ۳۰۵۱ حلقه چاه عمیق در استان یزد مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد که بیشترین حلقه چاه‌های عمیق در شهرستان ابرکوه با ۶۱۹ حلقه چاه بوده است و شهرستان صدوق با ۱۳۵ حلقه چاه کمترین تعداد حلقه چاه عمیق را دارد. مطابق شکل (۴)، ۱۲۶۴ حلقه چاه نیمه عمیق نیز در استان یزد موجود است که به طور مشابه، بیشترین تعداد حلقه چاه نیمه عمیق در شهرستان ابرکوه با تعداد ۲۴۲ حلقه قرار دارد و شهرستان خاتم با ۹ حلقه چاه کمترین تعداد چاه‌های نیمه عمیق را دارد.



شکل (۴) نمودار تعداد حلقه چاه‌های نیمه عمیق در استان یزد به تفکیک شهرستان

در مجموع، ۴۳۱۵ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق در استان یزد در حال بهره‌برداری می‌باشد که در این میان، بیشترین تعداد چاه، مربوط به شهرستان ابرکوه و کمترین آن در شهرستان صدوق با تعداد ۱۶۹ حلقه چاه است.

بررسی وضعیت کشاورزی، مصارف آب کشاورزی و میزان اراضی و نوع تولید محصول استان یزد

با توجه به آمار ارائه شده از سوی سازمان جهاد کشاورزی استان یزد، عملکرد این استان در بخش محصولات زراعی برابر ۱۶۸۸۷ کیلوگرم بر هکتار بوده و از این حیث دارای رتبه چهارم در کشور است [۱] (جدول ۱).

جدول (۱) وضعیت محصولات مختلف زراعی استان یزد از لحاظ عملکرد و رتبه در کشور

رتبه بهره وری در بین ۳۱ استان	گروه محصولات	عملکرد (kg/ha)
۱	محصولات جالیزی	۹۱۲۰۹.۵۲
۶	کل گروه ها	۱۶۸۹۰.۱۰
۷	نباتات علوفه ای	۲۸۳۹۶.۳۶
۹	سبزیجات	۳۲۳۰۷.۴۶
۱۳	غلات	۳۲۹۵۰.۱۳
۱۳	سایر محصولات	۱۹۶۳۰.۸۱
۲۴	حبوبات	۱۷۳۸۰.۴۶
۲۸	محصولات صنعتی	۱۲۲۴۰.۷۳

همچنین در بخش تولید محصولات زراعی، عملکرد استان یزد مطابق جدول (۲) است [۱].

جدول (۲) وضعیت سطح زیر کشت، سطح برداشت، تولید و عملکرد محصولات کشاورزی استان یزد

شهرستان	سطح زیر کشت (هکتار)	سطح برداشت (هکتار)	تولید (تن)	عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)
اردکان	2706	2476	25938	10476
ابرکوه	10867	10836	127581	11774
بافق	1684	1640	13366	8150
بهاباد	3090.5	3073.5	22485	7316
خاتم	16058	15957	109885	6886
مهریز	1326	1296	14682	11329
میبد	2748	2719	49648	18260
صدوق	3070	3048	52372	17182
طبس	8890	8824	134354	15226
تفت	2609	2546	19196	7540
یزد	3247	3229	73552	22779
جمع	56296	55645	643058	11557

با توجه به بررسی انجام شده در سطح شهرستان‌های استان یزد، در بین ۱۱ شهرستان مورد مطالعه، محصول دانه‌های روغنی پایین‌ترین عملکرد تولید (کیلوگرم بر هکتار) را دارا بوده‌اند که در اکثر شهرستان‌ها این رقم در حدود ۱۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار است و بهترین عملکرد بطور غالب در نباتات علوفه‌ای با عملکردی در حدود ۶۸۸۰.۵ کیلوگرم بر هکتار در ۸ شهرستان این استان بوده است. بالاترین سطح کشت به میزان ۱۶۰۵۸ هکتار مربوط به شهرستان خاتم است اما در کل محصولات زراعی این شهرستان ۶۸۸۶ کیلوگرم بر هکتار عملکرد متوسط بوده که این میزان کمترین عملکرد را شامل می‌شود این در حالی است که شهرستان یزد در کل محصولات زراعی با عملکرد ۲۲۷۷۹ کیلوگرم بر هکتار بیشترین عملکرد را در سال دارا می‌باشد. عملکرد محصولات مختلف زراعی در استان مورد مطالعه در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳) وضعیت سطح زیر کشت، تولید و عملکرد محصولات زراعی مختلف در استان یزد

عملکرد	تولید (تن)	سطح زیر کشت (هکتار)	نام محصول	ردیف
3663	92212	25176	گندم	1
2949	19058	6463	جو	2
8103	29804	3698	ذرت دانه ای	3
12354	80658	3100	یونجه	4
8794	2287	509	رناس	5
1166	40000	42000	پسته	6
628	6432	10495	بادام	7
14155	84503	6900	انار	8
970	1600	1760	گردو	9
2963	9400	4100	خرما	10
11714	24716	2455	زردآلو	11

متاسفانه شهرستان خاتم که بیشترین سطح کشت را در میان شهرستان‌های استان یزد دارا می‌باشد، کمترین عملکرد را در استان دارد. بهترین عملکرد برداشت مربوط به محصول انار و بدترین آن مربوط به محصول بادام بوده است. از طرفی، با توجه به اینکه بیشترین سطح زیر کشت در این استان را محصول پسته و بهترین عملکرد را محصول انار به خود اختصاص داده‌اند و همچنین با توجه به اینکه از سیستم‌های تحت فشار مانند آبیاری قطره‌ای می‌توان جهت آبیاری درختان پسته و انار استفاده نمود، پتانسیل بالایی در این استان برای ترویج سیستم آبیاری نوین و همچنین مدیریت مصرف آب و انرژی وجود دارد.

بررسی وضعیت آبیاری و کشت در استان یزد

میزان آب مصرفی بخش کشاورزی کل استان یزد در سال ۱۳۹۰-۱۳۸۹ مطابق آمار ارائه شده توسط جهاد کشاورزی استان معادل ۱۳۵۶ میلیون متر مکعب بوده که شهرستان خاتم با ۲۶۹ میلیون متر مکعب بیشترین میزان مصرف آب را در

این بخش دارد و شهرستان میبد با ۳۵ میلیون متر مکعب کمترین میزان مصرف آب را داراست. در ادامه، جهت بررسی بهتر، میزان آب مصرفی در بخش کشاورزی استان یزد به تفکیک شهرستان در جدول (۴) ارائه می‌گردد. از مجموع ۳۹۷۶ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق کشاورزی فعال در استان یزد، ۳۰۷۳ حلقه چاه برقی، ۹۰۳ حلقه چاه دیزلی و ۵ حلقه چاه نیز بادی هستند که یکی از اقدامات اولیه و مهم در این زمینه تبدیل ۹۰۳ حلقه چاه دیزل به برقی می‌باشد. از بین ۳۰۷۳ حلقه چاه برقی، ۱۹۲۱ حلقه دارای الکتروپمپ شناور و ۱۳۳۰ حلقه دیگر دارای الکتروپمپ توربینی از نوع شفت و غلاف بوده است که در این مورد نیز باید اقدام اساسی صورت پذیرد. در زمینه سیستم آبیاری نیز مطابق اطلاعات ارائه شده از بین ۲۷۱۳ مزرعه، تعداد ۲۶۴۷ مزرعه به روش غرفابی آبیاری می‌شوند و تنها ۵۷ مزرعه دارای سیستم آبیاری تحت فشار بوده‌اند.

جدول (۴) میزان آب مصرفی بخش کشاورزی در استان یزد به تفکیک شهرستان

ردیف	شهرستان	میزان آب مصرفی بخش کشاورزی (میلیون مترمکعب)
1	ابرکوه	131
2	اردکان	115
3	بافق	99
4	تفت	238
5	خاتم	269
6	صدوق	46
7	طبس	82
8	مهریز	249
9	میبد	35
10	یزد	92
11	کل استان	1356

شاخص کارایی مصرف آب نشاندهنده میزان تولید (عملکرد) در ازای واحد آب آبیاری مصرف شده در واحد سطح (هکتار) است. یعنی بهره‌وری یا کارایی مصرف آب به مقدار محصولی گفته می‌شود که از هر واحد حجم آب به دست می‌آید. حال با توجه به اینکه آمار محصولات کشاورزی در هر یک از شهرستان‌های استان یزد موجود بوده و همچنین با توجه به آمار میزان آب مصرفی در بخش کشاورزی هر یک از این شهرستان‌ها، می‌توان میزان کارایی آب در بخش

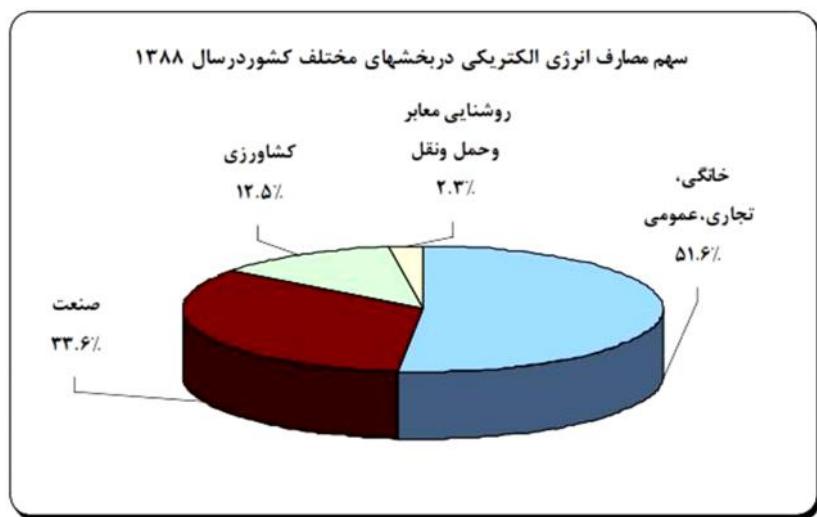
کشاورزی هر یک از شهرستان‌ها را به تفکیک مشخص نمود تا وضعیت کارایی آب در این استان به تفکیک شهرستان تعیین گردد. با توجه به نتایج مندرج در جدول شماره (۵) ملاحظه می‌گردد، کمترین کارایی آب مربوط به شهرستان بافق و بهترین کارایی مربوط به شهرستان یزد است و در کل، این استان دارای کارایی آب در حدود ۱/۰۵ کیلوگرم بر متر مکعب بوده است. هرچند این مقدار از میزان متوسط کارایی آب کل کشور در بخش کشاورزی (۰/۸ کیلوگرم بر متر مکعب) در همان سال بوده است، ولی نسبت به میانگین و افق ۱۴۰۰ که باید این مقدار به میزان ۱/۶ کیلوگرم بر متر مکعب برسد کمتر است. لازم است در جهت بهره‌گیری از سیستم‌های نوین آبیاری هرچه سریع‌تر در این استان اقداماتی صورت پذیرد.

جدول (۵) وضعیت شهرستان‌های استان یزد در میزان کارایی آب در بخش کشاورزی

شهرستان	جمع کل تولیدات کشاورزی (تن)	میزان آب مصرفی بخش کشاورزی (مترمکعب)	کارایی آب (کیلو گرم /برمترمکعب)
ابرکوه	177,292	131,000,000	1.35
اردکان	70,279	115,000,000	0.61
بافق	24,916	99,000,000	0.25
بهاباد	36,238	—	—
تفت	106,108	238,000,000	0.45
خاتم	163,467	269,000,000	0.61
صدوق	158,007	46,000,000	3.43
طبس	163,933	82,000,000	2.00
مهریز	94,995	249,000,000	0.38
میبد	91,696	35,000,000	2.62
یزد	338,166	92,000,000	3.68
کل استان	1,425,097	1,356,000,000	1.05

بررسی وضعیت مصرف انرژی در بخش کشاورزی کل کشور و استان یزد

بخش کشاورزی کشور در سال ۱۳۸۹ با مصرف ۲۱۴۱۰/۷ گیگاوات ساعت در حدود ۱۲/۵ از کل مصرف نهایی برق کشور را به خود اختصاص داده است. با بررسی بیشتر وضعیت مصرف انرژی می‌توان گفت کل مصرف نهایی انرژی در این بخش معادل ۴۳/۴ میلیون بشکه نفت خام می‌باشد که از این مقدار ۲۸/۲ میلیون بشکه نفت خام مربوط به فرآوردهای نفتی، ۲/۵ میلیون بشکه نفت خام مربوط به گاز طبیعی و ۱۲/۶ میلیون بشکه مربوط به برق می‌باشد [۲].



شکل ۵) سهم مصرف انرژی الکتریکی در بخش‌های مختلف کشور در سال ۱۳۸۹

بررسی وضعیت مصرف انرژی الکتریکی چاهه‌ای کشاورزی استان یزد

مطابق آمار دریافتی از شرکت توزیع نیروی برق استان یزد در سال ۱۳۸۹، تعداد کل مشترکین چاهه‌ای کشاورزی استان یزد در مجموع ۲۲۶۶ مشترک بوده است که در ادامه، به بررسی دقیق وضعیت مصرف آنها خواهیم پرداخت.

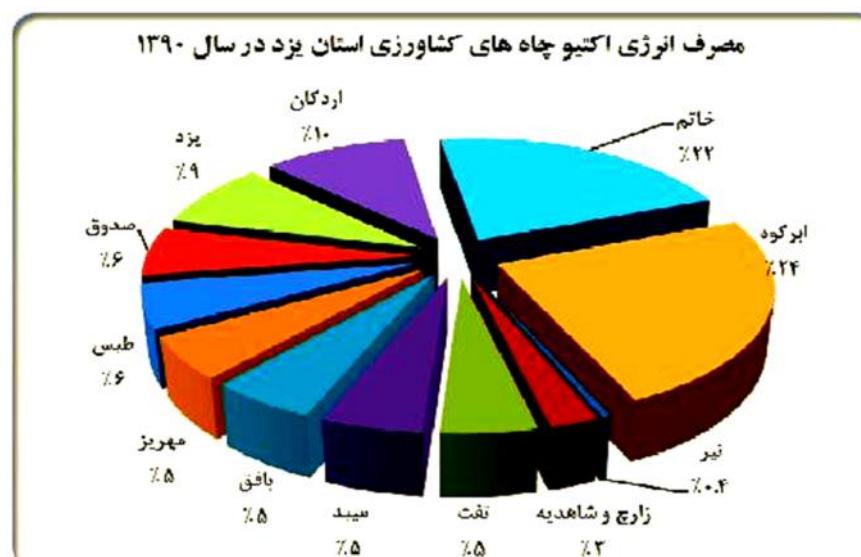
بررسی وضعیت انرژی اکتیو چاهه‌ای کشاورزی استان یزد

بیشترین مصرف انرژی اکتیو در سال‌های ۸۹ و ۹۰ مربوط به شهرستان ابرکوه و بعد از آن شهرستان خاتم می‌باشد. شهرستان نیر دارای کمترین مصرف انرژی اکتیو در سال‌های ۸۹ و ۹۰ به میزان ۱۷۵۸۴۲۷۲ کیلووات ساعت کاهش یافته است.

با بررسی مصرف توان اکتیو مشاهده می‌گردد که دو شهرستان ابرکوه و خاتم از لحاظ مصرف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. متوسط مصرف توان اکتیو این دو شهرستان ۱۱۶۴۱۵۰۰۰ کیلووات ساعت در سال ۹۰ بوده و این در حالی است که متوسط توان اکتیو دیگر شهرستان‌های استان یزد ۲۷۴۶۴۰۰۰ کیلووات ساعت در سال ۹۰ می‌باشد. متوسط

توان اکتیو شهرستان ابرکوه و خاتم ۸۸۹۵۱۰۰۰ کیلووات ساعت بیشتر از متوسط توان اکتیو دیگر شهرستان‌های یزد در سال ۹۰ می‌باشد.

با توجه به مطالب ذکر شده و شکل (۷) می‌توان به این نکته اشاره کرد که کاهش مصرف انرژی الکتریکی دو شهرستان ابرکوه و خاتم به دلیل سهم انرژی مصرفی بالا، تاثیر بسزایی در کاهش مصرف انرژی چاههای کشاورزی استان یزد دارد.



شکل (۶) وضعیت مصرف انرژی در چاههای کشاورزی استان یزد به تفکیک شهرستان

بررسی وضعیت انرژی راکتیو چاههای کشاورزی استان یزد

با توجه به اینکه مصرف انرژی راکتیو دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد، میزان متوسط ضریب قدرت (P.F) در هر دوره برای هر مشترک محاسبه گردیده است.

جدول (۶) بررسی ضریب توان مشترکین بخش کشاورزی استان یزد

تعداد مشترک چاههای کشاورزی در سال ۸۹ و ۹۰	ضریب توان (P.F)
۱۵۵۰	۰/۹ و بالاتر از
۶۰۱	۰/۹ کمتر از
۱۱۵	متفرقه

در اغلب دوره ها متوسط ضریب قدرت بیشتر از ۰/۹ بوده که این نشاندهنده خازن‌گذاری مناسب در مشترکین مورد بررسی می‌باشد. تعداد کمی از مشترکین دارای ضریب زیان (ضریب محاسبه) می‌گردد. بنابراین، جهت حذف هزینه انرژی راکتیو نیاز به نصب خازنی با ظرفیت مناسب جهت این مشترکین می‌باشد.

جدول ۷) جدول وضعیت میزان ضریب توان (P.F) استان یزد به تفکیک شهرستان‌ها

نام شهرستان	۰/۹ و بالاتر از ۰/۹	کمتر از ۰/۹	متفرقه	جمع مشترک
یزد	۹۵	۳۴	۱۵	۱۴۴
خاتم	۳۳۱	۱۸۹	۱۰	۵۳۰
ابرکوه	۴۹۸	۱۰۷	۱۲	۶۱۷
اردکان	۱۳۱	۳۷	۲۹	۱۹۷
بافق	۱۰۹	۳۷	۱۸	۱۶۴
تفت	۸۷	۳۵	۶	۱۲۸
صدوق	۵۶	۱۵	۴	۷۵
طبس	۶۸	۱۱۰	۱۲	۱۹۰
مهریز	۱۲۶	۳۲	۶	۱۶۴
صیبد	۴۹	۵	۳	۵۷
جمع کل	۱۵۵۰	۶۰۱	۱۱۵	۲۲۶۶

با توجه به نتایج مندرج در جدول (۷)، ملاحظه می‌گردد از مجموع ۲۲۶۶ مشترک فعال بخش کشاورزی استان یزد که آمار آنها توسط شرکت توزیع نیروی برق استان یزد ارائه شده است، در حدود ۶۰۱ مشترک دارای ضریب قدرت پایین تر از ۰/۹ در چندین دوره آخر مصرف برق خود بوده‌اند که در این میان، شهرستان خاتم دارای بالاترین تعداد مشترک با ضریب قدرت پایین تر از ۰/۹ بوده است. لذا نیاز است با همکاری شرکت توزیع برق استان یزد و دیگر ارگان‌های مرتبط نسبت به بررسی خازن‌گذاری و میزان خازن مورد نیاز این مشترکین اقدام عاجلی صورت پذیرد.

جمع‌بندی و پتانسیل‌سنجی کلی طرح

با توجه به وضعیت اقلیمی استان یزد، به دلیل خشکی آب و هوا و اندک بودن میزان بارندگی و نیز با توجه به شرایط اقلیمی، وضعیت کشاورزی در این استان مطلوب نیست و امکان بهره‌برداری از آب‌های سطحی در کشاورزی بسیار کم است. در حدود ۶۱ درصد آبهای زیرزمینی استان از طریق چاههای عمیق حفر شده در این استان تامین گردیده و سپس ۲۶ درصد از میزان آب استحصالی از منابع زیرزمینی از طریق قنوات بوده است و چاههای نیمه عمیق و چشم‌های ترتیب ۱۰

و ۳ درصد از میزان آب‌های استحصالی از منابع زیرزمینی را به خود اختصاص داده‌اند. لذا از لحاظ بهینه‌سازی مصرف آب که بهینه‌سازی مصرف انرژی را به دنبال دارد می‌توان گفت در بخش کشاورزی این استان باید بیشترین سرمایه گذاری و مطالعه صورت پذیرد و از جمله عمدۀ راهکارهای اجرایی در این استان می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

تبديل الكتروپمپ ديزلی به برقی و برق مستحصل از انرژی بادی

از مجموع ۳۹۷۶ حلقه چاه عمیق و نیمه‌عمیق کشاورزی فعال در استان یزد ۳۰۷۳ حلقه چاه برقی و ۹۰۳ حلقه دیزلی و ۵ حلقه چاه نیز بادی بوده است. لذا یکی از اقدامات اولیه و مهم در این زمینه تبدیل ۹۰۳ حلقه چاه دیزل به برقی می‌باشد که این امر موجب کاهش مصرف انرژی می‌شود. از آنجاکه استان یزد در شرایط جغرافیایی خوبی از لحاظ جریانات وزش باد قرار دارد، پیشنهاد می‌گردد تا برای احداث توربین‌های بادی جهت استحصال برق، پتانسیل سنجی علمی و منطقی از لحاظ اقتصادی و محیط‌زیستی صورت گیرد.

انتخاب صحیح و مناسب الکتروپمپ‌ها

از بین ۳۰۷۳ حلقه چاه برقی ۱۹۲۱ حلقه دارای الکتروپمپ شناور بوده و ۱۳۳۰ حلقه دیگر دارای الکتروپمپ توربینی از نوع شفت و غلاف بوده است که در این مورد نیز باید اقدام اساسی صورت پذیرد. از طرفی با توجه به متوسط راندمان الکتروپمپ‌های توربینی افقی بررسی شده که در حدود ۴۲ درصد و الکتروپمپ‌های شناور موجود بر روی چاه‌های بررسی شده برابر ۶۰ درصد برآورد شده است در صورتی که کلیه چاه‌ها با الکتروپمپ‌های شناور پیشنهادی (الکتروپمپ‌هایی که مطابق اطلاعات مهندسی انتخاب و مطابق شرایط بهره‌برداری باشند) تعویض گرددن، متوسط راندمان آنها به بالای ۷۰ درصد افزایش خواهد یافت.

برآورد پتانسیل صرفه جویی انرژی الکتریکی در اثر تعویض و انتخاب صحیح الکتروپمپ

با توجه به آمار شرکت آب منطقه‌ای یزد، در حال حاضر حدود ۱۳۳۰ حلقه چاه دارای الکتروپمپ توربینی از نوع شفت و غلاف به طور متوسط دارای توان مصرفی ۱۹۰ کیلووات و با راندمانی در حدود ۴۵ درصد بوده‌اند. اگر این تعداد الکتروپمپ به الکتروپمپ‌های شناور با راندمان در حدود و یا حتی بالاتر از ۷۰ درصد تبدیل گرددن می‌توان تخمین زد حداقل ۱۳۶۴۵۸ مگاوات ساعت (با در نظر گرفتن تنها ۵ ساعت کارکرد روزانه) صرفه جویی در مصرف انرژی وجود خواهد داشت.

تغییر سیستم آبیاری از غرقابی به آبیاری تحت فشار

همانگونه که قبلاً اشاره گردید، در زمینه سیستم آبیاری نیز مطابق اطلاعات ارائه شده از بین ۲۷۱۳ مزرعه که اطلاعات آنها موجود بوده است، ۲۶۴۷ مزرعه به روش غرقابی آبیاری می‌شود و تنها ۵۷ مزرعه دارای سیستم آبیاری تحت فشار بوده است.

راندمان آبیاری در بخش کشاورزی کشور بین ۳۵ تا ۴۰ درصد است که مقدار آن از متوسط جهانی ۴۵ درصد در کشورهای در حال توسعه و ۶۰ درصد در کشورهای توسعه‌باافته پایین‌تر می‌باشد. لذا در صورت استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری راندمان به ۴۰ تا ۵۵ درصد افزایش خواهد یافت و در صورت استفاده از روش‌های نوین آبیاری، راندمان آبیاری در بخش کشاورزی به بیش از ۸۵ درصد افزایش می‌باید.

برآورد پتانسیل بهبود مصرف آب و صرفه‌جویی انرژی در اثر تغییر سیستم آبیاری

با توجه به آمار ارائه شده از طرف جهاد کشاورزی استان یزد، حدود ۳۱۹۷۴ هکتار تحت کشت محصولاتی نظیر گندم، ذرت دانه‌ای و یونجه بوده که مجموعاً سالانه نیاز آبی کشت این محصولات برابر ۲۳۳۳۴۰ هزار مترمکعب می‌باشد [۱]. همچنین در حدود ۵۰۶۰ هکتار از اراضی این استان نیز زیرکشت محصولات باگی می‌باشد که نیاز آبی سالانه این محصولات نیز در حدود ۴۲۰۹۸۰ هزار مترمکعب می‌باشد. لذا در صورت تغییر سیستم آبیاری در محصولاتی نظیر گندم، ذرت علوفه‌ای و یونجه، حداقل راندمان آبیاری ۲۰ درصد افزایش خواهد یافت که در این صورت یعنی ۲۰ درصد کاهش مصرف آب و می‌توان گفت یعنی صرفه‌جویی ۲۴۲/۴۳ میلیون مترمکعب آب در سال که با در نظر گرفتن میزان مصرف انرژی الکتریکی به ازای استحصال هر مترمکعب آب که با توجه به متوسط راندمان الکتروپمپ‌ها حدوداً $1/3$ کیلووات به ازای هر مترمکعب آب می‌باشد، می‌توان گفت در اثر این تغییر شیوه آبیاری در این چند محصول، سالانه در حدود ۳۱۵۶۰۵/۵ مگاوات ساعت در انرژی الکتریکی صرفه‌جویی خواهد شد.

همچنین در اثر تغییر سیستم آبیاری در کشت محصولات باگی به سیستم آبیاری تحت فشار (آبیاری نوین) راندمان آبیاری از حد فعلی به ۸۵ درصد افزایش خواهد یافت که در این صورت، میزان آب مصرفی $440/2$ میلیون مترمکعب در سال خواهد بود و پتانسیل صرفه‌جویی مصرف انرژی الکتریکی نیز $572312/6$ مگاوات ساعت در سال خواهد بود.

در نتیجه، در اثر تغییر سیستم آبیاری در چند محصول یاد شده که در حدود ۶۱ درصد از سطح زیرکشت استان یزد را پوشش می‌دهد، می‌توان سالانه $682/63$ میلیون مترمکعب آب صرفه‌جویی نمود و پتانسیل صرفه‌جویی انرژی الکتریکی $887473/1$ مگاوات ساعت وجود خواهد داشت.

انتخاب محصول زراعی مناسب مطابق با اقلیم و میزان آببری

شهرستان خاتم با سطح زیرکشت ۱۶۰۵۸ هکتار و برداشت ۱۵۹۵۷ بیشترین سطح زیرکشت و برداشت را دارا بوده است ولی آنچه مهم است در کل محصولات زراعی این شهرستان از لحاظ عملکرد با عملکرد ۶۸۸۶ کیلوگرم بر هکتار پایین‌ترین عملکرد را دارا می‌باشد. در صورتی که شهرستان بیزد در کل محصولات زراعی با عملکرد ۲۲۷۷۹ کیلوگرم بر هکتار بالاترین عملکرد را در سال زراعی ۸۹ دارا بوده است. با توجه به اینکه بیشترین سطح زیرکشت در این استان پسته و بهترین عملکرد تولید را نیز انار دارا می‌باشد و از طرفی، جهت آبیاری درخت پسته و انار می‌توان از سیستم‌های تحت فشار بالاخص آبیاری قطره‌ای استفاده نمود، لذا پیشنهاد می‌گردد ترویج کشت این دو محصول همراه با بهره‌گیری از سیستم‌های نوین آبیاری گسترش یابد.

بررسی وضعیت دیماند قراردادی با دیماند مصرفی

مطابق آمار ارائه شده از طرف شرکت توزیع نیروی برق استان بیزد در سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۰، مجموع دیماند قراردادی چاههای کشاورزی استان در سال ۸۹ در حدود ۸۵ مگاوات و مجموع متوسط دیماند مصرفی آن در حدود ۶۷ مگاوات بوده است. بدین ترتیب، مجموع متوسط دیماند مصرفی ۷۸/۹ درصد مجموع دیماند قراردادی بوده است و در سال ۹۰ مجموع دیماند قراردادی ۸۳ مگاوات و مجموع دیماند مصرفی ۴۴ مگاوات بوده است. بدین ترتیب، مجموع متوسط دیماند مصرفی ۵۳/۹ درصد مجموع دیماند قراردادی می‌باشد و بیشترین مصرف انرژی اکتیو در سال‌های ۸۹ و ۹۰ مربوط به شهرستان خاتم می‌باشد. با توجه به مطالب ذکر شده می‌توان به این نکته اشاره کرد که کاهش مصرف انرژی الکتریکی دو شهرستان بركوه و خاتم به دلیل سهم انرژی مصرفی بالا، تاثیر بسزایی در کاهش مصرف انرژی چاههای کشاورزی استان بیزد دارد.

بررسی ضریب قدرت و طرح خازن‌گذاری

از مجموع ۲۲۶۶ مشترک فعال بخش کشاورزی استان بیزد که آمار آنها توسط شرکت توزیع نیروی برق استان بیزد ارائه شده است، ۶۰۱ مشترک دارای ضریب قدرت پایین‌تر از ۰,۹ بوده است. لذا نیاز است با همکاری شرکت توزیع برق استان بیزد و دیگر ارگان‌های مرتبط نسبت به بررسی خازن‌گذاری و میزان خازن مورد نیاز این مشترکین اقدام عاجلی صورت پذیرد.

انتخاب یک شهرستان جهت اجرای پایلوت طرح‌ها

با توجه به کلیه بررسی‌های انجام شده، مشخص گردید بیشترین مصرف آب در بخش کشاورزی در شهرستان خاتم با مصرف آب در بخش کشاورزی در شهرستان خاتم با مصرف ۲۶۹ میلیون مترمکعب در سال وجود داشته است و این

شهرستان دارای ۷۶۹ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق می‌باشد که بعد از شهرستان ابرکوه دومین شهرستان در استان یزد می‌باشد که بیشترین سطح زیرکشت در این شهرستان با سطحی در حدود ۱۶۰۵۸ هکتار بوده است ولی متاسفانه پایین‌ترین عملکرد کشت را در بین شهرستان‌های این استان دارا بوده است. (عملکرد کشت ۶۸۸۶ کیلوگرم بر هکتار) و همچنین بعد از شهرستان ابرکوه که دارای ۵۳۴ عدد الکتروپمپ توربینی می‌باشد، شهرستان خاتم دارای ۳۸۹ حلقه چاه با الکتروپمپ توربینی می‌باشد و از طرفی کارایی آب در این شهرستان با دارا بودن منابع آبی مناسب‌تر از سایر شهرستان‌ها نسبتاً پایین بوده و دارای کارایی ۰/۶۱ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. از طرفی، این شهرستان با بیشترین مشترک برق کشاورزی با ۵۳۰ مشترک برق، بعد از شهرستان ابرکوه بیشترین مصرف انرژی اکتیو را طی سال‌های ۸۹ و ۹۰ و بیشترین مشترک با ضریب قدرت کمتر از ۰/۹ را دارا بوده است. لذا با توجه به این تفاصیل، پیشنهاد می‌گردد جهت بررسی و ممیزی انرژی و همچنین پتانسیل سنگی قوی‌تر همراه با اندازه‌گیری و تجزیه تحلیل، شهرستان ابرکوه در اولویت دوم از جهت بررسی و سرمایه‌گذاری مورد ارزیابی قرار گیرد.

نتیجه گیری

همانگونه که ذکر گردید، استان یزد در حالی که تنها ۱ درصد از اراضی کشور را در اختیار دارد، ۱/۵ درصد محصولات کشاورزی را تولید می‌کند. علاوه، به ازای هر یک مترمکعب آب مصرفی در این استان بیش از ۱ کیلوگرم ماده خشک استحصلال می‌شود. این میزان در سطح ملی ۸۰۰ تا ۹۲۰ گرم است. این استان با ۵۸۰۰ هکتار باغات انار و عملکرد ۱۲/۵ تن در هکتار و ذخایر غنی ژنتیکی یکی از مراکز اصلی تولید و تحقیق در زمینه انار می‌باشد. همچنین از نظر بادام رتبه چهارم کشوری را داراست و از نظر سطح زیرکشت پسته در رتبه دوم یا سوم قرار دارد. میزان بارندگی شهر یزد حدود ۷۰ میلیمتر است. بیشترین میزان بارندگی در فصل زمستان صورت می‌گیرد و پس از آن بارندگی‌های بهاره و پاییزه قرار دارد. به دلیل خشکی آب و هوا و اندک بودن میزان بارندگی و نیز با توجه شرایط اقلیمی، وضعیت کشاورزی در این استان مطلوب نیست و امکان بهره‌برداری از آب‌های سطحی در کشاورزی بسیار کم است و اما منابع تامین آب در استان یزد شامل منابع آب زیرزمینی (۱۵۰۰ میلیون مترمکعب در سال)، منابع آب سطحی (۲۷/۵ میلیون مترمکعب در سال) و خط انتقال آب از زاینده رود به یزد (۶۵ میلیون مترمکعب در سال) می‌باشد که منابع زیرزمینی این استان شامل ۳۳۵۱ حلقه چاه عمیق (فعال و غیرفعال)، ۱۲۶۴ حلقه چاه نیمه عمیق (فعال و غیرفعال)، ۵۴۶ چشمۀ آب و ۳۲۸۳ قنات می‌باشد.

در این استان، محصول دانه‌های روغنی پایین‌ترین عملکرد کشت (kg/ha) را دارا بوده و بهترین عملکرد بیشتر در نباتات علوفه‌ای مشاهده گردید. همچنین شهرستان طبس با عملکرد ۶۸۰۵ کیلوگرم بر هکتار با بالاترین عملکرد و شهرستان خاتم با سطح زیرکشت ۱۶۰۵۸ هکتار و برداشت ۱۵۹۵۷ بیشترین سطح زیرکشت و برداشت را دارا بوده است ولی از لحاظ عملکرد با عملکرد ۶۸۸۶ کیلوگرم بر هکتار پایین‌ترین عملکرد را دارا بوده است. از لحاظ محصول، بیشترین سطح زیرکشت در این استان محصول پسته و بهترین عملکرد تولید را نیز انار دارا می‌باشد و از طرفی، با توجه به اینکه

جهت آبیاری درخت پسته و انار می‌توان از سیستم‌های تحت فشار بالاخص آبیاری قطره‌ای استفاده نمود، لذا پیشنهاد می‌گردد ترویج کشت این دو محصول همراه با بررسی‌های نوبن آبیاری گسترش یابد. با بررسی‌های بعمل آمده، میزان پتانسیل صرفه‌جویی انرژی الکتریکی در اثر تعویض و انتخاب صحیح الکتروپمپ در حدود ۱۳۶۴۵۸ مگاوات ساعت و در نتیجه تعییر سیستم آبیاری از آبیاری غرقابی به سیستم‌های نوین، ۸۷۴۷۳/۱ مگاوات ساعت در انرژی الکتریکی و سالانه ۶۸۲/۶۳ میلیون متر مکعب آب امکان صرفه‌جویی وجود دارد.

سپاسگزاری

نویسنده‌گان از همکاری صمیمانه شرکت‌های توزیع برق استان یزد و آب منطقه‌ای و سازمان جهاد کشاورزی این استان که در جهت جمع‌آوری اطلاعات این مقاله کمک‌های شایانی کردند، سپاسگزاری می‌نماید.

منابع

- [۱] بی‌نام. (۱۳۸۹)، آمارنامه کشاورزی، سازمان جهاد کشاورزی استان یزد.
- [۲] بی‌نام. (۱۳۸۹)، آمارنامه کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی جمهوری اسلامی ایران.
- [۳] زارع فیض آبادی، احمد. (۱۳۷۷)، بررسی کارآبی انرژی و بازده اقتصادی نظام‌های زراعی متداول و اکولوژیک در تنابوهای مختلف با گندم، پایان نامه دکتری زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۱۰-۱۰۷.
- [۴] کوچکی، علیرضا. حسینی، محمد. (۱۳۷۳)، کارآبی انرژی در اکوسیستم‌های کشاورزی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۶۶.
- [۵] نصیری محلاتی، مهدی. کوچکی، علیرضا. رضوانی مقدم. پرویز. (۱۳۸۱)، اثر تعییر اقلیم جهانی بر تولیدات کشاورزی، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۸۵-۸۵.
- [۶] نی‌ریزی، سلامت. (۱۳۸۷)، معیارهای انتخاب سیستم‌های آبیاری، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ۲۰-۱۳.
- [7] Anonymous. The Institute for Energy and the Environment. 2011. "Energy Efficiency and Farm equipment" , www.agenergysolutions.org.