تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲ (ص ۳۳۸-۳۲۹)

بررسی مسائل فنی و بهره‌برداری از تعدادی از قنات‌های استان‌های خراسان رضوی و همدان و سمنان

فریبرز عباسی[1]*، رضا بهراملو[2]، اردلان ذوالفقاران[3]، نادر نادری[4]

۱. استاد مؤسسهٔ تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

۲. استادیار مؤسسهٔ تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

۳ و ۴. مربی پژوهشی مؤسسهٔ تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱/۲۴ـ تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۱۰/۸)

چکیده

یکی از فواید مهم قنات فراهم‌کردن زمینهٔ مناسب برای همبستگی و مشارکت در امور اجتماعی و ترویج فرهنگ زیست‌گروهی در جامعه است. قنات‌ها در صورت نگهداری صحیح و بازسازی و مرمت، منابع ارزشمند آب به‌شمار می‌روند. در پژوهش حاضر، مسائل و مشکلات فنی بهره‌برداری از ۴۵ رشته قنات استان‌های خراسان رضوی، همدان و سمنان بررسی و راهکارهایی برای بهبود وضعیت آن‌ها ارائه شد. در هر یک از استان‌های مطالعه‌شده ۱۵ رشته از قنات‌های پر آب و فعال انتخاب و وضعیت آب‌دهی و تغییرات کمّی و کیفی آب آن‌ها بررسی شد. همچنین برخی مشخصات هندسی و هیدرولیکی قنات‌ها اندازه گرفته شد. نتایج نشان داد آب‌دهی قنات‌های مطالعه‌شده در درازمدت دستخوش تغییرات زیادی شده است؛ ولی کیفیت آب قنات‌ها، به‌جز قنات‌های استان همدان، تغییر محسوسی نکرده است. بازده انتقال در هرنج قنات‌ها از ۶۳ تا ۹۸ درصد تغییر کرده است. روش آبیاری اراضی پایین‌دست قنات‌های مطالعه‌شده به‌طور عمده سطحی و سنّتی و بازده کاربرد آب آبیاری بین ۳۲ تا ۷۰ درصد متغیر بود. مقادیر کارایی مصرف آب برای محصولات غالب در اراضی پایین‌دست قنات‌های مطالعه‌شده نیز بین ۰/۱ برای فلفل تا ۳/۷۴ برای ذرت علوفه‌ای و متوسط آن ۰/۸۶ کیلوگرم بر متر مکعب بود. به‌طور کلی، بازده کاربرد آب در اراضی پایین‌دست قنات‌های مطالعه‌شده قدری بیشتر از متوسط بازده کاربرد آب در روش‌های آبیاری سطحی در اراضی آب‌خور از منابع آبی چاه یا رودخانه بود. مسائل و مشکلات عمدهٔ قنات‌های مطالعه‌شده شامل مسائل فنـی (سازهٔ فیزیکی قنات از بالادست مادرچاه تا مظهر قنات و پایاب قنات از مظهر تا سطوح زیر کشت) و مسائل بهره‌برداری و نگهداری (کمبود اعتبارات تعمیر و نگهداری، عدم تمهیدات لازم برای جلوگیری از ورود سیلاب به داخل قنات‌ها، کمبود متخصصان محلی، عدم لای‌روبی، دفع زباله و فاضلاب محلی در آب قنات‌ها، خرده‌مالکی‌بودن اکثر اراضی پایین‌دست قنات‌ها و تعدد مالکان و مهاجرت آن‌ها به شهرها) است.

کلیدواژگان: بازده کاربرد آبیاری، قنات، کارایی مصرف آب.

مقدمه

قنات یکی از سازه‌های آبی بسیار قدیم ایران و جهان است که ایرانیان آن را اختراع کردند و سپس به سایر نقاط جهان انتقال یافت.

تعداد قنات‌های ایران ۳۲۶۹۸ رشته گزارش شده است که سالیانه بیش از ۸ میلیارد متر مکعب از آب‌های زیرزمینی کشور، یعنی حدود ۱۵ درصد از کل تخلیه، را استخراج می‌کنند (Semsar Yazdi, 2004). تعداد قنات‌های استان‌های مختلف کشور متغیر است؛ مثلاً در استان‌های خراسان (رضوی و شمالی و جنوبی)، یزد، اصفهان، کرمان، همدان به‌ترتیب ۹۳۰۴، ۴۲۵۴، ۳۷۳۵، ۲۹۶۲، ۱۸۶۷ رشته وجود دارد که از کمّیّت بالاتری نسبت به سایر استان‌ها برخوردارند.

Lightfoot (1996) در زمینهٔ عواقب خشک‌شدن قنات‌ها گزارش کرد با پایین‌رفتن سطح ایستابی و خشک‌شدن قنات‌ها این منبع ارزشمند تأمین آب رها می‌شود. در پاکستان، ایران، عمان، و بسیاری از کشورهای دیگر نیز این اتفاق می‌افتد. Naseri *et al* (2007) در تحقیقی در استان خراسان رضوی دلایل تخریب و کاهش عملکرد قنات‌های منطقه را بررسی کردند. آن‌ها گزارش دادند خشک‌سالی و به‌کارگیری روش‌های ساده و سریع حفر چاه‌های عمیق و کنترل ضعیف یا عدم کنترل دولت بر حجم آب استحصالی از چاه‌ها دلیل اصلی تخریب قنات‌ها در این مقیاس است. Barahimi *et al* (2007) در پژوهشی سیستم بهره‌برداری از قنات‌ها، شامل نظام توزیع و تقسیم آب، را در نقاط مختلف ایران بررسی کردند. آن‌ها نشـان دادند همهٔ قنـات‌های فعـال ایـران سیستـم بهره‌برداری منحصربه‌فرد خود را دارند. Rahbari and Afsharasl (2007) نشان دادند قنات بر رسوب و فرسایش خاک و اکولوژی و مسائل

*نویسنده مسئول: Fariborzabbasi@ymail.com

اقتصادی- اجتماعی (شامل درآمد، مهاجرت، مشارکت مصرف‌کنندگان) آثار مثبت دارد. Farzamnia and Abbasi (2011) افت سطح آب‌های زیرزمینی و حفر بی‌رویهٔ چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق را از مشکلات عمدهٔ بهره‌برداری از قنات‌های استان کرمان گزارش کردند.

قنات در ایران ارزش علمی و فرهنگی و باستانی دارد و از افتخارات ایرانیان است. ضروری است مسائل و مشکلات بهره‌برداری از قنات‌ها مشخص و راهکارهای مقابله با مشکلات ارائه شود. این تحقیق به‌صورت ملی در استان‌های خراسان رضوی و سمنان و همدان، برای بررسی مسائل فنی و بهره‌برداری از تعدادی از قنات‌های این استان‌ها و نحوهٔ استفاده از آب در اراضی پایین‌دست قنات‌ها، انجام شد.

روش پژوهش

اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای این پژوهش در سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ انجام شد. برای تکمیل و تحلیل بیشتر، برخی داده‌های درازمدت (حدود ۱۰ ساله) نیز از بانک اطلاعات شرکت‌های آب منطقه‌ای استان‌های مطالعه‌شده تهیه شد. برای اجرای این پروژه، ابتدا با مراجعه به سازمان جهاد کشاورزی استان‌های مطالعه‌شده تعداد ۱۵ رشته از قنات‌های مهم هر استان، از نظر آب‌دهی و تعداد بهره‌برداران و وابستگی بیشتر به آب استحصالی و سطح اراضی پایین‌دست، برای بررسی انتخاب شد. انتخاب قنات‌ها به گونه‌ای بود که توزیع مناسبی داشته باشند و همهٔ دشت‌های استان را شامل شوند. استان‌های مطالعه‌شده در این پژوهش شامل همدان و سمنان و خراسان رضوی بود. برخی مشخصات مهم قنات‌های انتخابی، از جمله دبی متوسط و عمق مادرچاه و سطح اراضی پایین‌دست، در جدول ۱ می‌آید. بعد از انتخاب قنات‌ها به عرصهٔ آن‌ها مراجعه شد و اطلاعات مورد نیاز برای بررسی مسائل و مشکلات فنی بهره‌برداری، با تکمیل پرسشنامه و بازدیدهای محلی، جمع‌آوری شد و برای اندازه‌گیری سایر پارامترهای مورد نظر، از قبیل نمونه‌برداری از خاک و آب قنات‌ها و بازده انتقال و کاربرد آب در اراضی پایین‌دست قنات‌ها و کارایی مصرف آب و تغییرات کمّی و کیفی آن، اقدام شد.

در مقاطع منظم سرعت جریان آب در قنات‌ها، با استفاده از میکرومولینه، در موقعیت‌های ۰/۲، ۰/۶، ۰/۸ عمق جریان از کف هرنج تعیین شد. برای تعیین دبی در هرنج قنات‌ها، سرعت جریان در سطح مقطع ضرب شد. در قنات‌هایی که مقطع جریان بعد از مظهر نامنظم بود، با استفاده از فلوم WSC در مقاطع مورد نظر دبی جریان اندازه‌گیری شد. دبی جریان چند مرتبه در طول فصل زراعی در هر یک از قنات‌های مطالعه‌شده (اوایل، اواسط، اواخر فصل زراعی) اندازه‌گیری و نوسانات آن در طول یک سال زراعی تعیین شد. همین‌طور، با تهیهٔ آمار درازمدت از بانک اطلاعاتی آب منطقه‌ای استان‌های مطالعه‌شده (آمار ۱۰ ساله) تغییرات درازمدت آب‌دهی قنات‌ها بررسی شد. برای تعیین شیب طولی مسیر جریان در هرنج قنات‌ها از دوربین نقشه‌برداری استفاده شد.

جدول ۱. برخی مشخصات قنات‌های مطالعه‌شده در استان‌های مورد مطالعه

استان	نام قنات	دبی متوسط سالانه (lit/s)	اراضی پایین‌دست (ha)	عمق مادر چاه (متر)
همدان	بهادربیگ	۶۰	۱۰۰	۲۵
	قنات‌تخت	۴۰	۱۰۰	۱۵
	دوازده بیل	۴۰	۱۵۰	۲۵
	چورمق	۶۳	۱۲۰	۳۲
	پشته‌جین	۴۷	۱۲۰	۳۵
	کهریز سلیم	۴۰	۱۰۰	۱۲
	سهام‌آباد	۲۵	۳۰	۸
	باباکمال	۶۳/۲	۱۰۰	۱۳
	علوی	۵۲	۱۰۰	۱۰
	شاهنجرین	۲۲۸	۳۰۰	۱۲
	بابانظر	۱۹۳	۱۰۰	۱۲
	خانی	۳۶	۸۰	۱۲
	قنات دربند	۷۵	۳۰	۷
	باقرآباد	۴۸	۱۰۰	۲۰
	برآبادی	۶۰	۳۰	۱۱
سمنان	مهرابخانی	۸/۳	۴۲	۱۶
	روان‌آباد	۴/۷	۶	۸۰
	ده‌خیر	۳/۴	۴	۱۲
	صادق‌خان	۳۱/۸	۲۰۰	۱۲۰
	سعدآباد کلاته	۳۰/۶	۴۵	۲۵
	۱۲۵ کلاته وخیج	۸۴/۹	۲۰۰	۱۹
	سینا مجن	۵۶/۳	۴۸	۴۰
	شازده	۱۰۵/۶	۷۰	۶۰
	ری‌آباد	۶۶/۸	۲۶۰	۴۵
	کال‌سپیدار	۲۶/۶	۲۵	۱۲
	اقبالیه	۱۳/۵	۳۴	۱۱۸
	حاجی‌آباد رزوه	۵۰/۸	۱۱۰	۵۵
	اسلام‌آباد	۲۷/۷	۳۰	۳۷
	هواوان	۳۲/۲	۵۰	۱۳
	پیارجمند	۷۱/۱	۱۳۴	۱۲۰
خراسان-رضوی	محمدآبادسفلی	۱۳	۱۵	۶۰
	نوکاریز	۴۰	۶۵	۶۰
	گل‌بید	۱۳	۱۴	۵۰
	سلطان‌آباد	۴۰	۶۰	۹۵
	کورده	۶۵	۶۰	۱۲۰
	شیخا	۵۵	۸۰	۱۰۰
	گناباد	۵۸	۶۵	۱۱۰
	آب‌سیاه	۴۳	۷۰	۴۰
	سیدآباد	۳۹	۴۰	۶۰
	موچنان	۳۶	۴۰	۴۰
	گوجه	۱۷	۲۵	۸۰
	آلماچق	۲۸	۴۰	۶۰
	بیگ‌نظر	۳۸	۴۵	۵۶
	قصبه	۱۷۰	۲۰۰	۳۶۰
	خشویی	۶۳	۱۰۰	۳۴۰

برای برآورد بازده انتقال، دبی جریان در دو نقطه از کانال انتقال آب از محل مظهر قنات تا محل مصرف اندازه‌گیری و بازده

انتقال از نسبت دبی اندازه‌گیری‌شده در نقطهٔ پایین‌دست به دبی اندازه‌گیری‌شده در نقطهٔ بالادست برآورد شد. بازده کاربرد آب در اراضی پایین‌دست قنات‌ها در دو تا سه نوبت طی فصل زراعی اندازه‌گیری و متوسط آن محاسبه شد. برای برآورد بازده کاربرد آب آبیاری در اراضی پایین‌دست قنات‌ها، میزان آب ورودی به مزرعه، عمق توسعهٔ ریشه، رواناب سطحی (در صورت وجود)، و رطوبت خاک قبل و ۲۴ تا ۴۸ ساعت بعد از آبیاری اندازه‌گیری شد. عمق توسعهٔ ریشه با نمونه‌برداری از نقاط مختلف مزرعه اندازه‌گیری شد. کارایی مصرف آب برای محصولات زراعی و باغی کشت‌شده در اراضی پایین‌دست هر قنات به طور جداگانه برآورد شد. برای این منظور، متوسط عملکرد محصولات پایین‌دست قنات‌ها و متوسط آب مصرفی آن‌ها در طول دورهٔ رشد بر اساس دفعات آبیاری و دبی آب ورودی به مزرعه و ساعات آبیاری تعیین شد.

یافته‌ها و بحث

تغییرات کمّی آب قنات‌های مطالعه‌شده

آب‌دهی قنات‌ها هم در طول یک سال مشخص و هم در طول سالیان دراز نوسان داشت؛ ولی روند مشخصی در آن‌ها مشاهده نشد. تغییرات آب‌دهی قنات‌ها به عوامل متعدد، از جمله مرمت و بازسازی قنات‌ها و تخریب یا ریزش آن‌ها و وضعیت آب‌وهوایی از نظر خشک‌سالی و ترسالی، بستگی دارد. به‌طور معمول، قنات‌های جلگه‌ای طی ماه‌های پر باران (اسفند تا خرداد) افزایش دبی دارند و در سایر ماه‌ها دبی آن‌ها کاهش می‌یابد. ولی در قنات‌های کوهستانی افزیش دبی به‌طور عمده در بهار و تابستان است؛ زیرا بعد از آب‌شدن برف‌ها مدتی طول می‌کشد تا آب ناشی از ذوب برف‌ها بر دبی قنات‌ها تأثیر بگذارد. نمونه‌هایی از تغییرات آب‌دهی قنات‌های مطالعه‌شدهٔ استان سمنان در سال ۱۳۸۶ در جدول ۲ می‌آید. بیشترین تغییرات آب‌دهی در یک سال حدود ۴۰ درصد و کمترین آن حدود ۱ درصد است.

آب‌دهی اغلب قنات‌های مطالعه‌شده در ۷ تا ۱۰ سال گذشته افزایش داشته است (جدول ۳ و ۴). آب‌دهی برخی قنات‌ها تا دو برابر افزایش داشته است (قنات ری‌آباد در سمنان). ضرایب تغییرات از ۵/۸ (قنات محمدآباد سفلی در خراسان رضوی) تا ۱۱۰ درصد (قنات ری‌آباد سمنان) متغیر بود. ضرایب تغییرات بالا غالباً مربوط به قنات‌های کوهستانی بود. دلیل عمدهٔ افزایش دبی قنات‌ها مرمت و لای‌روبی آن‌هاست. بیشترین کاهش دبی در قنات‌های مطالعه‌شدهٔ استان همدان مشاهده شد (نتایج درج نشد). دلیل اصلی آن کاهش سطح ایستابی دشت‌های مختلف استان گزارش شد. افت سالیانهٔ سطح ایستابی در اغلب دشت‌های استان همدان بیش از ۰/۵ متر بود. نمونه‌ای از تغییرات عمق سطح آب زیرزمینی در دشت همدان- بهار در شکل ۱ می‌آید. افت سطح ایستابی در این دشت در ۱۷ سال گذشته حدود ۱۰ متر بوده است.

جدول ۲. نمونه‌ای از تغییرات کمّی آب قنات‌های مطالعه‌شدهٔ استان سمنان در سال ۱۳۸۶

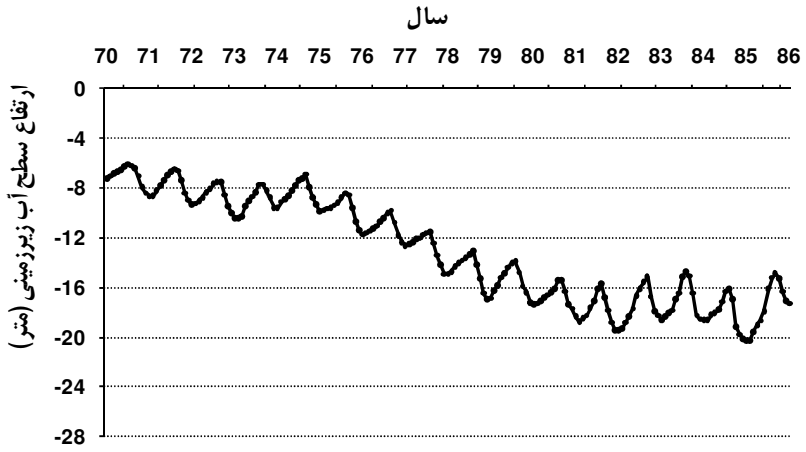
نام قنات	آب‌دهی (لیتر بر ثانیه)					انحراف	ضریب
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	متوسط سالانه	معیار	تغییرات (٪)
سینامجن	۶۴/۰	۵۲/۰	۵۵/۰	۵۴/۰	۵۶/۳	۵/۳	۹/۴
شازده	۱۲۵/۷	۹۶/۲	۱۰۰/۴	۱۰۰/۰	۱۰۵/۶	۱۳/۶	۱۲/۸
ری‌آباد	۷۶/۸	۶۰/۴	۶۶/۰	۶۴/۰	۶۶/۸	۷/۱	۱۰/۶
کال‌سپیدار	۳۱/۲	۲۳/۴	۲۷/۶	۲۴/۰	۲۶/۶	۳/۶	۱۳/۶
اقبالیه	۱۵/۰	۱۲/۶	۱۳/۵	۱۳/۰	۱۳/۵	۱/۱	۷/۷
حاجی‌آباد رزوه	۵۷/۶	۴۵/۲	۵۱/۰	۴۹/۵	۵۰/۸	۵/۱	۱۰/۱
مهرابخانی	۹/۳	۷/۷	۸/۳	۷/۸	۸/۳	۰/۷	۸/۸
روان‌آباد	۵/۴	۴/۲	۴/۸	۴/۵	۴/۷	۰/۵	۱۰/۸
ده‌خیر	۳/۸	۳/۰	۳/۵	۳/۲	۳/۴	۰/۴	۱۰/۴
صادق‌خان	۳۴/۹	۲۹/۷	۳۱/۶	۳۱/۰	۳۱/۸	۲/۲	۷/۰
سعدآباد کلاته	۲۷/۷	۳۵/۵	۳۰/۴	۲۸/۸	۳۰/۶	۳/۵	۱۱/۳
۱۲۵ کلاته وخیج	۷۷/۲	۹۶/۵	۸۶/۲	۷۹/۵	۸۴/۹	۸/۷	۱۰/۲
اسلام‌آباد	۳۸/۶	۱۲/۲	۳۰/۷	۲۹/۲	۲۷/۷	۱۱/۱	۴۰/۱
هواوان	۴۰/۴	۲۰/۵	۳۵/۰	۳۲/۷	۳۲/۲	۸/۴	۲۶/۲
بیارجمند	۷۲/۲	۷۰/۰	۷۱/۵	۷۰/۸	۷۱/۱	۰/۹	۱/۳

جدول ۳. نمونه‌ای از تغییرات آب‌دهی (لیتر بر ثانیه) قنات‌های مطالعه‌شدهٔ استان سمنان در سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۷

نام قنات	سال										میانگین	انحراف-معیار	ضریب تغییرات (%)
	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷			
مهرابخانی	۱۴٫۰	۱۳٫۹	۱۳٫۶	۱۳٫۹	۱۴٫۴	۱۴٫۸	۱۳٫۵	۷٫۷	۸٫۰	۸٫۳	۱۲٫۲	۲٫۹۳	۲۴
روان‌آباد	۴٫۰	۳٫۸	۳٫۶	۳٫۶	۳٫۲	۳٫۰	۳٫۶	۴٫۲	۴٫۵	۴٫۷	۳٫۸	۰٫۵۳	۱۴
ده‌خیر	۲٫۷	۲٫۵	۲٫۷	۲٫۰	۱٫۴	۱٫۰	۱٫۵	۳٫۰	۳٫۲	۳٫۴	۲٫۳	۰٫۸۲	۳۵
صادق‌خان	۴۲٫۰	۴۰٫۰	۳۷٫۵	۳۰٫۲	۲۵٫۰	۱۹٫۰	۱۹٫۶	۲۹٫۷	۲۹٫۵	۳۱٫۸	۳۰٫۴	۷٫۸۶	۲۶
سعدباد کلاته	۲۳٫۰	۲۲٫۶	۲۷٫۶	۲۱٫۲	۲۰٫۵	۱۸٫۰	۳۵٫۶	۳۵٫۵	۳۲٫۰	۳۰٫۶	۲۶٫۷	۶٫۴۶	۲۴
۱۲۵ کلاته و خیج	۴۱٫۰	۳۸٫۵	۳۶٫۶	۴۰٫۴	۴۲٫۰	۴۲٫۶	۵۸٫۰	۹۶٫۵	۹۲٫۶	۸۴٫۹	۵۷٫۳	۲۴٫۳۳	۴۲
سینامجن	۴۴٫۰	۴۵٫۰	۴۳٫۵	۴۸٫۰	۳۹٫۲	۳۵٫۰	۴۰٫۲	۶۴٫۴	۶۴٫۰	۵۶٫۳	۴۸٫۰	۱۰٫۲۵	۲۱
شازده	۱۰۲٫۰	۹۴٫۰	۹۲٫۴	۱۰۰٫۰	۱۰۸٫۵	۱۱۳٫۰	۱۱۴٫۰	۱۲۷٫۰	۱۲۵٫۷	۱۰۵٫۶	۱۰۸٫۲	۱۱٫۹۳	۱۱
ری‌آباد	۱۱٫۰	۱۰٫۵	۸٫۰	۷٫۶	۷٫۲	۶٫۸	۸٫۴	۷۰٫۰	۷۲٫۸	۶۶٫۸	۲۶٫۹	۲۹٫۷۱	۱۱۰
کال‌سپیدار	۰٫۲۵	۵٫۲	۵٫۴	۳٫۶	۸٫۳	۸٫۶	۱۲٫۲	۱۹٫۵	۳۱٫۲	۲۶٫۶	۱۲٫۵	۹٫۹۱	۷۹
اقبالیه	۱۴٫۰	۱۴٫۲	۱۴٫۶	۱۴٫۱	۱۳٫۷	۱۰٫۰	۱۱٫۰	۱۲٫۰	۱۵٫۰	۱۳٫۵	۱۳٫۲	۱٫۶۵	۱۲
حاجی‌آباد رزوه	۴۲٫۰	۳۸٫۰	۳۵٫۵	۳۱٫۸	۲۸٫۰	۲۴٫۰	۳۰٫۰	۴۵٫۰	۵۱٫۶	۵۰٫۸	۳۷٫۷	۹٫۵۳	۲۵

جدول ۴. نمونه‌ای از تغییرات آب‌دهی (لیتر بر ثانیه) قنات‌های مطالعه‌شدهٔ استان خراسان رضوی در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶

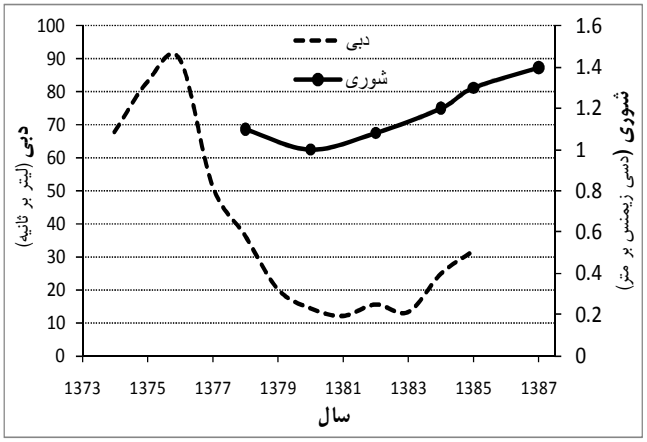
نام قنات	سال							میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات (٪)
	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶			
محمدآباد سفلی	۱۳	۱۴	۱۳	۱۳	۱۵	۱۴	۱۳	۱۳٫۶	۰٫۸	۵٫۸
نوکاریز	۴۵	۴۵	۴۲	۳۸	۴۲	۳۸	۴۰	۴۱٫۴	۲٫۹	۷٫۱
گل‌بید	۱۸	۱۶	۱۴	۱۲	۱۶	۱۳	۱۳	۱۴٫۶	۲٫۱	۱۴٫۷
سلطان‌آباد	۷۰	۷۰	۶۵	۶۰	۶۵	۵۰	۴۰	۶۰٫۰	۱۱٫۲	۱۸٫۶
کورده	۶۵	۷۰	۶۰	۶۲	۶۰	۶۰	۶۵	۶۳٫۱	۳٫۸	۶٫۰
شیخا	۷۰	۶۵	۶۰	۵۵	۵۰	۵۰	۵۵	۵۷٫۹	۷٫۶	۱۳٫۱
گناباد	۷۰	۶۰	۵۳	۵۰	۵۴	۵۵	۵۸	۵۷٫۱	۶٫۵	۱۱٫۵
آب‌سیاه	۲۰	۲۰	۲۵	۳۰	۴۵	۴۳	۴۳	۳۲٫۳	۱۱٫۲	۳۴٫۷
سیدآباد	۳۵	۳۵	۳۵	۳۳	۳۰	۳۳	۳۹	۳۴٫۳	۲٫۸	۸٫۰
موچنان	۲۰	۲۰	۲۲	۲۵	۳۸	۳۵	۳۶	۲۸٫۰	۸٫۰	۲۸٫۶
گوجه	۱۷	۲۰	۲۲	۱۵	۲۰	۱۵	۱۷	۱۸٫۰	۲٫۷	۱۵٫۰
آلماچق	۲۲	۲۴	۲۰	۲۸	۲۵	۲۰	۲۸	۲۳٫۹	۳٫۴	۱۴٫۲
بیگ‌نظر	۱۵	۱۸	۱۵	۱۳	۲۵	۳۰	۳۸	۲۲٫۰	۹٫۳	۴۲٫۵
قصبه	۱۵۰	۱۶۰	۱۸۰	۱۴۵	۱۶۰	۱۶۵	۱۷۰	۱۶۱٫۴	۱۱٫۸	۷٫۳
خشوئی	۵۰	۵۸	۵۲	۵۵	۵۸	۶۵	۶۳	۵۷٫۳	۵٫۵	۹٫۵



شکل ۱. نمونه‌ای از افت سطح ایستابی در دشت همدان_ بهار در سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۶

تغییرات کیفی آب قنات‌های مطالعه‌شده

بررسی تغییرات کیفیت آب قنات‌های مطالعه‌شده در ۷ تا ۱۰ سال گذشته نشان می‌دهد کیفیت آب قنات‌های استان‌های سمنان و خراسان رضوی تغییر محسوسی نکرده و عوامل مختلف بر کیفیت آب قنات‌ها تأثیرگذار نبوده است؛ در حالی که کیفیت آب قنات‌های مطالعه‌شده در استان همدان در ۱۰ سال گذشته کاهش یافته است. نتایجْ حدود ۲۰ درصد کاهش کیفیت آب قنات‌ها را نشان می‌دهد. نمونه‌ای از تغییرات دبی و هدایت الکتریکی آب (EC) در یکی از قنات‌های مطالعه‌شدهٔ استان همدان در شکل ۲ می‌آید. دلیل اصلی تغییرات کیفی آب در دشت‌های استان همدان برداشت بیش از حد آب و افت سطح ایستابی است. Abadeh *et al* (2006) با بررسی اثر افت سطح ایستابی بر شوری آب زیرزمینی در سیرجان گزارش کردند رابطه‌ای معنادار بین افت سطح ایستابی و افزایش شوری آب زیرزمینی وجود دارد. با برداشت آب از منابع آب زیرزمینی و کاربرد آن در آبیاری اراضی همان دشت، در اثر تبخیر، غلظت املاح در سطح خاک افزایش می‌یابد و به‌مرور، با مدیریت ضعیف و بیش‌آبیاری، که معمولاً در آبیاری اراضی وجود دارد، املاح تجمع می‌یابد و به اعماق منتقل می‌شود و به‌تدریج به سفره‌های آب زیرزمینی می‌پیوندد و باعث افزایش غلظت املاح و شوری بیشتر آب زیرزمینی می‌شود (Ghasemi *et al*, 2010؛ Bahramlou and Rezvani, 2002). از سوی دیگر، در برخی دشت‌های استان همدان، از جمله تویسرکان، فاضلاب شهری و فاضلاب کشتارگاه‌ها به‌طور مستقیم به آب‌های زیرزمینی هدایت می‌شود و روند افزایش هدایت الکتریکی را تشدید می‌کند. Rezaie and Dadsetan (2012) علل نشست تدریجی زمین در اشتهارد کرج را افت سطح ایستابی گزارش کردند. آن‌ها علت نشست را کاهش فشار آب منفذی در محیط اشباع و افزایش تنش مؤثر اعلام کردند. Bahramlou (1997)، با ارائهٔ یک مدل ریاضی برای تعیین حریم چاه از آلاینده‌های نقطه‌ای، یکی از عوارض افت سطح ایستابی را انتقال سریع‌تر مواد شیمیایی و میکروبی از محل آلاینده‌های نقطه‌ای به سایر نقاط بهره‌برداری گزارش کرد. Bahramlou and Rezvani (2002) یکی از عوارض افت سطح ایستابی را در دشت قهاوند استان همدان افزایش غلظت املاح و کاهش کیفیت آب ذکر کردند. تغییرات هدایت الکتریکی آب قنات‌های مطالعه‌شده در استان سمنان در ۱۰ سال گذشته بسیار ناچیز بوده است. حداکثر ضریب تغییرات هدایت الکتریکی آب این قنات‌ها در قنات اقبالیه حدود ۲ درصد بوده است.



شکل ۲. تغییرات دبی و هدایت الکتریکی آب در قنات چورمق در دشت کبودرآهنگ همدان در سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۷

مسائل و مشکلات بهره‌برداری از قنات‌ها

مشکلات فنی بهره‌برداری از قنات‌های استان‌های مطالعه‌شده تا حدودی مشابه و ناشی از ماهیت هیدرولیکی قنات‌ها و بلایای طبیعی است. اغلب این مسائل را می‌توان به سایر قنات‌های کشور نیز تعمیم داد. برخی از مشکلات در پی می‌آید:

۱. افت سطح آب‌های زیرزمینی به دلیل خشک‌سالی و حفر بی‌رویهٔ چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق یکی از مشکلات بسیار مهم

بهره‌برداری از قنات‌های مناطق مطالعه‌شده است. حفر این‌گونه چاه‌ها در سفره‌هایی که مادرچاه و تره‌کار قنات‌ها در آن قرار دارند باعث افت سطح ایستابی و کاهش آب‌دهی قنات‌ها می‌شود. مهم‌ترین عوامل گسترش حفر چاه‌های عمیق استفاده از فناوری‌های جدید و سهولت حفر و تسهیلات حمایتی از چاه‌های کشاورزی است.

۲. عدم تجهیز مناسب قنات‌ها و استفاده‌نکردن از مصالح و پوشش‌های مقاوم در میله و کورهٔ چاه‌ها، که باعث ریزش دیواره می‌شود، کاهش آب‌دهی قنات‌ها را در پی دارد. در بسیاری از قنات‌ها در قسمت‌هایی از کوره، که خطر ریزش وجود دارد، به کول‌گذاری نیاز است. در تعدادی از قنات‌ها نیز از کول‌های سفالی استفاده شده که به علت نداشتنِ استحکام لازم باید برای تعویض آن‌ها با کول‌های بتنی اقدام شود. سنگ‌چینی یا آجرچینی میلهٔ چاه‌ها، به‌منظور جلوگیری از ریزش آن‌ها، نیز ضروری است؛ زیرا در تعدادی از قنات‌ها ریزش میلهٔ چاه‌ها باعث انسداد مسیر کوره می‌شود که خود هزینه‌های لای‌روبی مجدد را به مالکان قنات‌ها تحمیل می‌کند.

۳. نگهداری نامناسب قنات‌ها به علت عدم تأمین اعتبار لازم و مشکلات مالی بهره‌برداران و عدم توافق و هماهنگی بین مالکان است. تعدد مالکان باعث بروز مشکل در هماهنگی و مدیریت بهره‌برداری از قنات‌ها می‌شود. به‌طور کلی، لای‌روبی سالیانه و بازدیدهای ماهیانه یا چند ماه یک بار و مرمت قسمت‌های آسیب‌دیده نقش مهمی در حفظ قنات و کارایی آن دارد. بهتر است تأمین اعتبار به گونه‌ای باشد که کار تعمیر و مرمت قنات‌ها به‌صورت کامل انجام شود و نیمه‌کاره رها نشود.

۴. گاهی وارثان قنات‌ها به شهرها مهاجرت می‌کنند و در مدیریت قنات اختلال به‌وجود می‌آید؛ زیرا این افراد در شهرها به کارهای دیگری مشغول می‌شوند و با توجه به هزینهٔ بالای نگهداری از قنات‌ها تمایل چندانی به مرمت آن‌ها ندارند.

۵. عدم استفادهٔ بهینه از آب قنات‌ها در ماه‌هایی از سال که نیازی به آب برای آبیاری نیست. این موضوع عمدتاً در ماه‌های آذر و دی و بهمن و اسفند اتفاق می‌افتد. چاه‌ها چنین وضعیتی ندارند. برنامه‌ریزی برای استفاده از آب قنات‌ها در این‌گونه ماه‌ها برای منظورهای دیگر، از جمله پرورش قارچ و تولیدات گلخانه‌ای و ذخیره در مخازن و تغذیهٔ سفره‌های پایین‌دست و شرب، توصیه می‌شود.

۶. گاهی بهره‌برداران و مالکانی که سهم بیشتری از آب قنات دارند از پرداخت سهم هزینه‌های لای‌روبی و حق میراب خودداری می‌کنند. به این ترتیب در نگهداری قنات‌ها مشکل به‌وجود می‌آید.

۷. افزایش شوری آب در برخی قنات‌های مطالعه‌شده، به‌ویژه در دشت‌های استان همدان، از دیگر مشکلات قنات‌هاست.

۸. عدم رعایت فاصله و حریم مناسب قنات و احداث قناتی در نزدیکی قنات‌های دیگر نیز موجب کاهش آب‌دهی قنات قبلی می‌شود؛ مثلاً در قنات شازده در استان سمنان در فاصلهٔ کمتر از ۱۰۰۰ متری این قنات شهرداری قنات دیگری احداث کرده است.

۹. در اغلب قنات‌های مطالعه‌شده نظام تقسیم و توزیع آب بسیار منظم و سنجیده است. ولی از تکنولوژی‌های جدید تنظیم آب، مانند لوله و کنتور، استفاده نمی‌شود. کمبود برنامه‌های آموزشی و ترویجی در زمینهٔ نحوهٔ بهره‌برداری بهینه از آب قنات‌ها از دیگر مشکلات قنات‌های مطالعه‌شده بود.

۱۰. مقنیان خبره برای تعمیر و بازسازی قنات‌ها بسیار اندک است. همان تعداد اندک نیز به‌دلیل خطر ریزش قنات و حمایت ناکافی دولت و مؤسسات بیمه‌گذار تمایلی به ورود داخل قنات ندارند.

بازده انتقال در هرنج قنات‌های مطالعه‌شده

مقادیر بازده انتقال در هرنج قنات‌های مطالعه‌شده در استان‌های مختلف در جدول ۵ می‌آید. با توجه به اینکه محل مصرف آب قنات‌ها به مظهر قنات‌ها بسیار نزدیک است، بازده انتقال مقادیر نسبتاً بالایی دارد و به‌طور متوسط بیش از ۸۵ درصد و در حد بازده انتقال آب در کانال‌های بتنی سالم است. متوسط بازده انتقال در مسیر هرنج قنات‌های مطالعه‌شده در استان خراسان رضوی بیشترین (۹۱٫۳٪) و در قنات‌های مطالعه‌شده در استان همدان کمترین (۷۶٫۲٪) بود (جدول ۵). همان‌طور که پیش‌تر مطرح شد، کمتربودن بازده انتقال در قنات‌های استان همدان به‌دلیل نامنظم‌بودن مقطع کانال‌های انتقال و عدم پوشش بتنی آن‌هاست. متوسط بازده انتقال در مسیر هرنج قنات‌های مطالعه‌شدهٔ استان سمنان ۸۹٫۶ درصد برآورد شد (جدول ۵).

جدول ۵. وضعیت بازده انتقال در هرنج قنات‌های مطالعه‌شدهٔ استان‌های همدان و سمنان و خراسان رضوی

استان	دامنهٔ طول هرنج (متر)	دامنهٔ دبی (*lit/s*)	دامنهٔ بازده انتقال (٪)	متوسط بازده انتقال (٪)	ضریب تغییرات (٪)	انحراف معیار
همدان	۱۰۰-۴۰۰	۲۵-۲۲۸	۶۳-۸۶	۷۶٫۲	۸٫۳	۶٫۴
سمنان	۲۰۰-۳۰۰	۳٫۴-۱۰۵٫۶	۸۱-۹۵	۸۹٫۶	۴٫۹	۴٫۴
خراسان رضوی	۱۵۰-۱۵۰۰	۱۳-۱۷۰	۸۳-۹۸	۹۱٫۳	۴٫۹	۴٫۴
متوسط				۸۵٫۷	۹٫۹	۸٫۵

بازده کاربرد آب در اراضی پایین‌دست قنات‌ها

مقادیر بازده کاربرد آب در اراضی پایین‌دست قنات‌های مطالعه‌شده در استان‌های مختلف در جدول ۶ می‌آید. نتایج نشان می‌دهد بازده کاربرد آب در مزارع پایین‌دست قنات‌ها بین ۳۱٫۹ تا ۶۹٫۷ در نوسان و متوسط آن‌ها ۵۱٫۶ درصد است. با توجه به اینکه روش آبیاری در اراضی پایین‌دست قنات‌ها به‌طور عمده سطحی و سنّتی است، مقادیر بازده کاربرد نسبتاً پذیرفتنی است. متوسط بازده کاربرد آب آبیاری در قنات‌های مطالعه‌شدهٔ استان‌های همدان و سمنان و خراسان رضوی به‌ترتیب ۵۶٫۵، ۴۹٫۹، ۴۷٫۵ درصد برآورد شد. یکی از دلایل بیشتربودن بازده کاربرد آب در اراضی پایین‌دست قنات‌های مطالعه‌شدهٔ استان همدان آب‌دهی بیشتر قنات‌ها (جدول ۵) بود. بر اساس تحقیقات Sohrab and Abbasi (2010)، متوسط بازده کاربرد در اراضی پایین‌دست قنات‌ها حدود ۲ تا ۵ درصد بیشتر از متوسط بازده کاربرد روش‌های آبیاری سطحی در اراضی آبخور از منابع آبی چاه یا رودخانه است. این مهم به‌دلیل کمبود آب در قنات‌هاست که منجر به اعمال مدیریت دقیق‌تر آبیاری شده است. مقادیر کم بازده کاربرد مربوط به مناطقی است که سطح زیر کشت محصولات زراعی بیشتر از باغی است. این نشان می‌دهد تلفات آبیاری در زراعت به‌دلیل عمق کم ریشهٔ محصولات زراعی بیشتر است.

در قنات‌های صادق‌خان، سعدآباد، ۱۲۵ کلاته وخیج، شازده، و حاجی‌آباد رزوه استان سمنان فقط از آب قنات برای آبیاری مزارع استفاده شد. اما در سایر مناطق آب قنات و آب چاه در استخر با هم مخلوط و برای آبیاری استفاده شد. افزایش میزان آب‌دهی منبع تأمین آب باعث کوتاه‌شدن مدت زمان آبیاری و در نتیجه کاهش تلفات نفوذ عمقی و افزایش بازده کاربرد می‌شود. بازده کاربرد آب در قنات‌هایی که آب‌دهی آن‌ها نسبت به چاه موجود در همان محل بیشتر است وضعیت بهتری دارد (Naderi *et al*, 2008). روش آبیاری هنگام استفاده از آب چاه و قنات مشابه بود. بنابراین، آنچه باعث تفاوت بازده آبیاری در خاک‌ها و مزارع مشابه می‌شود مدیریت و مقدار دبی ورودی به مزرعه است. هر چه مقدار دبی ورودی بیشتر باشد مدت آبیاری و تلفات آب کمتر و در نتیجه بازده آبیاری بیشتر می‌شود. مقادیر بازده اندازه‌گیری‌شده در اراضی پایین‌دست قنات‌های مطالعه‌شده (جدول ۶) از متوسط بازده کاربرد در استان‌های مطالعه‌شده، که Sohrab and Abbasi (2010) گزارش کرده‌اند، قدری بیشتر است. علت آن به‌طور عمده اعمال کم‌آبیاری از سوی زارعان است؛ زیرا، با توجه به کمبود آب، آبیاری به‌طور کامل صورت نمی‌گیرد و ناخودآگاه کم‌آبیاری ایجاد می‌شود. با توجه به اینکه در هر قنات سهم آب هر کشاورز معین است و در فواصل زمانی ثابت در اختیار او قرار می‌گیرد، کشاورز نمی‌تواند در سراسر فصل زراعی با درنظرگرفتن شرایط رشد گیاه و نیاز آبی گیاه در هر مرحله از رشد حجم آب معینی را وارد مزرعه کند و در مراحل حساس و غیرحساس گیاه به تنش آبی آب به یک اندازه وارد مزرعه می‌شود.

جدول ۶. بازده کاربرد آب در اراضی پایین‌دست قنات‌های مطالعه‌شده در استان‌های همدان و سمنان و خراسان رضوی

استان	محصولات مطالعه‌شده	دامنهٔ بازده کاربرد (٪)	متوسط بازده کاربرد (٪)	ضریب تغییرات (٪)	انحراف معیار
همدان	ذرت، یونجه، گندم، سیب‌زمینی، گردو، انگور	۵۱٫۰-۶۸٫۰	۵۶٫۵	۸٫۷	۴٫۹
سمنان	گندم (در همهٔ قنات‌ها)	۴۱٫۳-۵۵٫۲	۴۹٫۹	۹٫۵	۴٫۷
خراسان رضوی	گندم، جو، پنبه، چغندرقند، یونجه	۳۱٫۹-۶۹٫۷	۴۷٫۵	۲۵٫۲	۱۲٫۰
متوسط			۵۱٫۶	۱۸٫۲	۹٫۴

کارایی مصرف آب در اراضی پایین‌دست قنات‌ها

مقادیر کارایی مصرف آب آبیاری در محصولات غالب پایین‌دست قنات‌ها در جدول ۷ می‌آید. مقادیر کارایی مصرف آب برای محصولات مطالعه‌شده بین ۰٫۱ تا ۳٫۷۴ متغیر و متوسط آن ۰٫۸۵کیلوگرم بر متر مکعب بود. کمترین مقدار کارایی مصرف آب در یک مزرعهٔ فلفل پایین‌دست قنات بیارجمند در استان سمنان و بیشترین آن در یک مزرعهٔ ذرت علوفه‌ای پایین‌دست قنات گناباد برآورد شد. نتایج برابری متوسط کارایی مصرف آب را در اراضی پایین‌دست قنات‌ها با متوسط کارایی مصرف آب کشور نشان می‌دهد. Khaledi and Ehsani (2005) متوسط کارایی مصرف آب را در ۷ شبکهٔ آبیاری کشور ۰٫۷۸ گزارش کردند. تغییرات زیاد کارایی مصرف آب (ضریب تغییرات ۸۳٫۴٪)

در اراضی پایین‌دست قنات‌ها به عوامل متعدد، از جمله تنوع محصولات و حاصل‌خیزی خاک و مدیریت مصرف نهاده‌ها و به طور کلی مدیریت مزرعه، بستگی دارد. متوسط کارایی مصرف آب محصولات ارزیابی‌شده در پایین‌دست قنات‌های استان خراسان رضوی (۰/۹۲) قدری بیشتر از مقادیر کارایی مصرف آب قنات‌های استان‌های همدان (۰/۸۶) و سمنان (۰/۷۵) بود (جدول ۷).

جدول ۷. کارایی مصرف آب آبیاری اراضی پایین‌دست قنات‌های مطالعه‌شده در استان‌های همدان و سمنان و خراسان رضوی

استان	محصولات	تعداد مزرعه	دامنهٔ کارایی مصرف آب (kg/m^3)	متوسط کارایی مصرف آب (kg/m^3)	ضریب تغییرات (٪)	انحراف معیار
همدان	گندم	۶	۰/۵۲-۰/۷۰	۰/۸۶	۸۴/۷۰	۰/۷۳
	سیب‌زمینی	۱	۳/۱۸			
	ذرت	۱	۰/۷۰			
	یونجه	۱	۰/۷۵			
	گردو	۳	۰/۳۰			
	انگور	۳	۱/۳			
سمنان	پیاز	۲	۱/۰-۱/۸	۰/۷۵	۸۳/۶۰	۰/۶۳
	گندم	۱۳	۰/۲۴-۰/۶۲			
	سیب‌زمینی	۴	۱/۴۴-۲/۰			
	گوجه‌فرنگی	۲	۱/۱۱-۲/۱۳			
	فلفل	۱	۰/۱۰			
	جو	۱	۰/۵۰			
	پنبه	۱	۰/۱۴			
	کلزا	۱	۰/۲۱			
خراسان رضوی	گندم	۱۳	۰/۴-۱/۰	۰/۹۲	۸۸/۹۰	۰/۸۲
	جو	۹	۰/۴۲-۰/۸۹			
	پنبه	۳	۰/۲۵-۰/۲۷			
	ذرت	۲	۳/۴۴-۳/۷۴			
	علوفه‌ای					
	چغندرقند	۱	۱/۳۲			
	یونجه	۲	۰/۴۰-۰/۴۲			
	گوجه‌فرنگی	۱	۲/۶۵			
	باغات	۴	۱/۲۸-۱/۴۳			
متوسط				۰/۸۵	۸۶/۴۰	۰/۷۴

نتیجه‌گیری

در این پژوهش مسائل و مشکلات فنی بهره‌برداری در ۴۵ رشته از قنات‌های استان‌های همدان و خراسان رضوی و سمنان بررسی شد. نتایج نشان داد آب‌دهی قنات‌ها هم در طول یک سال مشخص و هم در طول سالیان دراز نوسان داشت؛ ولی روند مشخصی در آن‌ها مشاهده نشد. تغییرات کیفی آب قنات‌های مطالعه‌شده در ۷ تا ۱۰ سال گذشته نشان داد کیفیت آب قنات‌های استان‌های سمنان و خراسان رضوی تغییر محسوسی نداشت؛ ولی کیفیت آب قنات‌های مطالعه‌شده در استان همدان طی ۱۰ سال گذشته حدود ۲۰ درصد کاهش یافته است. مقادیر بازده انتقال در هرنج قنات‌های مطالعه‌شده در استان‌های مختلف به‌طور متوسط بیش از ۸۵ درصد و در حد بازده انتقال آب در کانال‌های بتنی سالم بود. بازده کاربرد آب در مزارع پایین‌دست قنات‌ها بین ۳۲ تا ۷۰ درصد متغیر و متوسط آن‌ها

حدود ۵۲ درصد و قدری بیشتر از متوسط بازده کاربرد روش‌های آبیاری سطحی در اراضی آبخور از منابع آبی چاه یا رودخانه برآورد شد. مقادیر کارایی مصرف آب آبیاری برای محصولات مختلف در قنات‌های مطالعه‌شده بین ۰/۱ تا ۳/۷۴ متغیر و متوسط آن ۰/۸۶کیلوگرم بر متر مکعب بود که تا حدودی با متوسط کارایی مصرف آب کشور برابری می‌کند.

بر اساس نتایج این پژوهش، افت سطح آب‌های زیرزمینی به‌دلیل خشک‌سالی‌های متوالی و حفر بی‌رویهٔ چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق از مشکلات بهره‌برداری و یکی از عوامل اصلی کاهش آب‌دهی قنات‌های مناطق مطالعه‌شده است. رعایت‌نکردن حریم قنات‌ها و استفاده‌نکردن از تکنولوژهای مدرن به‌منظور مرمت و بازسازی آن‌ها، ضعف برنامه‌ریزی برای استفاده صحیح از آب قنات‌ها در فصولی که نیاز به آب برای آبیاری محصولات کمتر است، خرده‌مالکی‌بودن اراضی پایین‌دست قنات‌ها و هماهنگ‌نبودن مالکان در مشارکت برای بازسازی و نگهداری از قنات‌ها، و کمبود برنامه‌های آموزشی و ترویجی در زمینهٔ نحوهٔ بهره‌برداری صحیح از آب قنات‌ها از دیگر مسائل قنات‌های مطالعه‌شده بود. به‌رغم این مشکلات، نظام‌های توزیع و تقسیم آب قنات‌ها بسیار دقیق و منسجم است و توصیه می‌شود از این تجربهٔ گران‌بها در مدیریت و توزیع آب در شبکه‌های مدرن استفاده شود.

برای حفظ قنات‌ها و کاهش مسائل و مشکلات مربوطه پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

۱. افزایش اعتبارات تخصیصی مشخص سالیانه برای تعمیر و نگهداری قنات‌ها و تخصیص وام‌های کم‌بهره یا بی‌بهره برای مرمت و بازسازی قنات‌ها؛

۲. تعیین علمی حریم قنات‌ها و نظارت دقیق بر حفظ حریم آن‌ها و عدم ارائهٔ مجوز حفاری چاه عمیق در حریم مربوطه؛

۳. استفاده از فنون و روش‌های جدید برای مرمت و بازسازی قنات‌ها؛

۴. جلوگیری از تقسیم آب هم‌زمان با تقسیم زمین بین وراث از طریق اصلاح قوانین موجود؛

۵. نصب دستگاه‌ها و دریچه‌های کنترل دبی و ذخیره‌سازی آب در فصول غیر زراعی در قنات‌ها، در صورت امکان؛

۶. برنامه‌ریزی مناسب برای کاهش تلفات آب قنات‌ها در فصل زمستان با برنامه‌هایی مثل ذخیره‌سازی، پرورش ماهی، پرورش قارچ، و تزریق آب به سفره‌های آب زیرزمینی.

REFERENCES

Abadeh, M., Ownagh, M., Mosaedi, A. and Zainoldini, A. (2006). The study of effects of water table drawdown on the salinity of groundwater in Zeydabad area, Sirjan. *J. Agric. Sci. Natur. Resour.*, 13(2), 18-27 (In Farsi).

Bahramlou, R. and Rezvani, S.M. (2002). Evaluation causes of groundwater table depletion and drying of wells in Ghahavand plain and presentation methods for confronting of it. Technical Report No. 355. Program and Budget Organization of Hamedan, pp.150 (In Farsi).

Bahramlou, R., (1997). *Mathematical model for determining of well privacy from point contaminants.* M.Sc.Thesis. University of Tehran (In Farsi).

Barahimi, M., Mehrabian, H. and Rezaeenejad, A. (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.

Farzamnia، M. and Abbasi, F. (2011). Evaluation of technical and operational issues in some qanats in Kerman province. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science*, 15 (55), 41-55.

Ghasemi, A., Zare Abyaneh, H., Mansour Shahsavar, A., Yaghobi Kikileh, B. (2010). The study of variation of quality and quantity of groundwater in Hamedan-Bahar area. *J. Plant and Ecosystem,* 23(6), 109-127 (In Farsi).

Khaledi, H. and Ehsani, M. (2005). Identifying agricultural water productivity indices in seven Iranian irrigation networks. Proceedings of the *9th International Commission on Irrigation and Drainage,* Bejing. China.

Lightfoot, D., (1996). Syrian qanat Romani: history, ecology, abandonment. *J. Arid Environments,* 33, 321- 336.

Naderi, N., Abbasi, F. and Shanian, H. (2008). Evaluation of technical and operational problems in important qanats of Iran (Case study of main Semnan qanats). Final Research Report, No. 88/853/48, *Agricultural Engineering Research Institute* (In Farsi).

Naseri, M., Mirzaee, E., Hasheminia, S.M. and Davari, K. (2007). Estimation of the reasons of qanat degredation and its effect on villagers' participation (case study of six regions in the Khorassan province). CD Proceedings of the 4th Asian Regional Conference and *10th International Seminar on Participatory Irrigation Management*. May 2-5, Tehran, Iran.

Rahbari, P. and Afsharasl, M., (2007). Qanat's environmental impact assessment in arid and semi-arid areas. CD Proceedings of the 4th Asian Regional Conference and *10th International Seminar on Participatory Irrigation Management.* May 2-5, Tehran, Iran.

Rezaie, F. and Dadsetan, A. (2012). Evaluation of

gradual ground linear subsidence and geotechnical parameters assessment in the Taleghani site of Eshtehard. *Geosciences*, 21(83), 3-12 (In Farsi).

Semsar Yazdi, A. A., (2004). Compilation of expert experience on qanat. Iran Water Resources Management Company: Scetiran Consulting Engineers, pp. 331 (In Farsi).

Sohrab, F. and Abbasi, F. (2010). Evaluating irrigation efficiency and iso-efficiency maps in Iran. Proceedings of *ICID 12st National Conference on Irrigation and Drainage,* 24-25 Feb., Tehran, Iran (In Farsi).