

# پتانسیل سنجی صرفه جویی مصرف آب و انرژی استحصال آن در بخش زراعت (مطالعه موردی: استان یزد)

رسول لقمانپور زرینی<sup>۱</sup>، سیدرضا طباطبایی کلور<sup>۲</sup>، اسداله اکرم<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت مقاله:

۹۳/۹/۶

تاریخ پذیرش مقاله:

۹۴/۲/۲۸

## 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 مصرف انرژی الکتریکی و فسیلی به عنوان عوامل موثر در بخش کشاورزی و مقایسه با استانداردهای 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 الکتروپمپ‌های دیزلی و برقی، انتخاب صحیح و مناسب الکتروپمپ‌ها به همراه افزایش بازده سیستم‌های پمپاژ، تغییر سیستم آبیاری از غرقابی به آبیاری تحت فشار، انتخاب محصول کشاورزی مطابق با اقلیم استان مورد مطالعه، کاهش دیماند و طرح خازن‌گذاری مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا، برآورد 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.

## کلمات کلیدی:

انرژی، بهینه‌سازی، صرفه‌جویی، پتانسیل سنجی، کشاورزی

R\_loghmanpoor@ut.ac.ir  
tabatabaei@sanru.ac.ir  
aakram@ut.ac.ir

(۱) دانشجو دکتری پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (نویسنده مسئول)  
(۲) دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری  
(۳) دانشیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

## 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 باغی 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. بعلاوه، 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 ۹۰-۸۹ 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 درحالی 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 ۱۶۸۸۷ 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 چاه ها 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 چشمه 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 مراحل 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 می باشد. هرچند در این مرحله شاید انرژی الکتریکی کمتری مصرف گردد، ولی مصرف انرژی فسیلی به مراتب بالا می باشد. لذا آنچه در این مرحله (مرحله اولیه آماده سازی محیط کشت گیاه یا نهال) مهم می باشد، انتخاب نوع ماشین آلات با توجه به توپوگرافی زمین، ابعاد زمین، بافت و ساختمان خاک و بعد مسافت کارگاه یا عرصه تولید می باشد [۴].

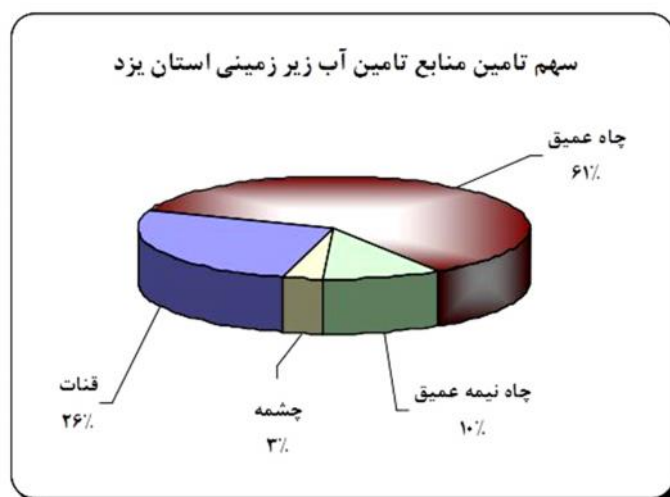
مبحث مهم دیگری که در مرحله کاشت باید بدان توجه نمود، در مرحله اول انتخاب نوع محصول با اقلیم منطقه و مهم تر انتخاب نوع بذر یا اندام تکثیری است بدین شکل که بذر انتخابی بر اساس چگونگی آب و هوای منطقه، چگونگی آماده سازی خاک و نکته مهم دیگر در این بخش، تعیین میزان بذر که براساس قوه نامیه بذر، چگونگی آماده سازی خاک، میزان رطوبت و در دسترس بودن منابع آبی و سایر نهاده ها 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 ماشین آلات مورد نیاز در کلیه مراحل تولید انتخاب گردد تا موجب اتلاف در مصرف انرژی منابع نشود [۳]. لذا در این مرحله پیشنهاد می گردد طرح همیاری توسط جهاد کشاورزی با همکاری وزارت نیرو صورت پذیرد تا با تشکیل شرکت های تعاونی اقدام به یکپارچه سازی اراضی گردد. بنابر این، این طرح چندین حسن دارد از جمله متناسب شدن تجهیزات با ابعاد و توپوگرافی زمین، امکان بهره گیری از سیستم های نوین استحصال و توزیع آب، توان بهره گیری مستقیم از کارشناسان کشاورزی در بخش تولید و مهم تر از همه کاهش مصرف آب و انرژی در همه مراحل تولید. لذا موارد مهمی که باید در جهت پتانسیل سنجی 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 می باشد.

### کاهش مصرف انرژی در مرحله داشت و برداشت

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

پمپاژ مناسب تر خواهند 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 پتانسیل‌سنجی وضعیت کشاورزی موارد فوق در نظر گرفته شود که در گزارش فوق به بررسی هریک از آنها پرداخته شده است. آنچه باید بدان توجه گردد جایگزینی مبارزه بیولوژیکی به جای سموم 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، چشمه، رودخانه و قنات مسیرهای مختلفی احداث شده و برای احداث بهینه این مسیرها انرژی زیادی مصرف و اعتباراتی نیز تخصیص می‌یابد 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 (اقلیم شناسی)



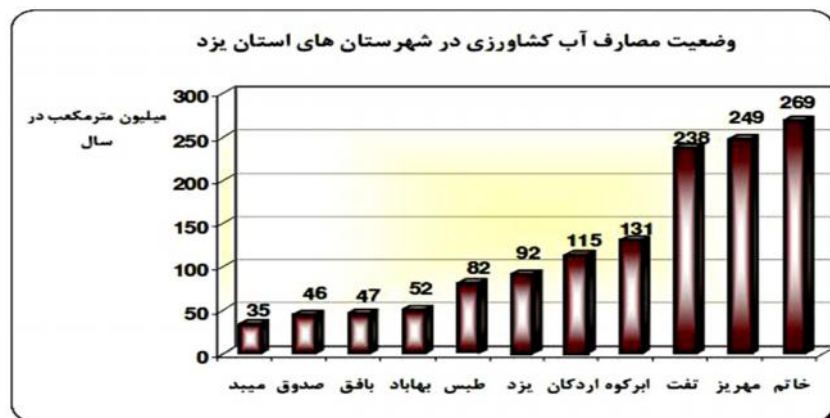
شکل (۱) نمودار سهم تامین آب زیرزمینی استان یزد [۲]

استان مورد مطالعه از لحاظ مصرف آب دارای بیشترین میزان مصرف در بخش کشاورزی می‌باشد، یعنی حدود ۹۳/۳ درصد از منابع آب استان یزد در بخش کشاورزی و حدود ۴/۳۷ درصد در بخش شرب و بهداشتی و در بخش صنعت نیز حدود ۲/۳۳ 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.

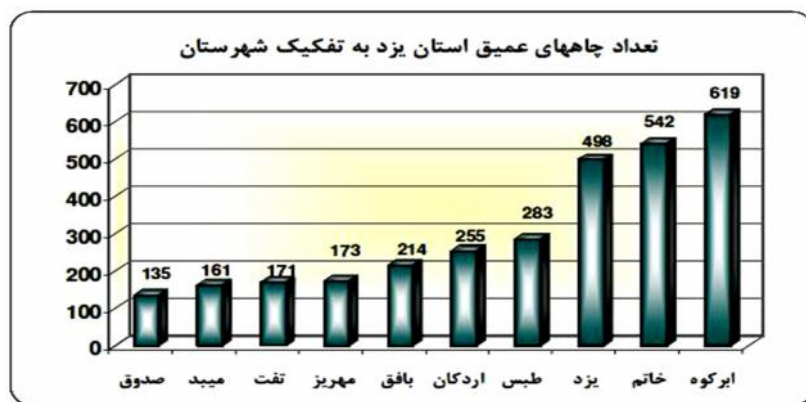
### بررسی وضعیت مصرف آب کشاورزی در شهرستان‌های استان یزد

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.



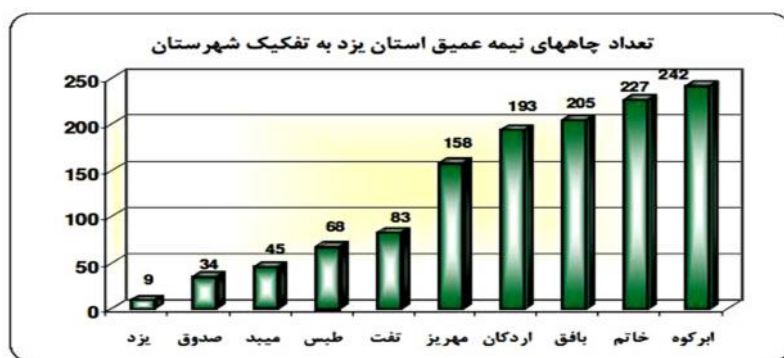
شکل ۲) نمودار وضعیت مصرف آب کشاورزی در استان یزد به تفکیک شهرستان

حال با مشخص شدن میزان مصارف آب کشاورزی در هر یک از شهرستان‌ها، به بررسی تعداد حلقه چاه‌های عمیق و نیمه عمیق 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 داراست. 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 یزد با ۹ حلقه چاه کمترین تعداد چاه‌های نیمه عمیق را داراست.



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 بهره‌وری در بین ۳۱ استان	گروه محصولات	عملکرد (kg/ha)
۱	محصولات جالیزی	۹۱۲۰۹.۵۲
۶	کل گروه‌ها	۱۶۸۹۰.۱۰
۷	نباتات علوفه‌ای	۲۸۳۹۶.۳۶
۹	سبزیجات	۳۳۳۰۷.۴۶
۱۳	غلات	۳۲۹۵.۱۳
۱۳	سایر محصولات	۱۹۶۳.۸۱
۲۴	حبوبات	۱۷۳۸.۴۶
۲۸	محصولات صنعتی	۱۲۲۴.۷۳

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
ابرقوه	10867	10836	127581	11774
بافق	1684	1640	13366	8150
بهباد	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
<b>جمع</b>	<b>56296</b>	<b>55645</b>	<b>643058</b>	<b>11557</b>

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 ۶۸۸۰۵ 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

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

متأسفانه 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 غرقابی 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	ابركوه	131
2	اردكان	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

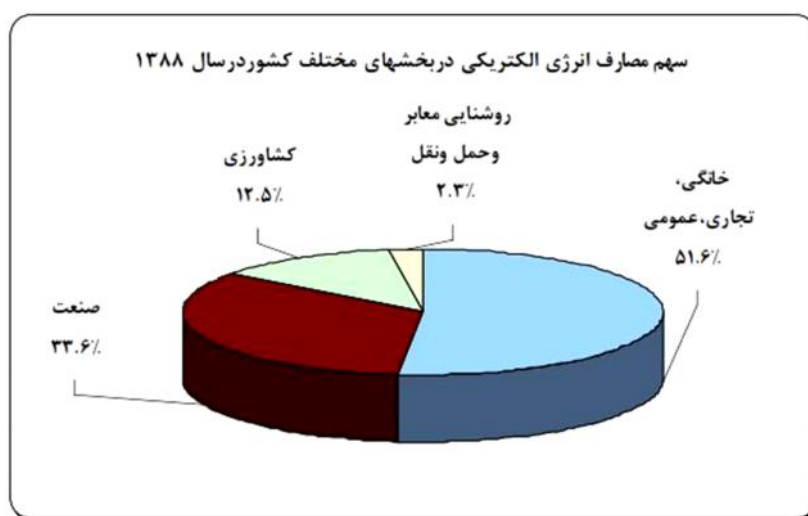
کشاورزی هر یک از شهرستان‌ها را به تفکیک مشخص نمود تا وضعیت کارایی آب در این استان به تفکیک شهرستان تعیین گردد. با توجه به نتایج مندرج در جدول شماره (۵) ملاحظه می‌گردد، کمترین کارایی آب مربوط به شهرستان بافق و بهترین کارایی مربوط به شهرستان یزد است و در کل، این استان دارای کارایی آب در حدود  $1/0.5$  کیلوگرم بر متر مکعب بوده است. هرچند این مقدار از میزان متوسط کارایی آب کل کشور در بخش کشاورزی ( $0/8$  کیلوگرم بر متر مکعب) در همان سال بوده است، ولی نسبت به میانگین و افق  $1400$  که باید این مقدار به میزان  $1/6$  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 (کیلوگرم بر مترمکعب)
ابرکوه	177,292	131,000,000	1.35
اردکان	70,279	115,000,000	0.61
باقق	24,916	99,000,000	0.25
بهباد	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
طیس	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 فرآورده‌های 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.

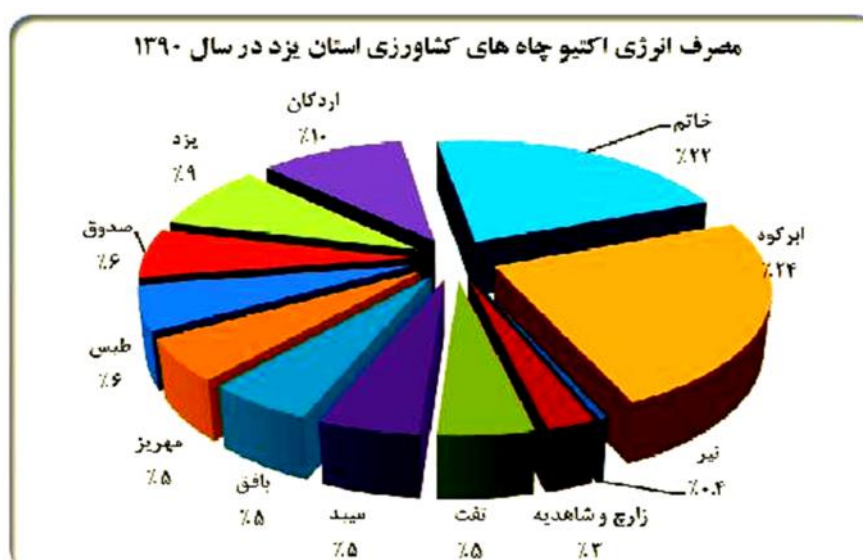
### بررسی وضعیت انرژی اکتیو چاه‌های کشاورزی استان یزد

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 ۰/۹
۶۰۱	کمتر از ۰/۹
۱۱۵	متفرقه

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

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

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
ابركوه	۴۹۸	۱۰۷	۱۲	۶۱۷
اردكان	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
میبد	۴۹	۵	۳	۵۷
جمع کل	۱۵۵۰	۶۰۱	۱۱۵	۲۲۶۶

با توجه به نتایج مندرج در جدول (۷)، ملاحظه می گردد 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 بوده اند 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 ارگان های مرتبط نسبت به بررسی خازن گذاری و میزان خازن مورد نیاز این مشترکین اقدام عاجلی صورت پذیرد.

### جمع بندی و پتانسیل سنجی 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 بهره برداری از آب های سطحی در کشاورزی بسیار کم است. در 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 قنوات بوده است و چاه های نیمه عمیق و چشمه ها به 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 عمده راهکارهای اجرایی در این استان می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

### تبدیل الکتروپمپ دیزلی 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 محیط زیستی 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 گردند، 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 ۷۰ درصد تبدیل گردند 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 توسعه یافته پایین تر 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 می‌یابد.

### 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 ۵۰۶۶۰ هکتار از اراضی این استان نیز زیرکشت محصولات باغی 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 ۱/۳ 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 باغی 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 ۴۴۰/۲ میلیون مترمکعب در سال خواهد بود و پتانسیل صرفه‌جویی مصرف انرژی الکتریکی نیز ۵۷۲۳۱۲/۶ 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 ۶۸۲/۶۳ میلیون مترمکعب آب صرفه‌جویی نمود و پتانسیل صرفه‌جویی انرژی الکتریکی ۸۸۷۴۷۳/۱ مگاوات ساعت وجود خواهد داشت.

### انتخاب محصول زراعی مناسب مطابق با اقلیم و میزان آبربری

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 یزد 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 دیمانند قراردادی با دیمانند مصرفی

مطابق آمار ارائه شده از طرف شرکت توزیع نیروی برق استان یزد در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۹، مجموع دیمانند قراردادی چاه‌های کشاورزی استان در سال ۸۹ در حدود ۸۵ مگاوات و مجموع متوسط دیمانند مصرفی آن در حدود ۶۷ مگاوات بوده است. بدین ترتیب، مجموع متوسط دیمانند مصرفی ۷۸/۹ درصد مجموع دیمانند قراردادی بوده است و در سال ۹۰ مجموع دیمانند قراردادی ۸۳ مگاوات و مجموع دیمانند مصرفی ۴۴ مگاوات بوده است. بدین ترتیب، مجموع متوسط دیمانند مصرفی ۵۳/۹ درصد مجموع دیمانند 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 ابرکوه و خاتم به دلیل سهم انرژی مصرفی بالا، تاثیر بسزایی در کاهش مصرف انرژی چاه‌های کشاورزی استان یزد دارد.

### بررسی ضریب قدرت و طرح خازن‌گذاری

از مجموع ۲۲۶۶ مشترک فعال بخش کشاورزی استان یزد که آمار آنها توسط شرکت توزیع نیروی برق استان یزد ارائه شده است، ۶۰۱ مشترک دارای ضریب قدرت پایین‌تر 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.

### 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 می باشد که بعد از شهرستان ابرکوه دومین شهرستان در استان یزد می باشد که بیشترین سطح زیرکشت در این شهرستان با سطحی در حدود ۱۶۰۵۸ هکتار بوده است ولی متأسفانه پایین ترین عملکرد کشت را در بین شهرستان های این استان دارا بوده است. (عملکرد کشت ۶۸۸۶ کیلوگرم بر هکتار) و همچنین بعد از شهرستان ابرکوه که دارای ۵۳۴ عدد الکتروپمپ توربینی می باشد، شهرستان خاتم دارای ۳۸۹ حلقه چاه با الکتروپمپ توربینی می باشد و از طرفی کارایی آب در این شهرستان با دارا بودن منابع آبی مناسب تر از سایر شهرستان ها نسبتاً پایین بوده و دارای کارایی ۰/۶۱ کیلوگرم بر مترمکعب می باشد. از طرفی، این شهرستان با بیشترین مشترک برق کشاورزی با ۵۳۰ مشترک برق، بعد از شهرستان ابرکوه بیشترین مصرف انرژی اکتیو را طی سال های ۸۹ و ۹۰ و بیشترین مشترک با ضریب قدرت کمتر از ۰/۹ را دارا بوده است. لذا با توجه به این تفصیل، پیشنهاد می گردد جهت بررسی و ممیزی انرژی و همچنین پتانسیل سنجی قوی تر همراه با اندازه گیری و تجزیه تحلیل، شهرستان ابرکوه در اولویت دوم از جهت بررسی و سرمایه گذاری 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 می کند. بعلاوه، 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. این استان با ۵۸۰۰ هکتار باغات انار و عملکرد ۱۲/۵ تن در هکتار و ذخائر غنی ژنتیکی یکی از مراکز اصلی تولید و تحقیق در زمینه انار می باشد. 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 می گیرد و پس از آن بارندگی های بهار 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 بهره برداری از آب های 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) می باشد که منابع زیرزمینی این استان شامل ۳۳۵۱ حلقه چاه عمیق (فعال و غیرفعال)، ۱۲۶۴ حلقه چاه نیمه عمیق (فعال و غیرفعال)، ۵۴۶ چشمه آب و ۳۲۸۳ قنات می باشد.

در این استان، محصول دانه های روغنی پایین ترین عملکرد کشت (kg/ha) را دارا بوده و بهترین عملکرد بیشتر در نباتات علوفه ای مشاهده گردید. همچنین شهرستان طبس با عملکرد ۶۸۸۰۵ 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 پایین ترین عملکرد را دارا بوده است. از لحاظ محصول، بیشترین سطح زیرکشت در این استان محصول پسته و بهترین عملکرد تولید را نیز انار دارا می باشد و از طرفی، با توجه به اینکه

جهت آبیاری درخت پسته و انار می‌توان از سیستم‌های تحت فشار بالاخص آبیاری قطره ای استفاده نمود، لذا پیشنهاد می‌گردد ترویج کشت این دو محصول همراه با بررسی‌های نوین 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 تغییر سیستم آبیاری از آبیاری غرقابی به سیستم‌های نوین، ۸۸۷۴۷۳/۱ مگاوات ساعت در انرژی الکتریکی و سالانه ۶۸۲/۶۳ میلیون متر مکعب آب امکان صرفه‌جویی وجود دارد.

### سپاسگزاری

نویسندگان 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 کارایی انرژی و بازده اقتصادی نظام‌های زراعی متداول و اکولوژیک در تناوب‌های مختلف با گندم، پایان نامه دکتری زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۱۰-۱۰۷.
- [۴] کوچکی، علیرضا. حسینی، محمد. (۱۳۷۳)، کارایی انرژی در اکوسیستم‌های کشاورزی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۶۶.
- [۵] نصیری محلاتی، مهدی. کوچکی، علیرضا. رضوانی مقدم. پرویز. (۱۳۸۱)، اثر تغییر اقلیم جهانی بر تولیدات کشاورزی، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۸۵-۸۶.
- [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](http://www.agenergysolutions.org).