

## بررسی تغییرات هدایت هیدرولیکی و پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک پس از

### بهره‌برداری از شبکه کوت و حمودی دشت آزادگان

آرش محجویی\*<sup>۱</sup>، کاظم طرفی<sup>۲</sup> و محمد الباجی<sup>۳</sup>

(۱) مدیر دفتر فنی آب و برق خوزستان، اهواز، ایران.

(۲) رئیس گروه زهکشی دفتر فنی آب و برق خوزستان، اهواز، ایران.

(۳) استادیار، گروه مهندسی علوم آب، دانشگاه شهیدچمران اهواز، اهواز، ایران.

\* نویسنده مسئول: arashmahjoobi@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۱/۲۷

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۸/۰۶

#### چکیده

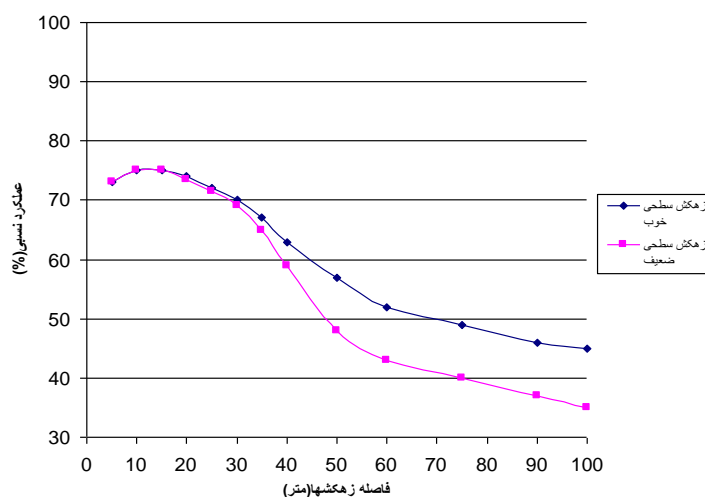
واحدهای عمرانی کوت و حمودی دو واحد از واحدهای هفت‌گانه نواحی یک و دو شبکه آبیاری و زهکشی دشت آزادگان خوزستان هستند که از زمان بهره‌برداری آن‌ها حدود هفت سال می‌گذرد. نتایج مطالعات قبل از احداث شبکه نشان داد که سطح آب زیرزمینی در مساحت قابل توجهی از این نواحی بالا بوده و بیش از ۹۰ درصد اراضی دارای شوری و قلیائی زیاد تا بسیار زیاد بودند. با اجرا، تکمیل و بهره‌برداری از شبکه آبیاری و زهکشی اصلی در این واحدهای عمرانی، سوالی مطرح شد که آیا احداث کانال‌های پوشش‌دار بتنی و زهکش‌های سطحی نسبتاً عمیق (درجه یک و دو)، تغییراتی را در شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک اراضی به وجود آورده است. نتایج حاصل از این تحقیقات نشان داد در واحد عمرانی حمودی سطح ایستابی مقداری پائین رفته ولی در واحد کوت سطح آب زیرزمینی نسبت به قبل بالاتر آمده است. شوری آب زیرزمینی در برخی از مناطق در هر دو ناحیه ثابت و در برخی نقاط دیگر، نسبت به قبل از احداث شبکه کاهش یافته است. هدایت هیدرولیکی در برخی از نقاط بدون تغییر و در برخی از نقاط کاهش یافته است. مقایسه سایر پارامترهای کیفی خاک در چاهک‌های حفاری شده در اعماق مختلف نشان داد که پارامترهای شیمیایی خاک در برخی از نقاط کاهش و در برخی از نقاط افزایش یافته است.

واژه‌های کلیدی: دشت آزادگان، شبکه اصلی، خصوصیات فیزیکی شیمیایی، سطح ایستابی و شوری.

## مقدمه

توسعه آبیاری از اواخر قرن نوزدهم در مقیاسی گسترده در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک آغاز شده است. هر چند آبیاری به میزان قابل توجهی پتانسیل تولیدات کشاورزی را افزایش داده، لیکن تلفات ناشی از شبکه‌های آبیاری و نفوذ عمقی ناشی از آبیاری مزارع، موجب نفوذ و تجمع آب در لایه‌های آبدار زیرزمینی گردیده است. هنگامی که میزان تغذیه از طریق آبیاری بیش از تخلیه طبیعی باشد، سطح ایستابی بالا می‌آید. در برخی از اراضی فاریاب در گوشه و کنار جهان، بالا آمدن سطح ایستابی منجر به ماندابی شدن اراضی شده و در پی آن مشکلات ناشی از شوری را بوجود آورده است. این وضعیت در مناطقی که توسعه زهکشی با توسعه آبیاری انجام نگرفته یا در مناطقی که نگهداری از تاسیسات زهکشی مورد غفلت واقع شده، اتفاق افتاده است (کمپته ملی آبیاری و زهکشی، ۱۳۸۶). گرچه معمولاً آبیاری در مناطقی صورت می‌گیرد که آب و هوا کم و بیش خشک است ولی احتمال وقوع بارندگی و پیدایش آب اضافی در سطح زمین در این مناطق نیز در برخی از ماه‌های سال وجود داشته و علاوه بر نیاز به زهکش‌های زیرزمینی، احداث زهکش‌های سطحی نیز در این مناطق ضروری است. معمولاً شوری و ماندابی شدن، خاص مناطق خشک و نیمه‌خشکی است که در آن‌ها میزان بارندگی سالانه کم‌تر از ۶۰۰ الی ۷۰۰ میلی‌متر می‌باشد. به دلیل کمبود نزولات جوی و بالا بودن تبخیر در این مناطق لایه سطحی خاک به‌صورت طبیعی شور می‌باشد، لذا آبیاری فقط مشکل را تشدید می‌کند (هاشمی‌نیا، ۱۳۸۵). یکی از راه‌حل‌های جلوگیری از شور و زهدار شدن اراضی آن است که از تلفات ناشی از نفوذ عمقی آب آبیاری کاسته شود. به عبارت دیگر راندمان آبیاری افزایش یابد. تسطیح اراضی، پوشش کانال‌های آبیاری، طراحی سیستم‌های آبیاری و هر اقدام دیگری که بتواند باعث افزایش راندمان آبیاری و جلوگیری از نفوذ آب بشود اقدامی موثر در رفع این مشکل خواهد بود. زهکشی موجب می‌شود که سطح ایستابی پائین نگهداشته شده و همیشه شرایط برای شسته شدن خاک و خارج کردن نمک‌ها از لایه سطحی وجود داشته باشد. البته اراضی شور و ماندابی را نمی‌توان با زهکشی سطحی به تنهایی اصلاح کرد. هر چند احداث زهکش‌های سطحی در این اراضی یکی از اقدامات پیشگیرانه به شمار می‌رود ولی راه‌حل اساسی برای احیاء این اراضی استفاده از روش‌های زهکشی زیرزمینی است. وجود زهکش‌های سطحی باعث می‌شود که از بار وارده به زهکش‌های زیرزمینی کاسته شود (شکل ۱). تاثیر زهکشی سطحی در رابطه با عملکرد محصول و فاصله زهکش‌های زیرزمینی را نشان می‌دهد. این نتایج به وضوح نشان می‌دهد که واکنش عملکرد به زهکشی سطحی بستگی به شدت زهکشی زیرزمینی دارد. برای زهکشی زیرزمینی فشرده (مثلاً فاصله کم‌تر از ۲۵ متر)، زهکشی سطحی تاثیر کمی بر روی عملکردهای پیش‌بینی شده دارد، اما وقتی که زهکشی زیرزمینی ضعیف باشد زهکشی سطحی از اهمیت خاصی برخوردار خواهد بود. برای مثال عملکردهای نسبی پیش‌بینی شده در خاک برای فاصله ۱۰۰ متر بین زهکش‌های زیرزمینی در

صورت زهکشی خوب سطحی معادل ۴۴ درصد و در صورت زهکشی سطحی ضعیف برابر ۳۶ درصد است (هاشمی‌نیا، ۱۳۸۵).



شکل ۱: تاثیر زهکشی سطحی در رابطه با عملکرد محصول و فاصله زهکش‌های زیرزمینی

لطفی (۱۳۸۴) تحقیقی را در خصوص ارزیابی زهکش‌های زیرزمینی احداث شده در شبکه آبیاری و زهکشی بهبهان انجام دادند. پروژه زهکشی زیرزمینی در دشت بهبهان برای کنترل سطح آب زیر زمینی و اصلاح حدود ۳۴۰۰ هکتار از زمین‌های زراعی در بخش‌های پست مرکزی دشت که به مسایل زه آب و نیز شوری مبتلا بود، پیش‌بینی شده بود. منشاء زه‌آب زیرزمینی در این اراضی به‌طور عمده جریان‌های نفوذی آبیاری در اراضی زراعی بالادست و نشت آن‌ها به بخش‌های زیر دست بوده است. جریان‌های زیر زمینی از مناطق حاشیه‌ای مجاوردشت و نشت از کانال‌های آبیاری به‌عنوان دیگر منابع تغذیه و در مقابل، تراوشات ثقلی به شبکه زهکش‌های روباز به‌عنوان یکی از منابع تخلیه زه‌آب‌های زیرزمینی در تبادلات هیدروژئولوژی اثرگذار هستند. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که عدم مدیریت درست آب در مزرعه و نیز کشت محصولاتی مانند برنج سبب تغذیه سفره آب زیرزمینی و زهدار شدن اراضی گردیده است. کاهش تلفات آب و یا حتی تغییر الگوی کشت و کاهش تراکم محصولات پرمصرف به‌ویژه برنج‌کاری می‌تواند راه حل مناسبی برای برطرف کردن این‌گونه مسایل و یا حداقل متعادل کردن ابعاد مشکلات باشد. سرکهکی و همکاران (۱۳۸۵) تحقیقی را در خصوص تغییرات سطح ایستابی و شوری خاک در اراضی زیر شبکه ناتمام فجر رامهرمز انجام دادند. شبکه آبیاری و زهکشی فجر سلطان‌آباد رامهرمز به مساحت ۳۰۰۰ هکتار در ۳۰ کیلومتری جاده رامهرمز - بهبهان واقع است اجرای شبکه اصلی این طرح از سال ۶۵ آغاز و تا سال ۷۲ ادامه داشت، به علت عدم توسعه همزمان شبکه‌های اصلی و فرعی این طرح مشکلاتی از جمله افزایش شوری خاک، بالا آمدن سطح ایستابی، کاهش عملکرد محصولات زراعی را به همراه داشته است. میرابوالقاسمی

(۱۳۷۳) تحقیقی را در خصوص ارزیابی بازده آبیاری در تعدادی از شبکه‌های سنتی ایران انجام دادند. در این تحقیق راندمان انتقال و کاربرد آب در شبکه آبیاری سنتی دشت آزادگان با استفاده از اندازه‌گیری‌های صحرائی بدست آمد. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که راندمان انتقال و کاربرد و در مجموع راندمان کل در دشت آزادگان کم است. یکی از نکات قابل توجه این تحقیق تفاوت راندمان کاربرد در اراضی محدوده روستاهای مختلف دشت آزادگان بود. به‌طور مثال در روستای ازک راندمان کاربرد ۱۷ درصد بوده در صورتی که در روستای ستامیه راندمان کاربرد به ۹۱ درصد هم رسیده است. از دلایل مهم این تفاوت فاصله اراضی از منبع تغذیه (رودخانه کرخه نور) ذکر شده است. وجود رودخانه کرخه در دشت آزادگان از دیرباز این منطقه را به یک منطقه مستعد کشاورزی در استان خوزستان تبدیل نموده است. وسعت زیاد اراضی و محدودیت در تامین آب آن‌ها و همچنین وجود روش‌های سنتی آبیاری با راندمان پائین در منطقه سبب گردید تا شبکه آبیاری و زهکشی در این دشت اجراء شود. مطالعه‌های انجام شده توسط مهندسی مشاور قبل از احداث شبکه، نشان داد که بیش از ۹۰ درصد اراضی این دو نواحی عمرانی دارای شوری و قلیائیتی زیاد تا بسیار زیاد بوده و در کلاس‌های S3 و S4 قراردارند. از دلایل عمده این مشکل تا قبل از احداث شبکه، می‌توان به سنگینی بافت خاک منطقه، عدم وجود زهکشی طبیعی و مصنوعی در اراضی، تلفات بیش از حد آبیاری از کانال‌های خاکی و به تبع آن بالا آمدن سطح ایستابی و تبخیر زیاد اشاره نمود (مهندسی مشاور مهتاب قدس، ۱۳۷۲). با اتمام مطالعات و اجرای شبکه آبیاری و زهکشی در این نواحی، به نظر می‌رسد شاید احداث کانال‌های آبیاری سبب کاهش نشت از کانال‌های خاکی و احداث زهکش‌های سطحی نسبتاً عمیق نیز سبب تخلیه آب‌های مازاد سطحی و همچنین پائین رفتن سطح آب زیرزمینی در منطقه و بهبود شرایط خاک شود. هدف از انجام این تحقیق، بررسی تغییرات برخی از خصوصیات خاک بعد از اجرای شبکه آبیاری مدرن در دشت آزادگان بود.

## مواد و روش‌ها

### معرفی محدوده مورد مطالعه

طرح آبیاری و زهکشی کرخه مشتمل بر ۳۴۰ هزار هکتار (کرخه شمالی و جنوبی) اراضی کشاورزی است که شامل طرح‌های اراضی، دوسالقی، باغه، نواحی یک، دو، سه و چهار دشت آزادگان، شمال هوفل، جنوب کرخه نور و شهید چمران می‌باشد. منطقه دشت آزادگان دارای زمستان‌های ملایم و تابستان‌های گرم است. تغییرات متوسط درجه حرارت از حداقل ۵/۷ درجه سانتی‌گراد در دی ماه تا حداکثر ۴۳/۷ درجه سانتی‌گراد در مرداد ماه در نوسان است. متوسط بارندگی سالانه منطقه ۱۹۰/۸ میلی‌متر است. خاک‌های این منطقه عمدتاً دارای بافت سنگین لوم سیلتی رسی و در عمق خاک رس سیلتی هستند. میزان شوری و قلیائیت خاک‌ها از نسبتاً زیاد تا خیلی زیاد متفاوت است. این تحقیق در وسعتی بالغ بر

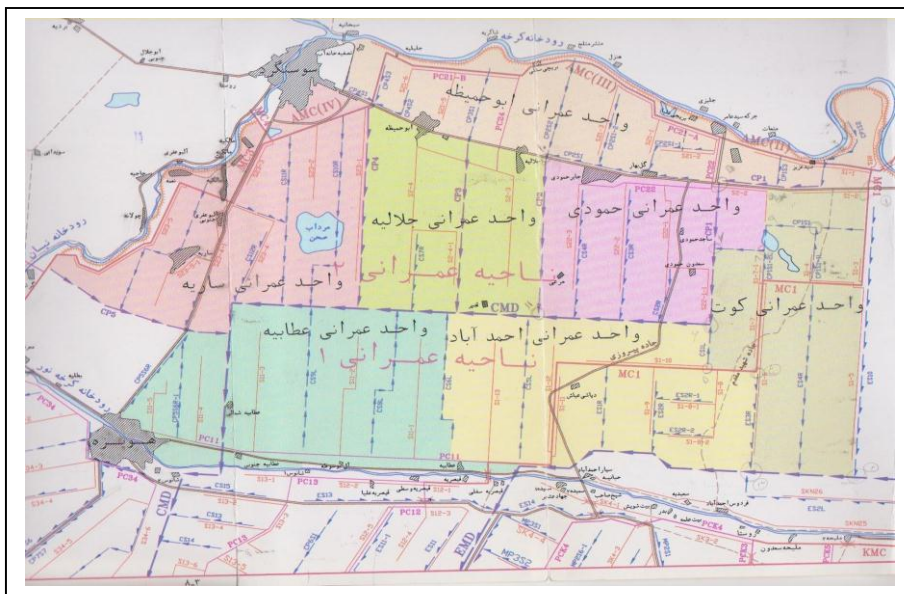
۳۵۰۰ هکتار از واحدهای کوت و حمودی که از زمان اجرا و بهره‌برداری آنها حدود هفت سال می‌گذشت انجام شده است. در واحد عمرانی کوت اراضی محدوده بین زهکش‌های ES10 و ES3R و در واحد عمرانی حمودی اراضی محدود به زهکش CP1 و زهکش CS3R مورد بررسی قرار گرفتند (شکل ۲).

### خاکشناسی منطقه

بر اساس مطالعات قبلی انجام شده (مهندسین مشاور مهتاب قدس، ۱۳۷۲)، پنج سری خاک جزو خاک‌های محدوده طرح در این مطالعه هستند. این سری خاک‌ها عبارتند از خاک‌های سری کرخه، گلبهار، هویزه، احمد آباد و ساریه که سری‌های کرخه و احمد آباد در واحد کوت و سری‌های گلبهار، هویزه و ساریه در واحد حمودی می‌باشند. این خاک‌ها عمدتاً دارای بافت خاک سطحی سنگین و خیلی سنگین (Silty clay loam)، نفوذپذیری عمقی خیلی آهسته و تراوش پذیری سطحی آهسته و شوری خیلی زیاد و قلیائیت زیاد و شیب ملایم (۲-۰ درصد) است. عمق سطح ایستایی بین ۱ تا ۳ متری سطح زمین و شوری آب زیرزمینی بین ۴۰ تا ۶۰ دسی زیمنس بر متر بود.

### تعیین محل انجام آزمایش هدایت هیدرولیکی

برای بررسی تغییرات احتمالی هدایت هیدرولیکی در محدوده طرح تحقیقاتی هفت عدد چاهک مشاهده ای به صورت پراکنده در هر دو ناحیه عمرانی انتخاب شدند. چهار چاهک در ناحیه کوت و سه چاهک در ناحیه حمودی نصب شد. با توجه به اینکه در منطقه مطالعاتی عمق آب زیرزمینی کمتر از سه متر بود ضریب آبگذری تمام نقاط به روش چاهک (ارنست) انجام شد.



شکل ۲: سیمای طرح آبیاری و زهکشی ناحیه یک و دو دشت آزادگان به تفکیک واحدهای عمرانی

### تعداد و محل مته‌ها و پروفیل‌ها

برای مقایسه تغییرات پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در طرح، عملیات صحرائی و نمونه برداری در محل‌های تعیین شده انجام شد. با توجه به وسعت ناحیه مورد مطالعه (۳۵۰۰ هکتار) در هر ۱۰۰۰ هکتار پنج مته و یک پروفیل (مجموعاً ۱۸ مته و سه پروفیل) تا عمق ۱/۵ متر حفاری شد. محل مته‌ها به صورت آرایش شبکه منظم دو کیلومتر در دو کیلومتر انتخاب شد. در واحد عمرانی کوت، ۱۰ مته و در واحد عمرانی حمودی، هشت مته برای حفاری و انجام آزمایش‌های مورد نظر در نظر گرفته شد. انتخاب محل پروفیل‌های شاهد با توجه به وسعت سری‌های غالب اراضی صورت گرفت. از تعداد سه پروفیل مورد نظر، دو پروفیل در واحد عمرانی کوت و یک پروفیل در واحد عمرانی حمودی حفر شد (شکل ۳). اندازه گیری EC و pH هر کدام در پنج عمق (۰-۳۰، ۳۰-۶۰، ۶۰-۹۰، ۹۰-۱۲۰ و ۱۲۰-۱۵۰ سانتی‌متر) و برای صرفه جویی در هزینه‌ها سایر پارامترهای کیفی خاک در دو عمق مختلف (۰-۶۰ و ۶۰-۱۲۰) نمونه برداری شد.



شکل ۳: موقعیت محل حفر چاهک‌ها و پروفیل

### نتایج و بحث

#### مقایسه سطح آب زیرزمینی قبل و بعد از احداث شبکه

براساس مطالعاتی که قبل از احداث شبکه توسط مشاور طرح انجام گرفته، ماه فروردین به عنوان ماه حداقل عمق سطح ایستابی (ماه بحرانی) معرفی گردیده بود (مهندسین مشاور مهتاب قدس، ۱۳۷۲). بر اساس بررسی منحنی‌های

هم عمق سطح ایستابی، عمق آب زیرزمینی در این ماه در واحد کوت بین ۱ تا ۲/۵ متری سطح زمین و در محدوده واحد حمودی بین ۰/۵ تا ۱ متری سطح زمین در نوسان بوده است (شکل ۴).

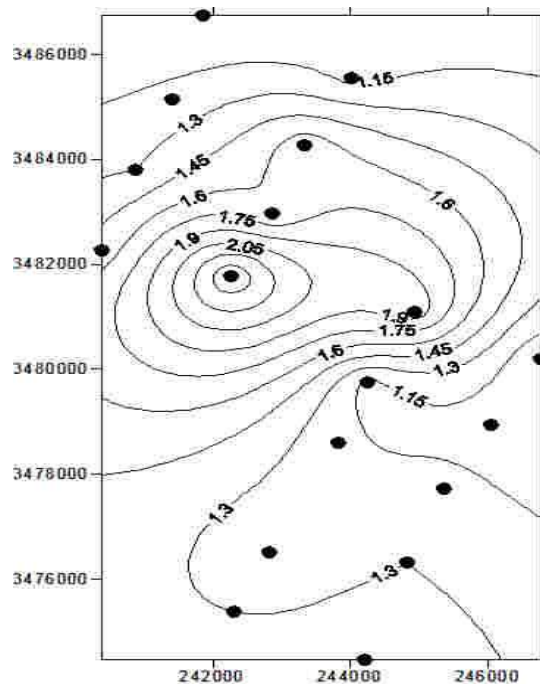


شکل ۴: منحنی هم عمق سطح ایستابی در واحدهای کوت و حمودی قبل از احداث شبکه

جدول ۱: مقایسه عمق آب زیرزمینی قبل و بعد از احداث شبکه

ردیف	شماره چاهک	عمق آب زیرزمینی قبل از احداث شبکه (سانتی متر)	عمق آب زیرزمینی بعد از احداث شبکه (سانتی متر)
۱	CH-1	۱۶۰	۱۱۰
۲	CH-2	۲۱۰	۱۴۰
۳	CH-3	۲۴۰	۱۳۵
۴	CH-4	۲۵۰	۱۱۵
۵	CH-5	۲۱۰	۲۱۰
۶	CH-6	۱۷۰	۱۷۰
۷	CH-7	۱۸۰	۱۸۶
۸	CH-8	۲۵۰	۱۰۵
۹	CH-9	۱۲۰	۹۵
۱۰	CH-10	۱۳۰	۱۷۰
۱۱	CH-11	۵۰	۱۴۰
۱۲	CH-12	۴۵	۱۶۳
۱۳	CH-13	۱۰۰	۱۶۵
۱۴	CH-14	۹۰	۱۴۵
۱۵	CH-15	۸۰	۱۵۴
۱۶	CH-16	۹۰	۱۸۰
۱۷	CH-17	۵۰	۱۲۵
۱۸	CH-18	۵۰	۱۴۶

با توجه به شباهت تقریبی هر دو ناحیه عمرانی از لحاظ سنگینی بافت خاک و میزان هدایت هیدرولیکی، به نظر می‌رسد یکی از دلایل عمده بالاتر بودن تراز سطح آب زیرزمینی در واحد حمودی در زمان قبل از احداث شبکه، وجود لایه غیر قابل نفوذ با عمق کم‌تر در واحد حمودی به نسبت واحد کوت بوده است. بر اساس نتایج آزمایش‌های قبلی مشاور و ترسیم نقشه‌های هم‌عمق لایه غیر قابل نفوذ، در واحد عمرانی حمودی مساحت قابل توجهی از اراضی دارای لایه غیر قابل نفوذ در عمق دو تا سه متری سطح زمین می‌باشند در حالی که در واحد کوت عمق لایه غیر قابل نفوذ در عمق سه تا چهار متر و بیشتر از چهار متر گزارش شده است. در مطالعه‌های حاضر با استفاده از داده‌های چاهک‌های حفاری شده، منحنی هم‌عمق سطح ایستابی با استفاده از نرم افزار surfer ترسیم شد (شکل ۵) و با منحنی‌های هم‌عمق ارائه شده در گزارش‌های قبلی مشاور مقایسه شد. همان گونه که در جدول ۱ مشخص است در واحد کوت در چاهک‌های شماره یک، دو، سه، چهار، هفت، هشت و نه سطح آب زیرزمینی نسبت به قبل از احداث شبکه، بالاتر بود. اما در چاهک‌های شماره پنج و شش این واحد، سطح آب زیرزمینی تغییری نداشت (بررسی‌های انجام شده بر روی نقشه‌های کاداستر پراکنش کشت‌ها، نشان داد که اراضی کشاورزهایی که چاهک‌های شماره پنج و شش در آن‌ها حفر شده‌اند به دلیل عدم امکان تامین آب در فصل پائیز و زمستان ۱۳۸۹-۱۳۸۸، به صورت آیش بوده است). برخلاف واحد کوت، بررسی رقوم سطح آب زیرزمینی چاهک‌های حفاری شده در واحد حمودی و مقایسه آن با منحنی‌های هم‌عمق آب زیرزمینی ترسیم شده قبلی نشان داد که بر خلاف واحد عمرانی کوت، سطح آب زیرزمینی در واحد حمودی نسبت به قبل از احداث شبکه، پائین‌تر رفته است.



شکل ۵: منحنی هم‌عمق سطح ایستابی در واحدهای کوت و حمودی بعد از احداث شبکه



چنانچه ذکر شد سطح آب زیرزمینی در محدوده واحد حمودی قبل از احداث شبکه بین ۰/۵ تا ۱ متری از سطح خاک قرار داشته در صورتی که پس از احداث شبکه عمق سطح آب زیرزمینی در چاهک‌ها بین ۱/۲۵ تا ۱/۸ متری سطح زمین بود. علاوه بر اندازه گیری‌های انجام شده در این تحقیق، آمار چاهک‌های مشاهده‌ای دیگر نیز که توسط شرکت بهره‌برداری از شبکه در این واحد عمرانی نصب و تجهیز شده بودند از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹ اخذ شد. بررسی آمار مربوط به ماه فروردین (ماه حداکثر) نشان داد در سال‌های آبی گذشته نیز عمق سطح ایستابی در واحد حمودی پایین تر از قبل احداث شبکه بوده است. به نظر می‌رسد پس از اجرای شبکه آبیاری و زهکشی در ناحیه عمرانی کوت و فراهم شدن شرایط انتقال آب به همه اراضی این محدوده و آبیاری آن‌ها، سطح آب زیرزمینی نسبت به قبل بالاتر آمده اما در ناحیه عمرانی حمودی علی‌رغم فراهم شدن آب آبیاری به دلیل احداث زهکش‌های سطحی اصلی و درجه یک CP1، CS2R و CS3R امکان تخلیه رواناب‌های سطحی و تا حدی زیرزمینی فراهم گشته از این رو سطح آب زیرزمینی در این ناحیه پائین تر آمده است.

#### مقایسه شوری آب زیرزمینی قبل و بعد از احداث شبکه

بر اساس نتایج تجزیه شوری آب زیرزمینی درون چاهک‌ها در مطالعه‌های انجام شده توسط مشاور قبل از احداث شبکه، منحنی‌های هم هدایت الکتریکی در کل محدوده دشت آزادگان ترسیم شد. بر اساس نقشه مذکور به جز محدوده کمی از اراضی که در مجاورت رودخانه کرخه نور قرار دارند آب زیرزمینی مابقی اراضی دارای شوری زیاد بوده و شوری آن‌ها بین ۴۰ تا ۵۰ دسی زیمنس بر متر بوده است (مهندسیین مشاور مهتاب قدس، ۱۳۷۲). جدول ۲ میزان شوری آب زیرزمینی درون چاهک‌ها را قبل و بعد از احداث شبکه نشان می‌دهد. اگرچه با احداث زهکش‌های سطحی و فراهم شدن امکان تخلیه رواناب‌های سطحی و مقداری از آب زیرزمینی در قسمت‌هایی از اراضی، وضعیت شوری آب زیرزمینی در بخش‌هایی از اراضی بهتر شده است اما بازهم میزان شوری آب زیرزمینی در برخی از مناطق خیلی زیاد است. این امر سبب شده تا در اثر تبخیر و صعود آب زیرزمینی، کاهش چندانی در شوری خاک اتفاق نیفتد.

#### بررسی تغییرات هدایت هیدرولیکی

برای بررسی تغییرات احتمالی هدایت هیدرولیکی در محدوده طرح تحقیقاتی هفت عدد چاهک مشاهده ای به صورت پراکنده در هر دو واحد عمرانی انتخاب شدند. چهار چاهک در واحد کوت (چاهک های ۱، ۵، ۷ و ۹) و سه چاهک در واحد حمودی (چاهک های ۱۲، ۱۵ و ۱۸). بر اساس نتایج حاصل از مطالعات حاضر (جدول ۳) و مقایسه آن با نتایج قبلی، در واحد عمرانی کوت، به جز چاهک شماره یک که کاهش هدایت هیدرولیکی زیاد بود در مابقی چاهک‌ها هدایت هیدرولیکی تقریباً شبیه نتایج قبلی بود.

جدول ۲: مقایسه شوری آب زیرزمینی قبل و بعد از احداث شبکه

ردیف	شماره چاهک	شوری قبل از احداث شبکه (دسی زیمنس بر متر)	شوری بعد از احداث شبکه (دسی زیمنس بر متر)
۱	CH-1	۵۵	۵۲/۹
۲	CH-2	۵۳	۴۵
۳	CH-3	۵۱	۳۵
۴	CH-4	۳۵	۳۲
۵	CH-5	۴۵	۱۶
۶	CH-6	۵۲	۲۳
۷	CH-7	۴۸	۲۰
۸	CH-8	۵۳	۲۷
۹	CH-9	۵۰	۲۹
۱۰	CH-10	۵۱	۲۵
۱۱	CH-11	۵۶	۵۴
۱۲	CH-12	۵۳	۳۱
۱۳	CH-13	۵۶	۵۰
۱۴	CH-14	۵۴	۵۵
۱۵	CH-15	۵۵	۵۱
۱۶	CH-16	۵۰	۴۴
۱۷	CH-17	۴۳	۱۷
۱۸	CH-18	۵۳	۵۱

در واحد عمرانی حمودی نیز هدایت هیدرولیکی چاهک شماره ۱۵ منطبق بر اندازه‌گیری‌های مشاور بود، اما اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی در چاهک‌های شماره ۱۲ و ۱۸ نشان می‌دهد که میزان هدایت هیدرولیکی نسبت به آزمایش‌های قبلی مشاور کمی کاهش یافت (روش اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی در مطالعات قبلی و حاضر هر دو به روش ارنست انجام شده است). بر اساس مطالعاتی که بر روی تغییرات هدایت هیدرولیکی در داخل و خارج از کشور انجام شده است، عملیات خاکورزی و انجام کشت و کار و همچنین آبشویی خاک و شسته شدن املاح باعث کاهش هدایت هیدرولیکی خاک می‌شود. لذا احتمالاً یکی از عوامل مهم کاهش هدایت هیدرولیکی در خاک بعد از احداث شبکه، دسترسی دائمی کشاورزان به آب و کشت و کار مداوم و همچنین شسته شدن بیشتر املاح خاک به دلیل احداث زهکش‌های سطحی نسبت به قبل از احداث شبکه است. زیرا پس از انجام آبشویی و خروج نمک‌ها از ستون خاک، قطر لایه دوگانه پخشیده افزایش و همآوری ذرات کاهش می‌یابد و در نتیجه ضریب آبگذری نیز کم می‌شود.

## جدول ۳: مقایسه هدایت هیدرولیکی قبل و بعد از احداث شبکه

ردیف	شماره چاهک	هدایت هیدرولیکی قبل (متر در روز)	هدایت هیدرولیکی بعد (متر در روز)
۱	CH-1	۱/۱	۰/۴۲
۲	CH-5	۱/۷۸	۱/۶۱
۳	CH-7	۱/۶	۱/۵۴
۴	CH-9	۱/۵۲	۱/۴۵
۵	CH-12	۱/۴۸	۰/۴۸
۶	CH-15	۰/۸۱	۰/۷۷
۷	CH-18	۱/۶	۰/۴۸

## مقایسه پارامترهای کیفی خاک قبل و بعد از احداث شبکه و بررسی میزان تغییرات آن

برای بررسی تغییرات پارامترهای کیفی خاک برای هر چاهک، تغییرات شوری، اسیدیته خاک، میزان سدیم، سدیم قابل تبادل و نسبت جذب سدیم SAR آن به صورت جداگانه مقایسه شد. بر اساس نتایج حاصله، در چاهک‌های شماره یک، دو، پنج، هفت، ۱۰، ۱۴، ۱۵ و ۱۸ اکثر پارامترهای شیمیایی خاک شامل (Mg+Ca, Na, EXNa, SAR, EC) کاهش یافته‌اند. اما در چاهک‌های شماره سه، چهار، شش، هشت، نه و ۱۳ پارامترهای شیمیایی مقداری افزایش یافته‌اند. ضمناً این تغییرات گاهی در عمق‌های مختلف از یک روند خاص تبعیت نموده است. در چاهک‌های شماره ۱۱، ۱۲ و ۱۶ تغییرات قابل ملاحظه‌ای در پارامترهای شیمیایی خاک مشاهده نشد. لازم به ذکر است که تغییرات کیفی خاک به عوامل مختلفی همچون عمق سطح ایستابی، عمق لایه غیر قابل نفوذ، بافت خاک، میزان و زمان آبیاری، کشت یا آیش بودن اراضی و همچنین زمان انجام نمونه‌برداری و آزمایش‌ها، بستگی دارد لذا بررسی دقیق تغییرات نیاز به دانستن کلیه عوامل فوق دارد. بر اساس نتایج چاهک‌ها در شبکه حمودی روند تغییرات پارامترهای کیفی خاک وضعیت بهتری را نسبت به قبل از احداث شبکه نشان می‌دهد به طوری که از هشت چاهک حفاری شده در این ناحیه (چاهک‌های شماره ۱۱ تا ۱۸) فقط پارامترهای کیفی چاهک شماره ۱۳ بیش‌تر شده است که این اراضی نیز به صورت آیش بوده‌اند. در چاهک‌های شماره ۱۱، ۱۲ و ۱۶ نیز تغییرات قابل ملاحظه‌ای اتفاق نیفتاده است. جدول ۴ و جدول ۵ تغییرات شوری و سدیم خاک را در چاهک‌های شماره ۱۴ و چهار نشان می‌دهد.

**جدول ۴: تغییرات شوری خاک قبل و بعد از احداث شبکه در چاهک شماره ۱۴ واحد حمودی**

عمق خاک (cm)	شوری خاک قبل از اجرای شبکه (ds/m)	شوری خاک بعد از اجرای شبکه (ds/m)
۰-۳۰	۱۱۰	۲۹/۳
۳۰-۶۰	۴۲	۳۱/۵
۶۰-۹۰	۴۵	۲۷/۹
۹۰-۱۲۰	۷۱	۲۴/۳
۱۲۰-۱۵۰	۶۴	۷۶/۵

**جدول ۵: تغییرات سدیم خاک قبل و بعد از احداث شبکه در چاهک شماره چهار واحد کوت**

عمق خاک (cm)	سدیم خاک قبل از اجرای شبکه (m.e/Lit)	سدیم خاک بعد از اجرای شبکه (m.e/Lit)
۰-۳۰	۱۰۹/۵	۲۱۷
۳۰-۶۰	۶۲/۲	۲۱۷
۶۰-۹۰	۱۰۲/۹	۱۶۸
۹۰-۱۲۰	۸۹	۱۷۲
۱۲۰-۱۵۰	۱۰۷	۱۲۸

### نتیجه گیری

در شبکه کوت علی‌رغم احداث زهکش‌های سطحی و کاهش نشت از آن‌ها، بواسطه احداث کانال‌های بتنی، به دلیل تامین آب دائمی در این اراضی، سطح آب زیرزمینی مقداری بالاتر آمده است. در شبکه حمودی با وجود تامین شدن آب اراضی، عمق سطح ایستابی در منطقه نسبت به شرایط قبل از احداث شبکه، کاهش یافته و شرایط بهتری در این اراضی فراهم شده است. با وجود امکان فراهم شدن تخلیه آبهای سطحی مازاد و بخشی از آب زیرزمینی منطقه، بازهم به دلیل تبخیر بیش از حد و وجود املاح زیاد در خاک کماکان شوری آب زیرزمینی در این نواحی زیاد است. اندازه‌گیری‌های انجام شده روی هدایت هیدرولیکی در هفت عدد از چاهک‌ها نشان داد که در چاهک شماره یک، میزان هدایت هیدرولیکی کاهش یافته است در مابقی چاهک‌ها نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌ها منطبق با اندازه‌گیری‌های مشاور در قبل از احداث شبکه بود. تغییرات به‌وجود آمده بر روی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها یکسان نبوده و بسته به شرایط وضع موجود طرح در قبل از احداث شبکه نظیر امکان تامین آب اراضی، نوع اراضی از لحاظ توپوگرافی و خصوصیات فیزیکی خاک و سایر موارد متفاوت بود. گرچه در حال حاضر با احداث زهکش‌های سطحی درجه یک و دو شرایط کشت محصولات

فراهم گردیده، اما با توجه به بالا بودن سطح آب زیرزمینی منطقه و همچنین شوری زیاد آب زیرزمینی، جهت حصول عملکرد بهینه محصولات، احداث زهکش‌های زیرزمینی در منطقه ضرورت دارد.

### منابع

ابوالقاسمی، ه. (۱۳۷۳). ارزیابی بازده آبیاری در تعدادی از شبکه‌های سنتی ایران. مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

کشکولی، ح.، سرکهکی، م. و کوتی، ع. (۱۳۸۵). بررسی تغییرات سطح ایستابی و شوری خاک در اراضی زیر شبکه ناتمام فجر رامهرمز. اولین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز.

لطفی، الف. (۱۳۸۰). ارزیابی شبکه زهکشی زیرزمینی دشت بهبهان. مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

مدیریت زه‌آب‌های کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک. (۱۳۸۶). گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

مهندسیین مشاور مه‌آب قدس. (۱۳۷۲). گزارش مطالعات مرحله اول زهکشی عمقی دشت آزادگان.

هاشمی‌نیا، م. (۱۳۸۵). مدیریت آب در کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۳۹۹.