

بررسی وضعیت قنوات و آبیاری در اراضی کشاورزی مربوط به آنها در استان سمنان

نادر نادری^{۱*} و فریبرز عباسی

استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران.

Naderi7367@yahoo.com

استاد موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

fariborzabbasi@ymail.com

چکیده

قنات یکی از شگفت‌انگیزترین سازه‌ها برای استخراج آب زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. در استان سمنان، ۶۰۷ رشته قنات با تخلیه متوسط ۹۳/۵ میلیون متر مکعب در سال وجود دارد. در پژوهش حاضر، وضعیت ۱۵ رشته قنات و وضعیت آبیاری در اراضی کشاورزی مربوط به آنها در این استان بررسی و برخی راهکارها برای بهبود وضعیت قنات‌های مورد مطالعه ارائه گردیده شده است. در این تحقیق، وضعیت آبدی قنات‌ها و تغییرات کمی و کیفی آب آنها، راندمان کاربرد و کارایی مصرف آب در اراضی پایین‌دست قنات‌ها ارزیابی شد. نتایج نشان داد که عدم تأمین اعتبار کافی به علت کمبود منابع مالی، ریزش کوره‌ها و میله‌ها به خاطر عدم تجهیز مناسب، عدم استفاده از مصالح و پوشش‌های لازم، عدم نگهداری صحیح و مناسب قنات‌ها، عدم ایجاد تمهیدات لازم برای جلوگیری از ورود سیلاب‌ها به داخل قنات‌ها، تعدد مالکین و بروز مشکل در هماهنگی آنها و مهاجرت به شهرها از مهمترین عوامل کاهش آبدی و تخریب قنات‌های منطقه بودند. تغییرات هدایت الکتریکی و pH آب قنات‌ها در بلندمدت ناچیز بود. متوسط راندمان کاربرد آب در اراضی پایین‌دست قنات‌ها ۵۱/۶ درصد و در اراضی پایین‌دست چاه‌ها ۴۵/۵ درصد به دست آمد. متوسط بهره‌وری مصرف آب در اراضی پایین‌دست قنات‌ها برای محصولات مختلف ۰/۶۳ کیلوگرم بر متر مکعب برآورد گردید. ایجاد تشکلهای قوی برای مشارکت هرچه بهتر مالکین در بهره‌برداری و نگهداری قنات‌ها، لایروبی منظم، کول‌گذاری کوره، طوقه‌چینی میله‌ها، لوله‌گذاری در کوره و نصب شیر فلکه در مظهر قنات، احداث حوضچه‌های ذخیره آب قنات‌ها، ایجاد تناسب بین نیاز آبی محصولات و آب داده شده در اراضی پایین‌دست قنات‌ها از مهم‌ترین راهکارهای عملی و اجرایی برای بهبود وضعیت قنات‌ها هستند.

واژه‌های کلیدی: راندمان آبیاری، بهره‌وری مصرف آب، مسائل فنی و بهره‌برداری.

۱ - آدرس نویسنده مسئول: شاهرود - کیلومتر ۳ جاده بسطام - مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود).

* - دریافت: اسفند ۱۳۹۵ و پذیرش: تیر ۱۳۹۶

مقدمه

قنات نقش مهمی در توسعه‌ی تمدن انسانی در اقلیم‌های خشک داشته است. این سیستم آبرسانی از تونلی تقریباً افقی با شیب بسیار کم تشکیل شده که بخشی از این تونل زیر سطح آب زیرزمینی است و به کمک نیروی ثقل آب را به سطح زمین می‌رساند (صالحی متعهد و همکاران، ۱۳۹۳). به‌منظور ایجاد تهویه‌ی هوا و سهولت خروج مواد حفر شده، تعدادی میله چاه در مسیر تونل حفر می‌شود.

در ایران ۳۲۶۹۸ رشته قنات وجود دارد که سالانه حدود هشت میلیارد متر مکعب از آب‌های زیرزمینی کشور را استخراج می‌نمایند (سمسار یزدی، ۱۳۸۳). دبی قنات‌ها از دو لیتر بر ثانیه تا بیش از ۳۵۰ لیتر در ثانیه در نقاط مختلف ایران تغییر می‌کند که دبی اخیر مربوط به بزرگترین قنات ایران، یعنی قنات قصبه گناباد در استان خراسان رضوی، می‌باشد (پاپلی یزدی و لباف خانیکی، ۱۳۷۹). سهم قنات‌ها در بخش کشاورزی حدود ۹٪ است. با دایر نمودن قنات‌های خشک و اصلاح قنات‌های موجود، این مقدار آب را می‌توان به دو برابر افزایش داد (شکوهی و دانش کار آراسته، ۱۳۸۳). طبق آمار شرکت سهامی آب منطقه‌ای سمنان (۱۳۸۷) تعداد ۶۰۷ رشته قنات با تخلیه متوسط ۹۳/۵ میلیون متر مکعب در سال در این استان وجود دارد. در سه دهه گذشته، استفاده از وسایل مکانیزه برای حفر قنات‌ها رایج شده است. به طوری که حفر قنات در سال‌های اخیر در بعضی از شهرها و روستاها از حالت ۱۰۰٪ سنتی به حالت نیمه مکانیزه درآمده و موضوع تکامل تکنولوژی و امکانات صنعتی کردن حفر قنات به صورت بحثی قابل طرح و پیگیری در بین متخصصین امر در آمده است (بهنیا، ۱۳۶۷).

فرزام‌نیا و عباسی (۱۳۹۰) ضمن بررسی قنات‌های استان کرمان نتیجه گرفتند که افت سطح آب‌های زیرزمینی و حفر بی‌رویه‌ی چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق از مشکلات عمده‌ی بهره‌برداری از قنات‌های منطقه بود.

لقایی و همکاران (۱۳۹۱) قنات سنگلج در تهران را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از برتری فرصت‌ها و نقاط قوت قنات سنگلج نسبت به عوامل تهدیدکننده خارجی و نقاط ضعف آن بود. بر این اساس، امکان استفاده از آب قنات برای آبیاری فضای سبز پارک شهر و وجود منابع آب بدون استفاده در نزدیکی قنات سنگلج، برخی از مهم‌ترین فرصت‌ها بوده و عدم اجرای قوانین مرتبط با قنات‌ها از سوی نهادهای ذیربط از مهم‌ترین دلایل ایجاد عوامل تهدیدکننده نظیر برداشت بی‌رویه آب در بالادست و نفوذ فاضلاب‌ها به کوره قنات بود.

فرجی سبکبار و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی تطبیقی بهره‌برداری از منابع آب و نقش آن بر توسعه‌ی روستایی بخش‌های شوقان و سنخواست در استان خراسان شمالی پرداختند. ملاحظه شد که روی آوردن به احداث چاه‌های عمیق و نیمه عمیق و گسترش روزافزون آنها باعث تغییرات شدید در نظام بهره‌برداری از منابع آب و در نهایت از بین رفتن روش‌های سنتی گردیده است. هرچند هزینه‌های احداث قنات بیشتر از چاه است، اما بازدهی قنات در درازمدت در قبال مخارج آن، بسیار زیاده‌تر و باصرفه‌تر است. یافته‌های این پژوهش نشان داد که در محدوده‌ی مورد مطالعه ۵۷ رشته قنات (۳۳٪) خشکیده‌اند، زیرا این قنات‌ها در برابر چاه‌ها (دیزلی و برقی) توان برابری نداشتند. خشکیدن قنات‌ها در برخی روستاها باعث مهاجرت جمعیت روستایی به روستاها و شهرهای اطراف گردیده است.

ناصری و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی در استان خراسان رضوی، نتیجه گرفتند که خشکسالی همراه با پیدایش روش‌های ساده و سریع حفر چاه‌های عمیق و کنترل ضعیف یا عدم کنترل دولت بر حجم آب استحصالی از چاه‌ها از دلایل اصلی تخریب قنات‌ها در این مقیاس بوده‌اند. یوسفی راد و خیراندیش (۱۳۷۹) با بررسی فاکتورهای مؤثر بر دبی قنات‌ها در شش دشت استان مرکزی که از لحاظ هیدروژئولوژیک شرایط متفاوتی

به‌خصوص آبیاری با این روش، موجب کنترل سطح آب و تداوم آبدهی قنات می‌شد. رهبری و افشار اصل (۲۰۰۷) در مطالعه‌ای اثرات قنات بر محیط را تجزیه و تحلیل نمودند. در این مطالعه، مسائل مربوط به هیدرولوژی، آلودگی، اکولوژی و اثرات اقتصادی-اجتماعی پارامترهای مهم محیطی بودند که مورد ارزیابی قرار گرفتند. آنها نتیجه گرفتند که قنات بر رسوب و فرسایش خاک، اکولوژی و مسائل اقتصادی-اجتماعی (شامل درآمد، مهاجرت و مشارکت مصرف کنندگان) اثرات مثبت داشت. تحقیق حاضر برای بررسی مسائل فنی و بهره‌برداری از برخی قنات‌های مهم استان سمنان و نحوه استفاده از آب در اراضی پایین‌دست آنها اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، در سال ۱۳۸۷-۱۳۸۶ به منظور بررسی و شناخت مشکلات و علل کاهش آبدهی قنات‌های موجود و وضعیت آبیاری در اراضی پایین‌دست آنها، تعدادی از قنات‌های استان سمنان مورد مطالعه قرار گرفتند. با مراجعه و بازدید از این قنات‌ها اطلاعات لازم جمع‌آوری و پارامترهای مورد نیاز اندازه‌گیری شد. وضعیت کمی و کیفی آب قابل برنامه‌ریزی در قنات‌ها و موارد استفاده از آب آنها، نظام تقسیم و توزیع آب قنات‌ها، مشکلات فنی و اجتماعی بهره‌برداری از قنات‌ها، دلایل تخریب قنات‌ها، راندمان کاربرد و کارایی مصرف آب در اراضی پایین‌دست قنات‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت، با توجه به این اطلاعات، مشکلات موجود و راه‌حل‌های ممکن ارائه شد. ابتدا آبدهی قنات‌های مورد مطالعه اندازه‌گیری شد. با توجه به نامنظم بودن مقاطع قنات‌ها، از روش میانگین مقطع استفاده گردید. مشخصات قنات‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. در میان این قنات‌ها، بیشترین طول مربوط به قنات ری آباد (۱۲ کیلومتر) و کمترین طول مربوط به قنات ده خیر و کال سپیدار (۵۰۰ متر)، کمترین دبی به

داشتند، نتیجه گرفتند که دبی و تخلیه قنات‌ها بیشترین همبستگی را با ویژگی‌های هیدرودینامیک آبخوان دارد. نوری و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی به بررسی تغییرات کمی آب قنات‌های شهرستان لنجان طی دوره آماری ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۱ پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که میزان تخلیه آب قنات‌های مورد مطالعه طی این دوره آماری، به‌ویژه در سال‌های خشکسالی، روند کاهشی داشته است. به‌طوری که تعدادی از قنات‌ها در سال آبی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ به‌طور کامل خشک شده‌اند. همچنین، کاهش سطح زیر کشت رابطه مستقیمی با میزان تخلیه آب قنات‌ها داشته است.

براهیمی و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی، سیستم بهره‌برداری از قنات‌ها (شامل نظام توزیع و تقسیم آب بین شاربین) را در نقاط مختلف ایران مورد بررسی قرار دادند. آنها نتیجه گرفتند که تمام قنات‌های فعال، سیستم بهره‌برداری منحصر به فرد خود را داشتند. با توجه به شرایط آب و هوایی، اقتصادی-اجتماعی و فرهنگی، نحوه بهره‌برداری از هر قنات با قنات دیگر متفاوت بود. به‌عبارت دیگر، شرایط غالب در منطقه، سیستم بهره‌برداری از قنات را تحت تأثیر قرار می‌دهد که باید مورد توجه قرار گیرد. سیستم‌های بهره‌برداری از قنات‌ها توسط مردم بر پایه توافق و رضایت خودشان به‌وجود آمده است، نه بر اساس دستور و آیین‌نامه خاصی. دهقانی و همکاران (۲۰۰۷) نحوه مدیریت زراعی و تغذیه قنات‌ها را در ۱۲ روستا در منطقه سانچ یزد مورد بررسی قرار دادند. ملاحظه شد که کشاورزان این منطقه بندهای کوچکی در مسیر رودخانه ساخته بودند و آب را به سمت اراضی وسیعی انتقال می‌دادند. آنها علاوه بر تولید محصول، تغذیه سفره آب زیرزمینی را نیز مورد توجه قرار داده بودند. در فصل بهار، اراضی شیب‌دار و نفوذپذیر در بالادست قنات‌ها کشت و با روش غلام گردشی آبیاری می‌شدند. به این ترتیب، سفره آب زیرزمینی مربوط به قنات تغذیه شده و موجب تقویت آبدهی آن در تابستان می‌شد. مشارکت کشاورزان و نحوه مدیریت زراعی آنها،

میزان ۳/۴ لیتر در ثانیه مربوط به قنات ده خیر و بیشترین دبی مربوط به قنات شازده بود.

متر مکعب) و RZ عمق توسعه ریشه (سانتی متر) است. برای به دست آوردن عمق توسعه ریشه، از نقاط مختلف مزرعه نمونه برداری گردید و عمق توسعه ریشه اندازه گیری شد.

راندمان کاربرد آب (Ea) از رابطه زیر محاسبه شد:

$$E_a = \frac{100 \times (\text{متوسط عمق آب ذخیره شده در ناحیه توسعه ریشه})}{\text{متوسط عمق آب داده شده به مزرعه}} \quad (2)$$

کارایی مصرف آب (WUE) نیز در اراضی پایین دست قنات ها تعیین گردید. حجم آب ورودی به مزرعه با استفاده از فلوم WSC تعیین گردید. با داشتن کل آب داده شده به مزرعه (V) و اندازه گیری عملکرد محصول (P) کارایی مصرف آب از رابطه زیر برای محصولات مختلف بدست آمد:

$$WUE (kg/m^3) = P(kg)/V(m^3) \quad (3)$$

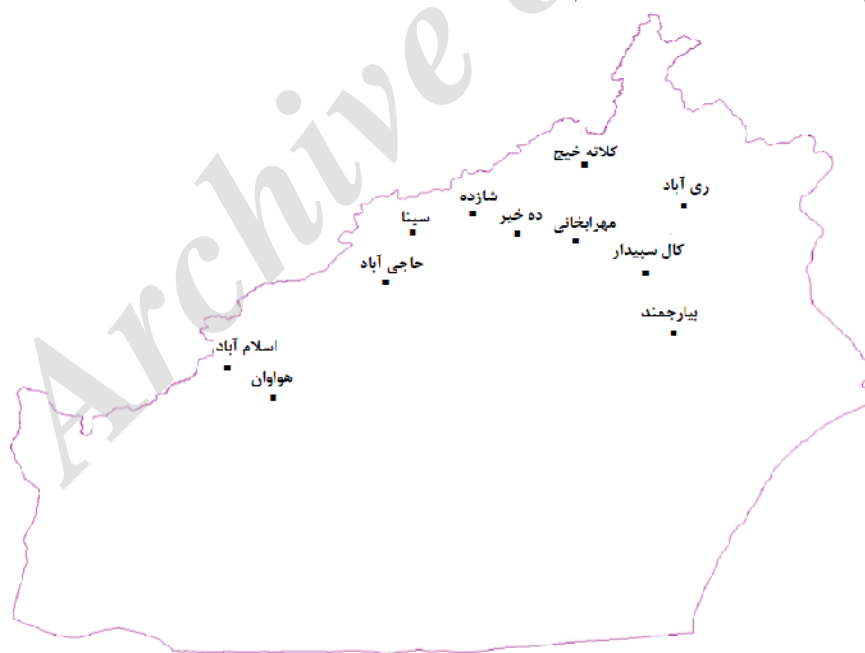
تعیین راندمان کاربرد و کارایی مصرف آب

با توجه به این که در اراضی پایین دست چاه ها و قنات های مورد بررسی گندم کشت شده بود، راندمان کاربرد آب در آبیاری چهارم در مرحله ساقه دهی گندم تعیین گردید. برای تعیین راندمان آبیاری در اراضی پایین دست قنات ها، میزان آب ورودی به مزرعه با استفاده از فلوم WSC، عمق توسعه ریشه، رواناب سطحی (در صورت وجود) و رطوبت خاک قبل ۲۴ تا ۴۸ ساعت بعد از آبیاری به روش وزنی اندازه گیری شد. عمق آب ذخیره شده در ناحیه ریشه از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$D = (\theta_2 - \theta_1) \cdot \rho_b \cdot R_z \quad (1)$$

که در آن:

θ_1 و θ_2 به ترتیب رطوبت وزنی خاک قبل و بعد از آبیاری، ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی



Scale: 1: 1000000

شکل ۱- نقشه موقعیت مظهر قنات های مورد مطالعه

جدول ۱- برخی از مشخصات قنات‌ها مورد مطالعه

ردیف	نام قنات	دبی متوسط (lit/sec)	نوع مصرف (شرب یا کشاورزی)	مساحت اراضی زیر کشت (ha)	طول قنات (m)	نوع قنات	تعداد مالکین حاضر در محل	تعداد مالکین
۱	مهرابخانی	۸/۳	کشاورزی	۴۲	۳۷۵۰	جلگه ای	۵	۱
۲	روان آباد	۴/۷	کشاورزی	۶	۵۰۰۰	دشتی	۱۰	۲
۳	ده خیر	۳/۴	کشاورزی	۴	۵۰۰	دشتی	۱۲	۸
۴	صادق خان	۳۱/۸	کشاورزی	۲۰۰	۶۰۰۰	جلگه ای	۶۰	۲۱
۵	سعد آباد کلاته خج	۳۰/۶	کشاورزی	۴۵	۱۰۰۰	کوهستانی	۹۰	۸۲
۶	۱۲۵ کلاته خج	۸۴/۹	کشاورزی	۲۰۰	۲۰۰۰	کوهستانی	۲۰۰	۱۷۵
۷	سینا مجن	۵۶/۳	کشاورزی	۴۸	۲۰۰۰	جلگه ای	۵۰	۴۲
۸	شازده	۱۰۵/۶	کشاورزی و صنعت	۷۰	۳۰۰۰	جلگه ای	۶۰	۳۴
۹	ری آباد	۶۶/۸	کشاورزی	۲۶۰	۱۲۰۰۰	دشتی	۱	۱
۱۰	کال سپیدار	۲۶/۶	کشاورزی	۲۵	۵۰۰	دشتی	۸	۸
۱۱	اقبالیه	۱۳/۵	کشاورزی و شرب	۳۴	۳۲۰۰	جلگه ای	۱۵	۱۲
۱۲	حاجی آباد رزوه	۵۰/۸	کشاورزی	۱۱۰	۲۵۰۰	دشتی	۷۰	۶۸
۱۳	اسلام آباد	۲۷/۷	کشاورزی	۳۰	۲۰۰۰	دشتی	۶۷	۴۲
۱۴	هواوان	۳۲/۲	کشاورزی	۵۰	۳۰۰۰	دشتی	۱۰۰	۹۸
۱۵	بیارجمند	۷۱/۱	کشاورزی	۱۳۴	۹۰۰۰	دشتی	۴۰۰	۲۸۰

جدول ۲- متوسط آبدهی قنات‌های مورد مطالعه در فصول مختلف سال ۱۳۸۶

ردیف	نام قنات	آبدهی (lit/sec)					انحراف معیار	ضریب تغییرات
		بهار	تابستان	پاییز	زمستان	متوسط سالانه		
۱	سینا مجن	۶۴	۵۲	۵۵	۵۴	۵۶/۳	۵/۳۲	۹/۴
۲	شازده	۱۲۵/۷	۹۶/۲	۱۰۰/۴	۱۰۰	۱۰۵/۶	۱۳/۵۵	۱۲/۸
۳	ری آباد	۷۶/۸	۶۰/۴	۶۶	۶۴	۶۶/۸	۷/۰۶	۱۰/۶
۴	کال سپیدار	۳۱/۲	۲۳/۴	۲۷/۶	۲۴	۲۶/۶	۳/۶۱	۱۳/۶
۵	اقبالیه	۱۵	۱۲/۶	۱۳/۵	۱۳	۱۳/۵	۱/۰۵	۷/۷
۶	حاجی آباد رزوه	۵۷/۶	۴۵/۲	۵۱	۴۹/۵	۵۰/۸	۵/۱۴	۱۰/۱
۷	مهرابخانی	۹/۳	۷/۷	۸/۳	۷/۸	۸/۳	۰/۷۳	۸/۸
۸	روان آباد	۵/۴	۴/۲	۴/۸	۴/۵	۴/۷	۰/۵۱	۱۰/۸
۹	ده خیر	۳/۸	۳/۰	۳/۵	۳/۲	۳/۴	۰/۳۵	۱۰/۴
۱۰	صادق خان	۳۴/۹	۲۹/۷	۳۱/۶	۳۱	۳۱/۸	۲/۲۱	۷
۱۱	سعد آباد کلاته خج	۲۷/۷	۲۵/۵	۳۰/۴	۲۸/۸	۳۰/۶	۳/۴۵	۱۱/۳
۱۲	۱۲۵ کلاته خج	۷۷/۲	۹۶/۵	۸۶/۲	۷۹/۵	۸۴/۹	۸/۶۵	۱۰/۲
۱۳	اسلام آباد	۳۸/۶	۱۲/۲	۳۰/۷	۲۹/۲	۲۷/۷	۱۱/۱۱	۴۰/۱
۱۴	هواوان	۴۰/۴	۲۰/۵	۳۵	۳۲/۷	۳۲/۲	۸/۴۱	۲۶/۲
۱۵	بیارجمند	۷۲/۲	۷۰	۷۱/۵	۷۰/۸	۷۱/۱	۰/۹۴	۱/۳

نتایج و بحث

تغییرات کمی آب قنات‌های مورد مطالعه در طول سال

تغییرات آبدهی قنات‌ها در طول سال اندازه‌گیری و نتایج در جدول ۲ آورده شده است. مقادیر انحراف از معیار و ضریب تغییرات نیز برای آبدهی

قنات‌ها در طول سال در این جدول ارائه شده است. تغییرات آبدهی قنات‌های جلگه‌ای و کوهستانی با یکدیگر تفاوت دارد. در قنات‌های جلگه‌ای، مانند قنات سینای مجن، از اواخر اسفند تا آخر خرداد آبدهی زیاد می‌شود و سپس در تابستان کاهش می‌یابد. ضریب تغییرات آبدهی قنات هواوان در بین قنات‌های مورد مطالعه از همه بیشتر

بالایی برخوردار است. ملاحظه می‌شود که ضریب تغییرات دبی سالانه قنوات بیارجمند و هواوان کمترین مقدار را داشت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که نوسانات دبی این دو قنوات در بین قنوات‌های مورد مطالعه در طول ۱۰ سال کمترین مقدار بوده است و این وضعیت به خاطر این است که عملیات لایروبی در این قنوات‌ها در طول این مدت به‌طور نسبتاً منظمی صورت گرفته است. برعکس، ضریب تغییرات دبی سالانه قنوات ری آباد بیشترین مقدار را داشته است. علت آن این است که قسمت اعظم کوره این قنوات به‌دلیل ریزش و ورود سیلاب به داخل قنوات مسدود شده و بعد از انجام لایروبی اساسی و از بین بردن شیب‌های معکوس در کف کوره، آبدهی افزایش قابل ملاحظه‌ای پیدا کرده است. بر اساس آمار موجود در شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان سمنان، در جدول ۳، هدایت الکتریکی و اسیدیته آب قنوات‌های تحت مطالعه آمده است. نمونه‌های آب از محل مظهر قنوات تهیه شده است.

و برابر ۴۰/۱ درصد می‌باشد. دلیل آن، برداشت زیاد آب در طول فصل تابستان توسط تعداد پنج حلقه چاه عمیق در بالادست است؛ اما در قنوات‌های کوهستانی، مانند قنوات‌های کلاته خنج، معمولاً در تابستان آبدهی افزایش می‌یابد. زیرا بعد از آب شدن برف‌های روی کوه‌ها چندین ماه طول می‌کشد تا این آب روی آبدهی قنوات تأثیر بگذارد.

تغییرات کمی و کیفی آب قنوات‌های مورد مطالعه در بلندمدت

با استفاده از آمار موجود در شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان سمنان، مقادیر دبی متوسط ۱۰ ساله (۱۳۷۸-۱۳۷۸)، انحراف معیار و ضریب تغییرات دبی سالانه برای قنوات‌های مورد مطالعه در جدول ۳ آمده است. در قنوات‌هایی که عملیات تعمیر و نگهداری بهتر و کامل‌تر انجام شده است، افزایش آبدهی نیز بیشتر و بهتر بوده است. در این میان عملیات لایروبی از اهمیت بسیار

جدول ۳- تغییرات آبدهی، هدایت الکتریکی (EC) و اسیدیته (pH) آب قنوات‌های مورد مطالعه در بلندمدت

ردیف	نام قنوات	آبدهی قنوات‌ها مورد مطالعه (lit/sec)			هدایت الکتریکی (EC) (mmhos/cm)			اسیدیته (pH)	
		متوسط دبی سالیانه	انحراف معیار	ضریب تغییرات (درصد)	متوسط هدایت الکتریکی	انحراف معیار	ضریب تغییرات (درصد)	انحراف معیار	ضریب تغییرات (درصد)
۱	مهرابخانی	۱۲/۲	۲/۹۳	۲۴	۱۵۰۰/۹	۶/۵۴	۰/۴	۷/۲۸	-۰/۱۵
۲	روان آباد	۳/۸	-۰/۵۳	۱۴	۹۵۰/۵	۵/۷۶	۰/۶	۷/۳۶	-۰/۱
۳	ده خیر	۲/۳	-۰/۸۲	۳۵	۱۷۴۵/۵	۹/۳	۰/۵	۷/۳۸	-۰/۱۳
۴	صادق خان	۳۰/۴	۷/۸۶	۲۶	۶۴۸/۸	۸/۷۲	۱/۳	۷/۳۵	-۰/۱۱
۵	سعدآباد کلاته خنج	۲۶/۷	۶/۴۶	۲۴	۱۳۲۲/۸	۸/۶۶	۰/۶	۷/۳۵	-۰/۱۲
۶	۱۲۵ کلاته خنج	۵۷/۳	۲۴/۳۳	۴۲	۱۲۰۳/۷	۱۰/۵۹	۰/۸	۷/۳۳	-۰/۱۱
۷	سینا مجن	۴۸	۱۰/۲۵	۲۱	۹۴۸/۹	۶/۶۱	۰/۶	۷/۳۳	-۰/۱
۸	شازده	۱۰۰/۲	۱۱/۹۳	۱۱	۹۵۲/۳	۷/۸۶	۰/۸	۷/۲۶	-۰/۱۲
۹	ری آباد	۳۹/۷۱	۲۶/۹	۹۰	۱۳۳۴	۸/۶۰	۰/۶	۷/۶۸	-۰/۱۳
۱۰	کال سبیدار	۱۲/۵	۹/۹۱	۷۹	۹۵۲/۲	۶/۴۴	۰/۶	۷/۳۴	-۰/۱۲
۱۱	اقبالیه	۱۳/۲	۱/۶۵	۱۲	۸۴۷/۷	۱۸/۱۴	۱/۲	۷/۱۲	-۰/۰۹
۱۲	حاجی آباد رزوه	۳۷/۷	۹/۵۳	۲۵	۱۸۱۲/۶	۱۹/۷۸	۱	۷/۷۲	-۰/۱۳
۱۳	اسلام آباد	۳۲/۷	۲/۸۳	۹	۱۲۲۱/۳	۴/۵۲	۰/۳	۷/۳	-۰/۱۲
۱۴	هواوان	۳۳/۲	۲/۲	۷	۱۲۰۱/۱	۷/۱۹	۰/۵	۷/۴۹	-۰/۱۷
۱۵	بیارجمند	۷۱/۹	۲/۳	۳	۹۷۳	۹/۷۸	۱	۸/۴۵	-۰/۱۵

است. با توجه به نتایج بدست آمده، تغییرات هدایت الکتریکی در این مدت ناچیز بوده است. به طوری که

مقدار متوسط آن در طول ۱۰ سال گذشته برای هر قنوات، انحراف معیار و ضریب تغییرات محاسبه شده

مشکلات مالی بهره برداران و دیگری به خاطر عدم توافق و هماهنگی بین مالکین قنات‌ها است. در قنات‌های سعدآباد کلاته‌خیج، ۱۲۵ کلاته‌خیج و بیارجمند تعدد مالکین باعث بروز مشکل در هماهنگی و مدیریت شده است. به طور کلی، لایروبی سالانه و بازدیدهای ماهانه یا چند ماه یکبار و مرمت قسمت‌های آسیب دیده نقش مهمی در حفظ قنات و کارایی آن دارند. هدر رفتن آب قنات‌ها در ماه‌هایی از سال که نیازی به آب نیست، نیز مشکل دیگری است که این مسئله عمدتاً در ماه‌های آذر، دی، بهمن و اسفند اتفاق می‌افتد. این از اشکالات قنات است و در مورد چاه‌ها چنین نیست.

راندمان کاربرد آب

راندمان کاربرد آب در آبیاری چهارم در مرحله ساقه‌دهی گندم برآورد گردید. راندمان کاربرد آب در اراضی پایین‌دست این قنات‌ها در جدول ۴ ارائه شده است. در قنات‌های صادق‌خان، سعدآباد، ۱۲۵ کلاته‌خیج، شازده و حاجی آباد رزوه از آب قنات بدون مخلوط با منبع آب دیگر برای آبیاری استفاده می‌شود؛ اما در سایر قنات‌ها، آب قنات‌ها با آب چاه در استخر با هم مخلوط و برای آبیاری به کار می‌رود. متوسط راندمان کاربرد آب در اراضی پایین‌دست قنات‌ها ۵۱/۶ درصد و در اراضی پایین‌دست چاه‌ها ۴۵/۵ درصد بدست آمد. اسدی و همکاران (۱۳۷۵) راندمان کاربرد آب در روش‌های آبیاری سطحی تحت مدیریت‌های مختلف را ارزیابی و اظهار داشتند که راندمان کاربرد آب در اکثر مناطق مطالعه شده در حد قابل قبولی نبود و مقادیر آن در طول فصل زراعی متغیر بود. به طوری که حداقل راندمان کاربرد آب مربوط به مزارع گندم و چغندر قند در مناطق اصفهان و کرمان به ترتیب ۱۶/۷ و ۱۷/۵ درصد و حداکثر آن مربوط به مزارع چغندر قند و گوجه‌فرنگی در مشهد و ارومیه به ترتیب ۵۲/۸ و ۶۴/۹ درصد برآورد گردید. همچنین باغانی (۱۳۸۴) در تعدادی از مزارع خراسان رضوی متوسط بازده

حداکثر ضریب تغییرات هدایت الکتریکی آب این قنات‌ها برابر ۲/۱ درصد مربوط به قنات اقبالیه بوده است، که مقدار ناچیزی می‌باشد. تغییرات pH مربوط به آب قنات‌ها نیز در این مدت تقریباً ثابت بوده است. به طوری که بیشترین ضریب تغییرات pH مربوط به قنات سعدآباد کلاته‌خیج به میزان ۴/۶ درصد بوده، که مقدار ناچیزی است. لذا می‌توان گفت کیفیت آب قنات‌ها در این مدت افت نکرده و از روند نسبتاً ثابتی برخوردار بوده است.

مشکلات فنی و اجتماعی قنات‌های مورد مطالعه

عدم تجهیز مناسب قنات‌ها و عدم استفاده از مصالح و پوشش‌های مقاوم در میله‌ها و کوره که باعث ریزش می‌شود، کاهش آبدی قنات‌ها را به دنبال داشته است. این عملیات در اوایل بهار یا آخر تابستان انجام می‌شود. در قنات‌های مهرابخانی، صادق‌خان، کال سپیدار و اقبالیه در قسمت‌هایی از کوره که خطر ریزش وجود دارد نیاز مبرم به کول‌گذاری می‌باشد و در قنات‌های سینا و شازده از کول‌های گلی استفاده شده که به علت عدم وجود استحکام لازم در این پوشش باید نسبت به تعویض آنها با کول‌های بتنی اقدام گردد. سنگ‌چینی یا آجرچینی میله‌چاه‌ها به منظور جلوگیری از ریزش آنها نیز امری ضروری است. چرا که در قنات‌های بیارجمند، حاجی‌آباد رزوه، ده خیر و اسلام آباد ریزش میله‌چاه‌ها در چند نوبت باعث انسداد مسیر کوره شده است. در قنات‌های سعدآباد و ۱۲۵ کلاته‌خیج، عدم ایجاد تمهیدات لازم جلوگیری از ورود سیلاب‌ها به داخل قنات باعث آسیب قنات شده است. این سیلاب‌ها معمولاً در فصل بهار اتفاق می‌افتد. عدم رعایت فاصله مناسب و حریم قنات و احداث قنات در نزدیکی قنات دیگر نیز موجب کاهش آبدی قنات قبلی می‌شود. به عنوان مثال در فاصله کمتر از ۱۰۰۰ متری قنات شازده، شهرداری اقدام به احداث قنات دیگری نموده که باعث کاهش آبدی قنات شازده شده است. از مشکلات مهم دیگر، عدم نگهداری صحیح و مناسب قنات یکی به علت عدم تأمین اعتبار لازم و

که با توجه به کمبود آب موجود، آبیاری بطور کامل صورت نگرفته و به طور ناخودآگاه کم آبیاری صورت می‌گیرد. در بررسی‌ها مشخص شد که کشاورزان آب ورودی به مزرعه را قبل از رسیدن به انتهای مزرعه قطع می‌کنند. در نتیجه آب کمتری در مزرعه مصرف و تلفات نیز کمتر شده است و همین امر منجر به افزایش راندمان‌های آبیاری شده است. با توجه به این‌که در هر قنات سهم آب هر کشاورز (حقابه) معین و در فواصل زمانی ثابت در اختیار او می‌باشد، لذا کشاورز نمی‌تواند در تمام فصل زراعی با در نظر شرایط رشد گیاه و نیاز آبی گیاه در هر مرحله از رشد حجم آب معینی را وارد مزرعه نماید و در مراحل حساس و غیرحساس گیاه نسبت به تنش آبی، آب به یک نسبت وارد مزرعه می‌شود.

کاربرد آب را برای چغندر قند ۵۵/۰۸، ذرت ۶۵/۱۶، جو ۲۱/۶۷ و گندم ۵۰/۸۲ درصد گزارش نمود.

در این پژوهش، راندمان کاربرد آب در قنات‌های که آبدهی آنها نسبت به چاه موجود در همان محل بیشتر بوده، وضعیت بهتری داشته است. روش آبیاری هنگام استفاده از آب چاه یا قنات یکسان بود. آنچه باعث تفاوت راندمان کاربرد در خاک‌ها و مزارع مشابه گردید، مقدار دبی ورودی به مزرعه بود. هر چه این مقدار بیشتر باشد، مدت زمان آبیاری و تلفات آب کمتر شده و در نتیجه راندمان آبیاری بیشتر می‌شود. مقادیر راندمان اندازه‌گیری شده در اراضی پایین دست قنات‌ها مورد مطالعه از متوسط استان که حدود ۴۰ درصد گزارش شده، بیشتر است (عباسی و همکاران، ۱۳۸۸). این تفاوت می‌تواند به دلیل اعمال کم آبیاری توسط زارعین باشد. چرا

جدول ۴- مقایسه راندمان کاربرد آب در اراضی پایین دست قنات‌ها و چاه‌ها

منبع آب	محل	دبی (lit/sec)	θ_1	θ_2	محصول	متوسط عمق توسعه ریشه (cm)	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm ³)	عمق آب داده شده به مزرعه (cm)	راندمان کاربرد (%)
قنات	۱۲۵ کلاته خبیج	۹۶/۵۳	۱۳/۱	۱۹/۶	گندم	۴۰	۱/۵۶	۷/۳	۵۵/۲
چاه	۱۲۵ کلاته خبیج	۳۵/۴	۱۳/۳	۲۰/۵	گندم	۴۰	۱/۵۴	۹/۱	۴۸/۷
قنات	سعدآباد کلاته خبیج	۳۵/۵۰	۱۲/۶	۲۱/۲	گندم	۳۵	۱/۵۰	۸/۹۲	۵۰/۶
چاه	سعدآباد کلاته خبیج	۳۱/۲	۱۳/۰	۲۲/۳	گندم	۳۵	۱/۵۰	۱۰/۴	۴۷/۱
قنات	صادق خان	۲۹/۷۰	۱۵/۶	۲۸/۷	گندم	۳۵	۱/۴۳	۱۳/۴۴	۴۸/۸
چاه	صادق خان	۳۴/۷	۱۶/۱	۲۹/۴	گندم	۳۵	۱/۳۸	۱۵/۶	۴۱/۳
قنات	شازده	۱۲۵/۷	۱۴/۲	۲۰/۷	گندم	۴۰	۱/۵۰	۷/۲۸	۵۳/۶
چاه	شازده	۲۶	۱۴/۴	۲۱/۶	گندم	۴۰	۱/۴۸	۹/۲۳	۴۶/۲
قنات	حاجی آباد رزوه	۵۷/۶	۱۱/۵	۲۰/۱	گندم	۳۵	۱/۵۳	۹/۲۷	۴۹/۷
چاه	حاجی آباد رزوه	۲۱	۱۱/۹	۲۱/۲	گندم	۳۵	۱/۵۵	۱۱/۳۶	۴۴/۴

θ_1 : متوسط رطوبت خاک قبل از آبیاری در منطقه توسعه ریشه (% وزنی)

θ_2 : متوسط رطوبت خاک بعد از آبیاری در منطقه توسعه ریشه (% وزنی)

کارایی مصرف آب

متوسط کارایی مصرف آب برای گندم ۰/۴، سیب زمینی ۱/۶۴، گوجه فرنگی ۱/۷۶، پیاز ۱/۴۳، کلزا ۰/۲۱، جو ۰/۵، کنجد ۰/۰۵، آفتابگردان ۰/۰۸، پنبه ۰/۱۴ و فلفل قرمز ۰/۱ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد (جدول ۵). در مجموع، میانگین کارایی مصرف آب برای محصولات مورد مطالعه ۰/۷۵ کیلوگرم بر متر مکعب برآورد گردید. حیدری و حقایقی (۱۳۸۰) کارایی مصرف آب گندم را در خراسان رضوی ۰/۵۷، آذربایجان غربی

۰/۸۴، اصفهان (مهیار) ۰/۵۶ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش نمودند. حیدری و همکاران (۱۳۸۴) مقدار کارایی مصرف آب را در کشور برای گندم، چغندر قند، سیب زمینی، ذرت علوفه‌ای، پنبه، یونجه (وزن خشک)، جو و نیشکر به ترتیب برابر ۰/۷۵، ۰/۶۴، ۲/۰۶، ۵/۵۸، ۰/۷۱، ۱/۴۶، ۰/۵۶ و ۰/۲۹ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش نمودند. آنها کارایی مصرف آب را در استان گلستان برای گندم و پنبه به ترتیب ۱/۲۶ و ۰/۷۶ کیلوگرم بر متر مکعب تعیین نمودند. به نظر می‌رسد که ثابت بودن حقابه در

پایین دست قنات‌ها نیز اندازه‌گیری گردید. عملیاتی که برای نگهداری، ترمیم و بازسازی قنات‌های مورد مطالعه صورت گرفته شامل لایروبی، نوبری (پیشکارکنی)، بغل‌بری و کول‌گذاری می‌شود. بهترین زمان برای انجام این عملیات اوایل بهار و اواخر تابستان است. در قنات‌های مهرباخانی، صادق خان، کال سپیدار، اقبالیه، سینا، شازده، بیارجمند، ده خیر، حاجی آباد رزوه و اسلام آباد عدم استفاده از مصالح و پوشش‌های مقاوم در میله‌ها و کوره باعث ریزش و اختلال در بهره‌برداری شده است. در قنات‌های سعدآباد کلاته خنج و ۱۲۵ کلاته خنج ورود سیلاب به داخل قنات از طریق میله‌ها نیز باعث آسیب دیدن قنات شده است. در قنات‌های بیارجمند، سعدآباد کلاته خنج و ۱۲۵ کلاته خنج تعدد مالکین در بهره‌برداری از قنات‌ها مشکل ایجاد نموده است که مهاجرت به شهرها نیز این مشکل را تشدید نموده است (جدول ۱). بخش زیادی از آب کلیه قنات‌ها در زمستان هدر می‌رود. متوسط راندمان کاربرد آب در اراضی پایین دست قنات‌ها به طور متوسط ۵۱/۶ درصد و در اراضی پایین دست چاه‌ها ۴۵/۵ درصد برآورد گردید. ثابت بودن حقاچه در طول فصل زراعی باعث می‌شود بین نیاز آبی محصولات و آب داده شده به مزارع هماهنگی لازم وجود نداشته و کارایی مصرف آب کم باشد.

طول فصل زراعی باعث می‌شود بین نیاز آبی محصولات و آب داده شده به آنها هماهنگی لازم وجود نداشته باشد. به طوری که معمولاً در بهار و اوایل تابستان محصولات تحت تنش قرار می‌گیرند. در مورد گندم تنش در زمان گلدهی و پر شدن دانه‌ها باعث افت زیاد عملکرد می‌شود. در پاییز و زمستان نیز آبیاری بیش از نیاز منجر به نفوذ عمقی می‌گردد. این در حالی است که محصولی مانند گندم در این فصول به تنش آبی حساس نمی‌باشد. مدیریت زراعی از نظر مصرف نهاده‌ها و آماده‌سازی زمین نیز از عوامل مؤثر بر کارایی مصرف آب در مزارع مورد بررسی بود. به طوری که تسطیح مناسب زمین با استفاده از لولر موجب از بین رفتن پستی و بلندی‌های زمین و در نتیجه افزایش راندمان آبیاری شده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به شرایط خشک و گرم اقلیمی در ایران و نیاز روزافزون به منابع آب، به قنات بیش از پیش باید بها داد و آن را به عنوان گزینه‌ای مطمئن و پایدار در بهره‌برداری از سفره‌های آب زیرزمینی پذیرفت. در پژوهش حاضر، وضعیت قنات‌ها و آبیاری در اراضی پایین دست آنها در استان سمنان مورد بررسی قرار گرفت. وضعیت آبدهی قنات‌ها و تغییرات آن در طول سال بررسی شد. راندمان کاربرد آب و کارایی مصرف آب در اراضی

جدول ۵- مقادیر عملکرد، حجم آب مصرفی و کارایی مصرف آب در اراضی پایین دست قنات‌ها مورد مطالعه

ردیف	نام قنات	نوع محصول	آب مصرفی (m ³)	عملکرد (kg/ha)	کارایی مصرف آب (kg/m ³)
(μ3/ηα)					
۱	مهرایخانی	گندم	۷۲۵۸	۴۵۰۰	۰/۶۲
		سیب زمینی	۱۲۱۰۰	۱۹۵۰۰	۱/۶۱
		گندم	۹۲۵۰	۳۷۰۰	۰/۴
۲	روان آباد	سیب زمینی	۱۲۵۰۰	۱۸۰۰۰	۱/۴۴
		پیاز	۱۳۰۰۰	۲۴۰۰۰	۱/۸۵
۳	ده خیر	گوچه فرنگی	۱۴۱۰۰	۳۰۰۰۰	۲/۱۳
		گندم	۱۰۷۱۴	۴۵۰۰	۰/۴۲
۴	صادق خان	سیب زمینی	۱۳۲۰۰	۲۰۰۰۰	۱/۵۲
۵	سعد آباد کلاته خیج	گندم	۹۴۵۹	۳۵۰۰	۰/۳۷
۶	۱۲۵ کلاته خیج	گندم	۹۷۵۶	۴۰۰۰	۰/۴۱
۷	سینا مجن	گندم	۹۸۰۰	۵۰۰۰	۰/۵۱
		سیب زمینی	۱۱۰۰۰	۲۲۰۰۰	۲
۸	شازده	گندم	۱۰۰۰۰	۳۵۰۰	۰/۳۵
		گندم	۱۰۵۰۰	۵۰۰۰	۰/۴۷
۹	ری آباد	کلزا	۸۷۰۰	۱۸۰۰	۰/۲۱
۱۰	کال سپیدار	گندم	۱۰۵۲۶	۴۰۰۰	۰/۳۸
۱۱	حاجی آباد رزوه	گندم	۱۱۰۰۰	۳۸۰۰	۰/۳۴
۱۲	اسلام آباد	گندم	۹۶۱۵	۲۵۰۰	۰/۲۶
۱۳	هواوان	گندم	۱۰۰۰۰	۲۵۰۰	۰/۲۵
		گندم	۹۰۰۰	۴۰۰۰	۰/۴۴
		جو	۸۰۰۰	۴۰۰۰	۰/۵
		کنجد	۱۶۰۰۰	۸۰۰	۰/۰۵
		آفتابگردان	۱۶۰۰۰	۱۲۰۰	۰/۰۸
۱۴	بیارجمند	پنبه	۱۶۰۰۰	۲۲۰۰	۰/۱۴
		فلفل قرمز	۱۶۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۱
		پیاز	۱۸۰۰۰	۱۸۰۰۰	۱
		گوچه فرنگی	۱۸۰۰۰	۲۵۰۰۰	۱/۳۹

فهرست منابع

۱. اسدی، ا. اشرفی، ش. باغانی، ج. ریاحی، ح. سهرابی، ت. طایفه‌رضایی، ح. عباسی، ف. کشاورز، ع. مامن‌پوش، ع. و میان‌آبی، ع. ۱۳۷۵. بررسی عملکرد آبیاری سطحی تحت مدیریت زارعین در کشور. مجموعه مقالات دومین کنگره ملی مسایل آب و خاک کشور. تهران. بهمن ماه. ۴۰-۳۰.
۲. باغانی، ج. ۱۳۸۴. بازده (راندمان) کاربرد آب آبیاری سطحی در استان خراسان. مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. تهران. ۵۶۲-۵۵۴.
۳. بهنیا، ع. ۱۳۶۷. قنات سازی و قنات داری. مرکز نشر دانشگاهی. تهران.

۴. پاپلی یزدی، ح. و لباف خانیکی، م. ۱۳۷۹. نقش قنات در شکل گیری تمدن‌ها نظریه پایداری فرهنگ و تمدن کاریزی. مجموعه مقالات قنات. جلد اول. شرکت سهامی آب منطقه ای یزد. اردیبهشت ماه. ۵۵-۳۱.
۵. حیدری، ن. و حقایقی مقدم، ا. ۱۳۸۰. کارآیی مصرف آب آبیاری محصولات عمده مناطق مختلف کشور. گزارشی جهت ارایه به معاونت زراعت وزارت جهادکشاورزی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. کرج.
۶. حیدری، ن.، اسلامی، ا.، قدمی، ع.، کانونی، ا.، اسدی، م. و خواجه عبداللهی، م. ۱۳۸۴. تعیین کارآیی مصرف آب محصولات زراعی مناطق مختلف کشور (کرمان، همدان، مغان، گلستان و خوزستان). گزارش پژوهشی نهایی طرح تحقیقاتی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی.
۷. سمسار یزدی، ع. ا. ۱۳۸۳. تدوین تجربیات خبرگان قنات، شرکت مدیریت منابع آب ایران، مهندسین مشاور ستیران.
۸. سیمای آب استان سمنان. ۱۳۸۷. دفتر مطالعات پایه منابع آب، شرکت سهامی آب منطقه‌ای سمنان، وزارت نیرو.
۹. شکوهی، ع. و دانش کار آراسته، پ. ۱۳۸۳. آبیاری- اصول، روش‌ها و طراحی سیستم‌های آبیاری. مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران.
۱۰. صالحی متعهد، ف. حافظی مقدس، ن. غفوری، م. و لشکری پور، غ. ۱۳۹۳. ارزیابی خطر قنات‌های متروکه غرب مشهد با استفاده از نرم‌افزار پلاکسیس. نشریه زمین‌شناسی مهندسی، ۸(۳): ۲۳۰۰-۲۲۷۷.
۱۱. عباسی، ف. سهراب، ف. زارعی، ق. آراستی، ع. ر. و نی‌ریزی، س. ۱۳۸۸. تحلیلی بر بازده‌های آبیاری در ایران. گزارش نهایی پروژه IRD1-85084، شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران، ۱۰۰ صفحه.
۱۲. فرجی سبکبار، ح. اکبریور سراسکانرود، ع. م. و محبی، ع. ا. ۱۳۷۵. بررسی تطبیقی بهره‌گیری از آب‌های زیرزمینی روستایی به‌وسیله قنات و چاه (مطالعه‌ی موردی: بخش‌های شوقان و سنخواست شهرستان جاجرمد). پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۸۱: ۴۴-۲۱.
۱۳. فرزام نیا، م. و عباسی، ف. ۱۳۹۰. بررسی مسایل فنی و بهره‌برداری از برخی قنات‌ها استان کرمان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۵۵: ۵۴-۴۱.
۱۴. لقایی، ح. عتایی، ف. و فرجام بوئینی، ز. ۱۳۹۱. تدوین استراتژی و برنامه‌ریزی برای استفاده از ظرفیت‌های سازه آبی قنات در بافت شهری (مطالعه موردی: قنات سنگلج در تهران). مجله پژوهش آب ایران، ۱۰: ۸۸-۷۹.
۱۵. نوری، ه. فتحی، ع. و مسعودیان، ا. ۱۳۹۵. واکاوی تغییرات کمی آب قنات و تاثیر آن بر سطح زیرکشت زراعت آبی شهرستان لنجان طی سال‌های آبی (۱۳۷۰-۱۳۹۱). نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۵۵: ۳۰۹-۲۹۱.
۱۶. یوسفی راد، م. و خیر اندیش، م. ۱۳۷۹. نقش قنات در کنترل منابع آب زیرزمینی. مجموعه مقالات قنات. جلد اول. شرکت سهامی آب منطقه ای یزد. یزد. اردیبهشت ماه. ۴۰-۲۸.
17. Barahimi, M., Mehrabian, H. and A. Rezaeenejad. 2007. Some learning from irrigation participatory management in qanats. CD Proceedings of the 4th Asian Regional Conference and 10th International Seminar on Participatory Irrigation Management. May 2-5, Tehran-Iran.

18. Dehghani, M.A., Kaki, M.R. and M. Abolghasemi. 2007. Introducing one sample of indigenous knowledge of qanats water controlling in Yazd province (more dual-purpose cultivation for aquifer management and production). CD Proceedings of International History Seminar on Irrigation and Drainage. May 2-5, Tehran-Iran.
19. Naseri, M., Mirzaee, E., Hasheminia, S.M. and K. Davari. 2007. Estimation of the reasons of qanat degradation and its effect on villagers' participation (case study of six regions in the Khorassan province). CD Proceedings of International History Seminar on Irrigation and Drainage. May 2-5, Tehran-Iran.
20. Rahbari, P. and M. Afsharasl. 2007. Qanat's environmental impact assessment in arid and semi-arid areas. CD Proceedings of International History Seminar on Irrigation and Drainage. May 2-5, Tehran-Iran.

Archive of SID