

آلودگی منابع آب زیرزمینی در محدوده زمین‌های کشاورزی دشت مجن، استان سمنان

غلامحسین کرمی

دانشیار آبخش‌شناسی دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود

هادی جعفری

استادیار آبخش‌شناسی دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود

حامد قناعتیان

دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخش‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۹ تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۴

h_jafari@Shahroodut.ac.ir

چکیده

زمین‌های کشاورزی مهمترین منبع آلودگی غیر نقطه‌ای آب زیرزمینی می‌باشند. در این تحقیق به منظور بررسی اثر کشاورزی بر کیفیت آبخوان مجن در استان سمنان، از ۱۷ حلقه چاه نمونه برداری شده است. رابطه هدایت الکتریکی، pH، نیترات و فسفات با عمق چاه‌ها به وضوح تفاوت خصوصیات کیفی آبخوان در بخش‌های فوقانی و زیرین را نشان می‌دهد. رابطه مستقیم هدایت الکتریکی با نیترات و فسفات در چاه‌های کم عمق نشان دهنده تاثیر آب برگشتی کشاورزی در بخش فوقانی آبخوان بوده، در حالیکه در چاه‌های عمیق‌تر رابطه معناداری بین آنها وجود ندارد. نتایج این تحقیق نشان دهنده افزایش غلظت نیترات و فسفات در بخش فوقانی آبخوان در مقایسه با بخش زیرین آن بوده که ضمن تایید منشاء سطحی این آلاینده‌ها، بیانگر تاثیر فعالیت‌های کشاورزی در آلودگی آبخوان مجن می‌باشد. بر اساس نتایج کاربردی تحقیق، مدیریت فعالیت‌های کشاورزی در این دشت در راستای جلوگیری از آلودگی آبخوان و حفاظت از منابع ارزشمند آب زیرزمینی ضروری می‌باشد.

کلمات کلیدی: کشاورزی، نیترات، فسفات، آبخوان مجن، سمنان

مقدمه

که کیفیت آب زیرزمینی در نواحی زراعی این منطقه به شدت تحت تاثیر آلودگی‌های ناشی از مواد شیمیایی مثل کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها قرار گرفته و استفاده مکرر از کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار منجر به افزایش شدید غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی این منطقه شده است.

در ایران زمین‌های کشاورزی منبع اصلی نیترات شناخته شده‌اند که افزایش بی‌سابقه آنها در ۳۰ سال گذشته سبب افزایش آبشویی نیترات از خاک‌ها به داخل منابع آب سطحی و زیرزمینی شده است (Jalali, 2011). برای مثال بررسی میزان نیترات در مناطق کشاورزی دشت شهریار (نظامی و همکاران، ۱۳۹۰) بیانگر غلظت بالای نیترات در این مناطق (متوسط ۵۴/۱ میلی‌گرم بر لیتر) به دلیل استفاده از روش‌های سنتی آبیاری و کوددهی بوده است. به دلیل زیاد بودن عمق سطح آب زیرزمینی در این منطقه، افزایش مصرف کودهای نیتروژن‌دار و آبیاری در شروع فصل کشت (اواخر زمستان و اوایل فصل بهار) با افزایش غلظت نیترات در تیرماه همراه بوده است. تحقیقات انجام شده در منطقه رزن در استان همدان (Jalali, 2009) نیز نشان می‌دهد در بخش‌هایی از منطقه که آلودگی نیترات دیده می‌شود، میزان مصرف کودهای نیتراژنه دو تا سه برابر مورد نیاز بوده و آبیاری به صورت غرقابی با راندمان پایین انجام می‌گردد. مطالعات انجام شده در دشت تویسرکان (Jalali, 2011)، دشت شهرکرد (لاله زاری و همکاران، ۱۳۸۸)، دشت رومشگان (رستمی زربین-آبادی و همکاران، ۱۳۹۳) و دشت الباجی (روحی و همکاران، ۱۳۹۲) نیز فعالیت‌های کشاورزی و استفاده از کودهای نیتروژن‌دار را دلیل آلودگی آب زیرزمینی در این مناطق معرفی نموده‌اند.

آب زیرزمینی تنها منبع آب برای مصارف خانگی، کشاورزی و صنعتی در بسیاری از مناطق به ویژه مناطق خشک و نیمه خشک بوده و آلودگی آن به عنوان یکی از اصلی‌ترین مشکلات این نواحی شناخته می‌شود. در بین آلاینده‌های مختلف، آب برگشتی کشاورزی مهمترین آلاینده غیرنقطه‌ای (پراکنده) شناخته شده (Todd and Mays, 2005) که به صورت مستقیم (انتقال کودهای اضافی مورد استفاده در کشاورزی و مواد همراه آنها) یا غیرمستقیم (تغییر در میزان اکسیژن محلول، یون‌های اصلی و pH و بنابراین تغییر در واکنش‌های آب زیرزمینی با مواد سفره) بر شیمی و کیفیت آب‌های زیرزمینی تاثیر دارد (Bohlke, 2002). در بین آلاینده‌های مختلف مرتبط با فعالیت‌های کشاورزی، نیون نیترات به دلیل ویژگی‌های آن مهمترین آلاینده آب زیرزمینی بوده که افزایش آن به بالاتر از حد مجاز آب آشامیدنی (۴۵ میلی‌گرم در لیتر بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی، WHO) سبب صدمات اکولوژیکی شده و برای سلامتی انسان مضر می‌باشد. براساس مطالعات (Oren et al., 2004) دو فرایند عمده شور شدن به علت انحلال نمک‌های باقی مانده در خاک و ورود مستقیم نیترات و پتاسیم به دلیل استفاده از کودهای شیمیایی را مرتبط با فعالیت‌های کشاورزی دانسته که سبب آلودگی آب زیرزمینی در مناطق خشک می‌گردند. کاربرد روز افزون کودهای شیمیایی حاوی نیتروژن و پتاسیم به منظور دستیابی به محصولات بیشتر به عنوان یکی از عوامل ایجاد آلودگی‌های کشاورزی در منطقه‌ای در چین توسط (Sun et al., 2012) بررسی شده است. مطالعات انجام شده در یک آبخوان آبرفتی در چین (Chae et al., 2004) نشان داده است

شده است. غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی محلول در آب (سولفات، بیکربنات، کلر، سدیم، پتاسیم، منیزیم و کلسیم) و همچنین غلظت آلاینده های مرتبط با فعالیت‌های کشاورزی (نیترات و فسفات) در آزمایشگاه به روش‌های رایج اندازه‌گیری شده است. پس از دریافت نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌ها، درصد خطای آزمایش و کل املاح جامد محلول محاسبه شده و نمودارهای کیفی با استفاده از نرم افزار AqQA ترسیم شده است. همچنین نقشه‌های تغییرات و پراکندگی مکانی پارامترهای هیدروشیمیایی با استفاده از نرم افزار Arc Gis 9.3 ترسیم شده است.

موقعیت نقاط نمونه‌برداری از آب زیرزمینی در (شکل ۱) و نتایج آنالیز شیمیایی (جدول ۱) آنها ارائه شده است. لازم به ذکر است خطای آنالیزهای شیمیایی در تمامی نمونه‌ها کمتر از ۵ درصد بوده و نتایج قابل قبول می‌باشند.

نتایج و بحث

پیزومترهای باغ‌سینه، شهرداری و اورسو که موقعیت آنها در (شکل ۱) مشخص می‌باشد، در قسمتی از دشت که فعالیت کشاورزی وجود داشته و نسبت به بخش‌های دیگر از شدت بیشتری برخوردار می‌باشد، قرار گرفته‌اند. هیدروگراف این پیزومترها (شکل ۲ الف، ب و ج) نوسانات تقریباً سینوسی نشان داده ولی در مجموع با گذشت زمان افزایش ارتفاع سطح آب زیرزمینی در آنها دیده می‌شود. با توجه به نحوه تامین آب کشاورزی در دشت مجن از منابع آب سطحی و زیرزمینی، نوسانات سطح آب زیرزمینی در این پیزومترها را می‌توان در قالب دو دوره بررسی نمود. در فاصله ماه‌های خرداد تا آبان (دوره اول) برداشت از آب زیرزمینی توسط چاه‌های بهره‌برداری صورت می‌گیرد که این موضوع باعث کاهش سطح آب زیرزمینی در این دوره می‌گردد. از آذر تا اردیبهشت ماه (دوره دوم) توقف یا کاهش برداشت چاه‌ها سبب بالا آمدن سطح ایستایی می‌گردد. ضمن اینکه در این دوره به دلیل کاهش میزان تبخیر و تعرق میزان آب برگشتی زیاد بوده که سبب تغذیه آبخوان می‌گردد (Jafari et al., 2010). در انتهای این دوره (حدود اوایل فروردین ماه تا خرداد ماه) از آب رودخانه مجن برای آبیاری مزارع دشت مجن استفاده می‌شود که این موضوع افزایش بیشتر در ارتفاع سطح آب زیرزمینی را به دنبال دارد.

بیشترین نوسان سطح آب زیرزمینی در منطقه مربوط به این پیزومترها بوده و حداکثر آن در پیزومتر باغ‌سینه با افزایش حدود ۷ متر در یک دوره ۲۴ ماهه (تیر ۱۳۸۹ تا تیر ۱۳۹۱) مشاهده می‌شود. با توجه به موقعیت قرارگیری این پیزومترها در محدوده زمین‌های کشاورزی به نظر می‌رسد رفتار آنها متأثر از فعالیت‌های کشاورزی در این منطقه باشد. به عبارت دیگر به احتمال زیاد تغذیه ناشی از برگشت آب کشاورزی به آبخوان در این محدوده از دشت سبب بالا آمدن و افزایش ارتفاع سطح آب زیرزمینی شده است. ذکر این نکته نیز ضروری است که هیدروگراف سایر پیزومترهای حفر شده در آبخوان برای مثال پیزومتر پریخانی در مرکز آبخوان (شکل ۲ د) روند تقریبی نزولی با زمان نشان می‌دهد (قناعتیان، ۱۳۹۱).

بررسی شیب سطح ایستایی (شکل ۱) نیز افزایش شیب هیدرولیکی در منطقه غربی دشت که فعالیت کشاورزی شدت بیشتری دارد، را نشان می‌دهد. حداکثر شیب هیدرولیکی آبخوان در محدوده اطراف پیزومتر اورسو (غرب آبخوان) برابر با حدود ۰/۰۳ (۳ درصد) می‌باشد. این افزایش شیب نیز احتمالاً ناشی از تغذیه آبخوان با آب برگشتی کشاورزی بوده و تاثیر کمی آب برگشتی کشاورزی بر آبخوان مجن را تقویت می‌نماید.

دشت مجن واقع در شمال دشت شاهرود یکی از مناطق مهم کشاورزی استان سمنان می‌باشد. سطح زیر کشت محصولات مختلف در این دشت به ترتیب شامل حدود ۲۰۰۰ هکتار کشت سیب زمینی، ۱۰۰۰ هکتار گندم و ذرت و ۱۰۰۰ هکتار باغات می‌باشد. نظر به توسعه گسترده فعالیت‌های کشاورزی در این دشت و با توجه به اینکه تاکنون هیچگونه مطالعه‌ای بر روی کیفیت آبخوان در ارتباط با آلاینده‌های ناشی از کشاورزی انجام نشده است، هدف از انجام تحقیق حاضر بررسی کیفی و ارزیابی آلودگی منابع آب زیرزمینی در محدوده زمین‌های کشاورزی دشت مجن بر اساس تغییرات عمقی پارامترهای شیمیایی، نیترات و فسفات می‌باشد.

محدوده مورد مطالعه

دشت مجن با وسعتی در حدود ۱۶۳ کیلومتر مربع در استان سمنان (شهرستان شاهرود)، بین طول‌های جغرافیایی ۳۰' ۵۴° تا ۵۰' ۵۴° شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۲۵' ۳۶° تا ۳۵' ۳۶° شمالی قرار دارد. شهر مجن بزرگترین مرکز جمعیتی در این دشت بوده که فاصله آن تا مرکز شهرستان حدود ۴۰ کیلومتر می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه در این منطقه ۲۸۰/۲ میلی‌متر بوده و حداکثر و حداقل بارش به ترتیب در ماه‌های فروردین و مرداد صورت می‌گیرد.

منابع آب سطحی دشت مجن شامل رودخانه‌های تاش و مجن بوده که از ارتفاعات غرب و شمال غربی منطقه (شکل ۱) سرچشمه می‌گیرند. این دو رودخانه دائمی بوده که به عنوان تامین کننده بخشی از آب مورد نیاز کشاورزی محسوب می‌شوند. آبخوان دشت مجن که مرز آن با فاصله اندکی از مرز کوه و دشت ترسیم شده است، یک آبخوان آزاد به وسعت حدود ۱۴۰ کیلومتر مربع می‌باشد (قناعتیان، ۱۳۹۱). بخش اعظم آب برداشت شده از آن توسط چاه‌های نیمه عمیق و عمیق صورت می‌پذیرد. دشت مجن دارای ۲۴ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق با دبی متوسط ۳۰ لیتر بر ثانیه می‌باشد. علاوه بر چاه‌ها، برداشت از آب‌های زیرزمینی توسط ۵ رشته قنات نیز صورت می‌گیرد. به منظور بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی تعداد ۱۲ حلقه پیزومتر در دشت حفر شده که موقعیت آنها در (شکل ۱) نشان داده شده است. بر اساس نقشه هم‌پتانسیل دشت مجن در تیر ماه ۱۳۹۱ (شکل ۱)، مناطق تغذیه آبخوان در بخش غربی و شمال‌غربی و مناطق تخلیه در بخش جنوب شرقی قرار گرفته‌اند. بر اساس این نقشه و با ترسیم خطوط جریان آب زیرزمینی، جهت عمومی جریان آب زیرزمینی در راستای تقریبی غربی - شرقی می‌باشد (قناعتیان، ۱۳۹۱).

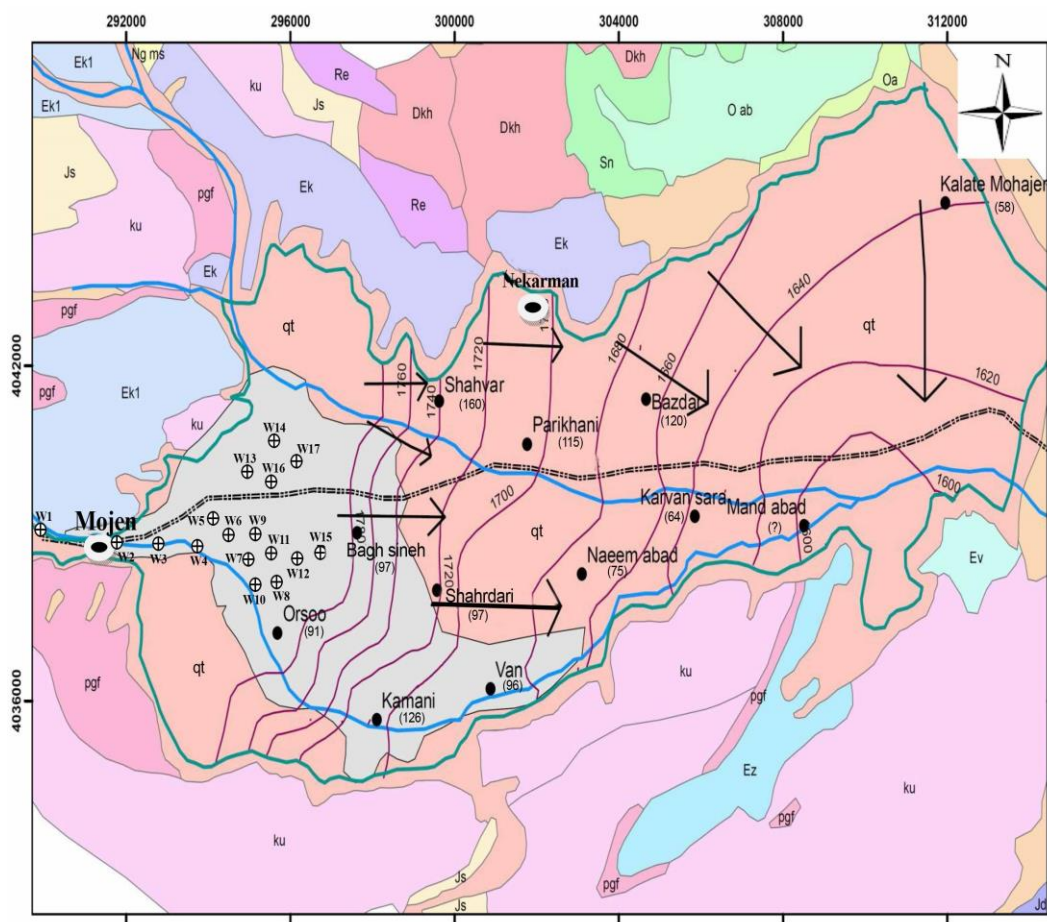
روش کار

به منظور بررسی تاثیر آب برگشتی کشاورزی بر کمیت آبخوان مجن، از داده‌های ارتفاع سطح آب زیرزمینی در پیزومترهای حفر شده در محدوده زمین‌های کشاورزی که به صورت ماهانه توسط شرکت آب منطقه‌ای سمنان اندازه‌گیری می‌گردد، استفاده شده است. بدین منظور هیدروگراف پیزومترهای مذکور ترسیم و نوسانات آنها مورد بررسی قرار گرفته است.

جهت بررسی و مطالعه اثرات آلودگی‌های ناشی از کشاورزی بر کیفیت آبخوان مجن از تعداد ۱۷ حلقه چاه که در محدوده زمین‌های کشاورزی قرار گرفته‌اند، در تیرماه ۱۳۹۱ نمونه‌برداری صورت گرفته است. پارامترهای هدایت الکتریکی، دما و pH در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شده است. نمونه برداری با استفاده از ظروف ۳۰۰ میلی لیتری پلاستیکی انجام شده و هر ظرف قبل از نمونه‌برداری حداقل سه بار با آب چاه در محل نمونه برداری شستشو

در اثر فعالیت‌های کشاورزی در محدوده مناطق کشاورزی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

با توجه به تاثیر کمی احتمالی فعالیت‌های کشاورزی بر آبخوان مجن که در بالا بحث گردید، در ادامه وضعیت کیفی آبخوان با هدف ارزیابی آلودگی آبخوان



LEGEND



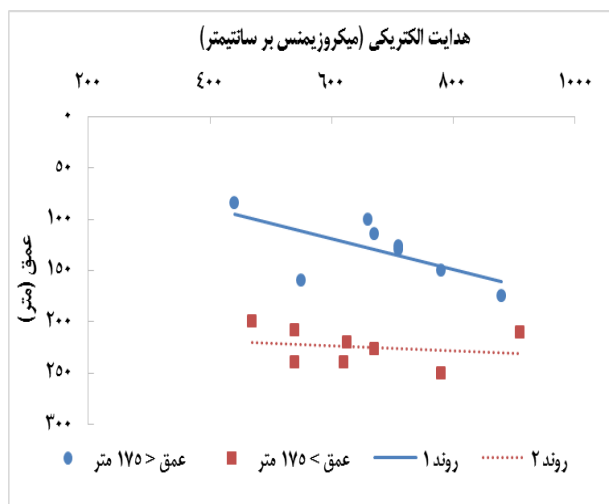
شکل ۱. نقشه هم پتانسیل و جهت جریان آب زیرزمینی در آبخوان مجن (تیرماه ۱۳۹۱). موقعیت پیزومترها به همراه عمق سطح ایستابی آنها (اعداد داخل پرانتز)، محدوده زمین‌های کشاورزی و چاه‌های نمونه برداری در این شکل مشخص می‌باشد.

جدول ۱. نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های برداشت شده از چاه های کشاورزی دشت مجن

نام چاه	علامت اختصاری	عمق (متر)	pH	هدایت الکتریکی (µs/cm)	دما (°C)	سدیم (epm)	پتاسیم (epm)	کلسیم (epm)	منیزیم (epm)	کلر (epm)	سولفات (epm)	بیکربنات (epm)	نیترات (ppm)	فسفات (ppm)
چله برج	W1	۸۴	۷/۲	۴۲۲	۱۱/۳	۰/۷۲	۰/۰۰۳	۲/۹۱	۱/۴۵	۰/۸۵	۰/۲۵	۳/۹	۳۳/۷	۰/۲۴
کوره	W2	۱۲۶	۷/۲	۶۷۵	۱۱/۴	۱/۲۶	۰/۰۴۸	۴/۵۵	۲/۰۸	۱/۱	۰/۴۲	۵/۳	۶۷/۷	۰/۲۱
خرابیان	W3	۱۰۰	۷/۱	۶۵۱	۱۱	۱/۱۶	۰/۰۳۸	۴/۴	۲/۰۴	۱/۱	۰/۴۱	۵/۱۵	۶۹/۱	۰/۲۸
حاج آقا موسی	W4	۱۳۰	۷/۲	۶۷۵	۱۱/۷	۱/۲	۰/۰۵۸	۴/۶	۲/۱۵	۱/۱	۰/۴۷	۵/۳	۸۹	۰/۲۸
باغزندان	W5	۱۷۵	۷/۱	۸۴۵	۱۳/۶	۲/۲	۰/۰۶۸	۴/۴۶	۲/۴۲	۲/۹	۰/۵۶	۴/۷	۷۱/۳	۰/۲۷
فیضی	W6	-	۷/۳	۶۴۱	۱۱/۷	۱/۰۵	۰/۰۲۱	۴/۱۴	۲/۱	۱/۴	۰/۳۶	۴/۶۵	۶۸/۸	۰/۲۹
صداقت	W7	۱۱۵	۷	۶۳۱	۱۱/۷	۱/۱۶	۰/۰۳۵	۳/۹۸	۱/۹۲	۱/۳۵	۰/۴۵	۴/۳۵	۳۳/۷	۰/۲۵
عبداله خان	W8	۱۶۰	۷/۲	۵۳۴	۱۲/۵	۱/۱۲	۰/۰۴	۳/۱	۱/۵۸	۱/۶	۰/۳۵	۳/۴	۳۷/۹	۰/۱۸
بابایی	W9	۱۵۰	۷	۷۱۵	۱۱/۴	۱/۱	۰/۰۴۶	۴/۸	۲/۳۵	۱/۹۵	۰/۴۳	۴/۸۵	۱۰۲/۲	۰/۳
علی محمدی	W10	۲۰۸	۷/۶	۵۱۸	۱۲/۸	۱/۳۵	۰/۰۲۵	۲/۸	۱/۵۶	۱/۶۵	۰/۴۴	۳/۳	۲۶/۶	۰/۲۲
وحدت	W11	۲۲۷	۷	۶۲۱	۱۲/۶	۱/۱۶	۰/۰۳۵	۳/۸۵	۱/۹۱	۱/۶	۰/۴	۴/۳	۶۷/۴	۰/۲۲
حبیب مالک	W12	۲۴۰	۷/۴	۵۶۴	۱۲/۲	۰/۹۲	۰/۰۵۳	۳/۵۷	۱/۸۳	۰/۹۵	۰/۴	۴/۰۵	۵۵	۰/۱۹
حافظ	W13	۲۲۰	۷	۶۲۶	۱۴/۸	۱/۷	۰/۰۳۶	۳/۱	۲/۲۸	۱/۵۵	۰/۴۸	۴/۹	۲۹/۲	۰/۱۹
قرایی	W14	۲۱۰	۷/۴	۹۱۰	۱۶/۲	۳/۴۲	۰/۱۲۷	۳/۴۶	۲/۰۴	۳/۲۵	۰/۸۶	۴/۶۵	۱۷/۶	۰/۲۱
شهرداری	W15	۲۰۰	۷/۵	۴۵۵	۱۵/۸	۱/۱	۰/۰۲۸	۲/۴	۱/۳۲	۱/۷۵	۰/۳۴	۳	۱۲/۹	۰/۲۳
شهید گل علی	W16	۲۴۰	۷/۳	۵۵۴	۱۳/۳	۱/۱۳	۰/۰۰۹	۲/۸	۱/۹	۱/۷	۰/۳۷	۴/۶	۲۰/۷	۰/۱۵
رعیت	W17	۲۵۰	۷/۳	۸۲۷	۱۶/۲	۲/۸۳	۰/۰۳۷	۳/۲	۱/۹	۳/۷	۰/۵۸	۴/۴	۱۵	۰/۱۳

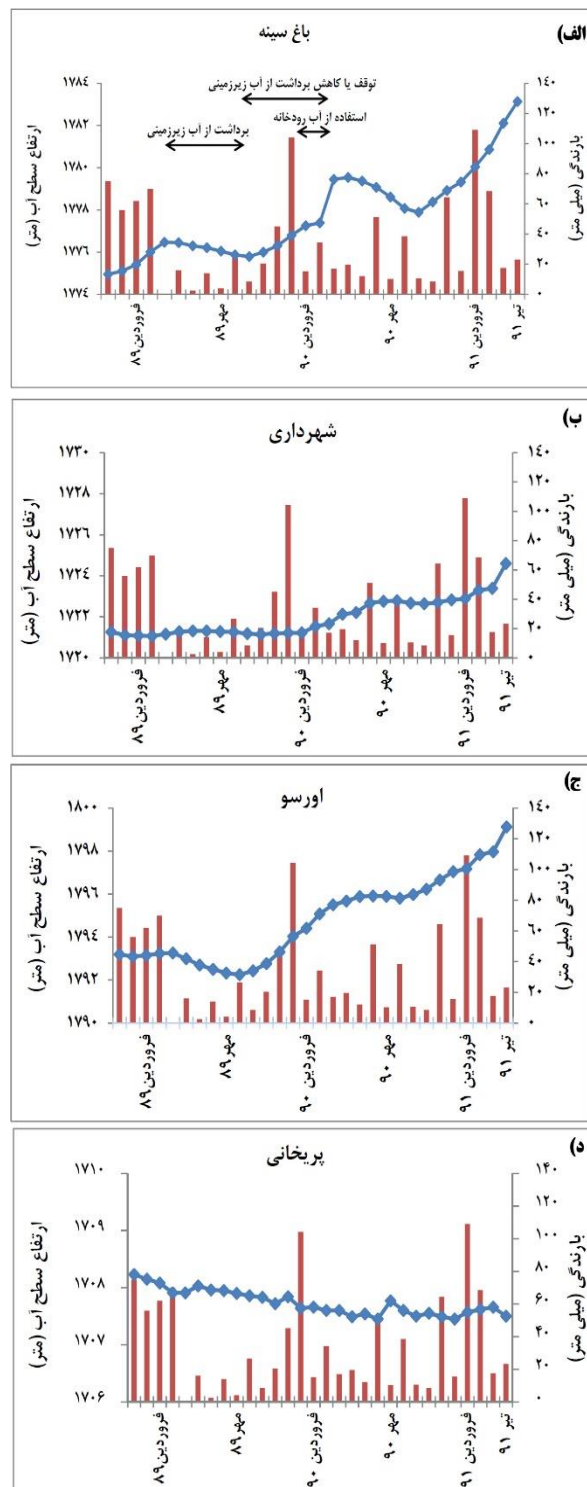
الف- بررسی هدایت الکتریکی و pH آبخوان در محدوده زمینهای کشاورزی

حداقل و حداکثر هدایت الکتریکی آبخوان در محدوده زمینهای کشاورزی دشت مجن به ترتیب برابر ۴۵۵ و ۹۱۰ میکرو زیمنس بر سانتی متر می باشد. (شکل ۳) نشان داده شده است. رابطه هدایت الکتریکی در برابر عمق چاههای کشاورزی را نشان می دهد. طبق این شکل با افزایش عمق چاهها تا حدود ۱۷۵ متر، میزان هدایت الکتریکی از ۴۳۲ به ۸۴۵ میکروزیمنس بر سانتیمتر افزایش می یابد. پس از عمق ۱۷۵ متر هدایت الکتریکی به صورت مشخصی به ۴۵۵ میکروزیمنس بر سانتیمتر کاهش یافته و دوباره روند افزایش هدایت الکتریکی تا ۸۲۷ میکروزیمنس بر سانتی متر ادامه می یابد. طبق این شکل می توان دو روند افزایشی کاملاً مشخص را تفکیک نمود. روند افزایشی شماره (۱) مربوط به چاههای با عمق کمتر از ۱۷۵ متر و روند افزایشی شماره (۲) مربوط به چاههای با عمق بیشتر از ۱۷۵ متر می باشد. چاههای با عمق بیش از ۱۷۵ متر، بخشی از آب خود را از قسمت پایینی لایه آبدار که به نظر می رسد از کیفیت بهتری برخوردار می باشد، برداشت می کنند. به همین دلیل مقادیر هدایت الکتریکی آنها پایین تر (کمتر از ۶۵۰ میکرو زیمنس بر سانتی متر) می باشد. چاههایی با عمق کمتر از ۱۷۵ متر عمدتاً از بخش فوقانی آبخوان آبرفتی برداشت نموده و هدایت الکتریکی آنها بیشتر از ۶۵۰ میکرو زیمنس بر سانتیمتر می باشد.



شکل ۳. تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به عمق چاههای کشاورزی در دشت مجن

با توجه به تاثیر عمق بر خصوصیات کیفی آبخوان، ترسیم نقشه هم ارزش هدایت الکتریکی به کمک اطلاعات کلیه چاهها منطقی نمی باشد. به همین جهت تغییرات هدایت الکتریکی در محدوده زمینهای کشاورزی دشت مجن به صورت (شکل ۴) نشان داده شده است. چاههای با عمق زیاد که عمدتاً در مرکز و شرق محدوده زمینهای کشاورزی قرار گرفته اند، دارای هدایت الکتریکی کمتری می باشند. هدایت الکتریکی در چاههای حفر شده در بخش بالایی لایه

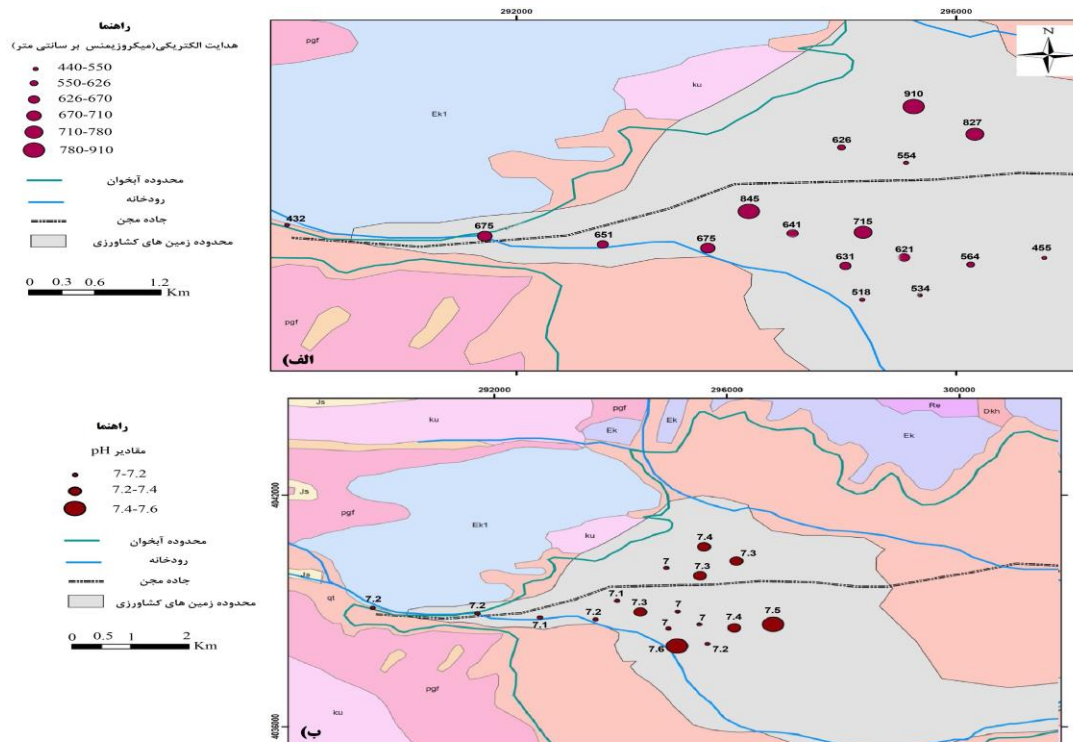


شکل ۲. هیدروگراف پیزومترهای حفر شده در محدوده زمینهای کشاورزی دشت مجن (الف، ب و ج) و یکی از پیزومترهای خارج از محدوده زمینهای کشاورزی (د)

عمق بیشتر از ۱۷۵ متر دارای متوسط pH حدود ۷/۴ می‌باشند. چاه‌های با عمق زیاد دارای میانگین pH بالاتری بوده و بنابراین فرضیه قبلی مبنی بر تفاوت کیفی بخش‌های فوقانی و زیرین آبخوان آبرفتی قطعیت بیشتری می‌یابد.

آبدار (عمق کمتر از ۱۷۵ متر) روند افزایشی با طول مسیر جریان نشان می‌دهد. این افزایش به دلیل افزایش طول مسیر جریان و مدت زمان ماندگاری آب در تماس با واحدهای زمین‌شناسی می‌باشد.

تغییرات میزان pH در محدوده زمین‌های کشاورزی نیز در (شکل ۴) نشان داده شده است. حداکثر میزان pH برابر با ۷/۶ و حداقل آن برابر ۷ می‌باشد. چاه‌های با عمق کمتر از ۱۷۵ متر دارای میانگین pH حدود ۷/۱ و چاه‌های با

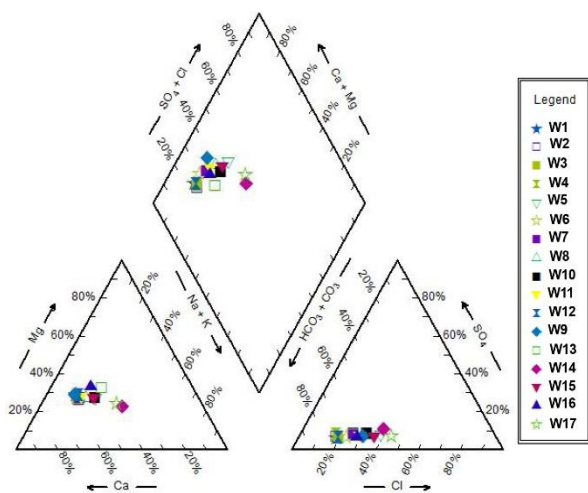


شکل ۴. تغییرات مکانی هدایت الکتریکی (الف) و pH (ب) در محدوده زمین‌های کشاورزی دشت مجن

ب- بررسی کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی در محدوده زمین‌های کشاورزی

به منظور بررسی غلظت یون‌های اصلی در محدوده زمین‌های کشاورزی دشت مجن از دیاگرام پایپر (شکل ۵) استفاده شده است. بر این اساس تیپ آب زیرزمینی در اغلب نمونه‌های واقع در محدوده زمین‌های کشاورزی بیکربناته-کلسیک می‌باشد. تیپ کاتیونی آب در چاه‌های W14، W13، W17 و W16 که در شمال محدوده زمین‌های کشاورزی قرار دارند، در محدوده حد واسط قرار می‌گیرد.

لازم به ذکر است تغییرات عمقی یون‌های غالب (کلسیم و بیکربنات) در محدوده زمین‌های کشاورزی مشابه هدایت الکتریکی بوده (قناعتیان، ۱۳۹۱) که تایید کننده تفاوت کیفی بخش‌های فوقانی و زیرین آبخوان می‌باشد.



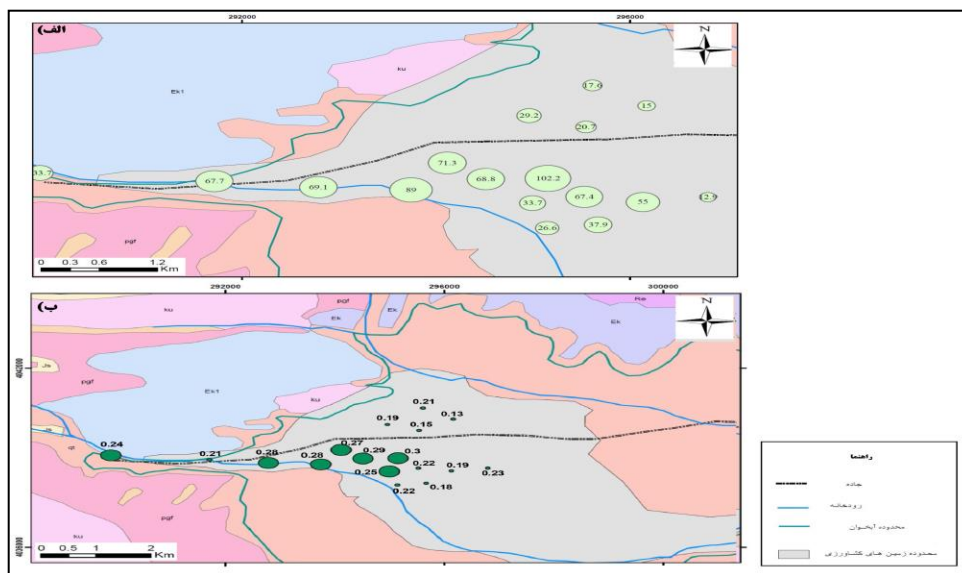
شکل ۵. نتایج آنالیز نمونه‌های مربوط به چاه‌های کشاورزی دشت مجن در دیاگرام پایپر

ج- بررسی مقادیر نیترات و فسفات آبخوان در محدوده زمین های کشاورزی

نیترات از جمله آنیون های بسیار مهم آب به شمار می رود که غلظت آن در آب زیرزمینی به عنوان پارامتر مهمی برای ارزیابی کیفیت آب محسوب می شود. نیترات در منابع آب می تواند نتیجه آبیویی توسط آب های سطحی، تجزیه مواد آلی و فعالیت های انسانی از جمله فاضلاب های خانگی و استفاده از کودهای شیمیایی و حیوانی در کشاورزی باشد. پراکندگی غلظت نیترات در محدوده زمین های کشاورزی دشت مجن در (شکل ۶) نشان داده شده است. حداقل و حداکثر غلظت نیترات در این محدوده به ترتیب برابر ۱۲/۹ و ۱۰۲/۲ میلی گرم بر لیتر می باشد. رابطه غلظت نیترات با عمق چاه ها در (شکل ۷ الف) ترسیم شده است. طبق این شکل چاه های بهره برداری قابل تفکیک به دو گروه با غلظت نیترات بیشتر و کمتر از ۳۰ میلی گرم بر لیتر می باشند. چاه های گروه اول عمقی کمتر از ۱۷۵ متر داشته و علت افزایش غلظت نیترات در آنها می تواند به دلیل آبیویی نیترات از زمین های کشاورزی باشد. به عبارت دیگر به دلیل اینکه آبخوان به وسیله آب های برگشتی کشاورزی تغذیه می گردد و این آبها دارای غلظت بالایی از نیترات می باشند، افزایش غلظت نیترات در بخش فوقانی آبخوان آبرفتی دیده می شود. چاه های گروه دوم که عمق آنها بیشتر از ۱۷۵ متر می باشد، به صورت واضح غلظت نیترات کمتری در مقایسه با چاه های گروه اول دارند. متوسط نیترات در این چاه ها برابر با ۳۰/۵۵ میلی گرم بر لیتر بوده که کمتر از حدود ۵۰ درصد میانگین غلظت نیترات در چاه های گروه اول (۶۳/۷۱ میلی گرم بر لیتر) می باشد.

همانگونه که در (شکل ۶) مشاهده می شود روند تغییرات مکانی مشخصی در غلظت نیترات چاه های قرار گرفته در گروه اول (با غلظت نیترات بالاتر) دیده نمی شود. این موضوع می تواند مربوط به متفاوت بودن فعالیت های کشاورزی و مدیریت آبیاری در اراضی مختلف کشاورزی باشد. برای مثال بر اساس مذاکره

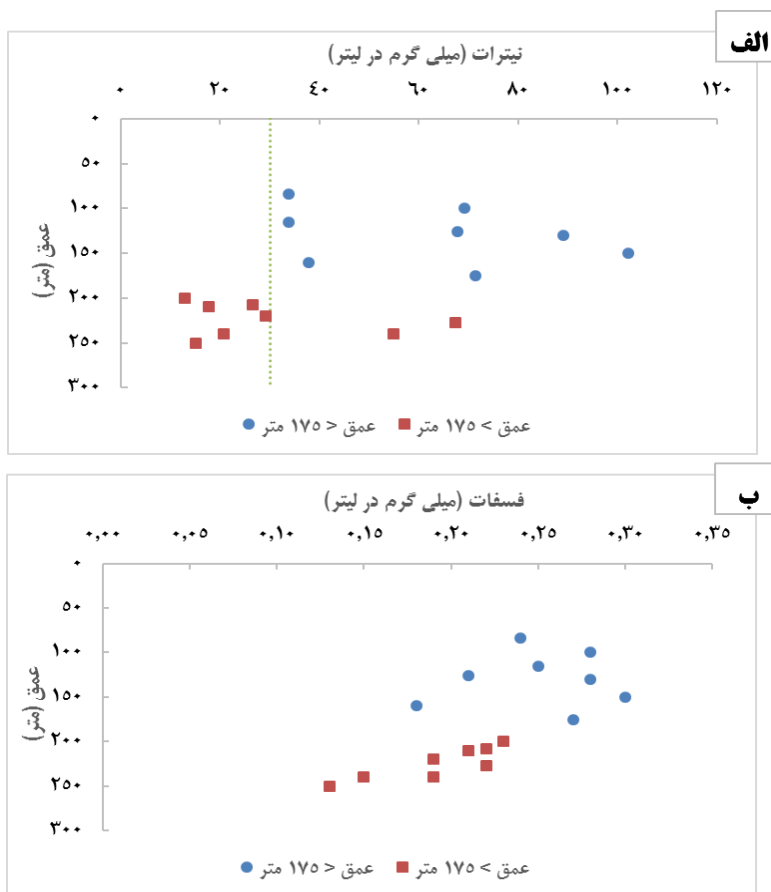
با کشاورزان محلی، در بخش مرکزی محدوده زمین های کشاورزی که دارای بافت خاک لوم ماسه ای می باشند، به صورت تجربی محصول سیب زمینی از کیفیت بسیار مرغوب تری نسبت به سایر مناطق برخوردار بوده و بنابراین تمرکز کشت سیب زمینی در این بخش از محدوده زمین های کشاورزی وجود دارد. کشت سیب زمینی به صورت سنتی و رایج در منطقه نیازمند آبیاری و استفاده از کود اوره فراوان (حدود ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) می باشد. بنابراین به نظر می رسد آبیویی نیترات عامل عمده افزایش غلظت نیترات در آب زیرزمینی بخش مرکزی محدوده زمین های کشاورزی باشد. از آنجایی که یون نیترات تحرک بالایی دارد و میزان آن در آب زیرزمینی رابطه مستقیم با بافت خاک دارد (Jafari et al., 2012)، علاوه بر مصرف بیش از حد کودها، بافت خاک به عنوان عاملی مهم سبب افزایش غلظت نیترات در آب زیرزمینی منطقه شده و به همین دلیل این بخش از آبخوان دارای غلظت بالایی از نیترات می باشد. نیترات بیشتر و کمتر از ۳۰ میلی گرم بر لیتر می باشند. چاه های گروه اول عمقی کمتر از ۱۷۵ متر داشته و علت افزایش غلظت نیترات در آنها می تواند به دلیل آبیویی نیترات از زمین های کشاورزی باشد. به عبارت دیگر به دلیل اینکه آبخوان به وسیله آب های برگشتی کشاورزی تغذیه می گردد و این آبها دارای غلظت بالایی از نیترات می باشند، افزایش غلظت نیترات در بخش فوقانی آبخوان آبرفتی دیده می شود. چاه های گروه دوم که عمق آنها بیشتر از ۱۷۵ متر می باشد، به صورت واضح غلظت نیترات کمتری در مقایسه با چاه های گروه اول دارند. متوسط نیترات در این چاه ها برابر با ۳۰/۵۵ میلی گرم بر لیتر بوده که کمتر از حدود ۵۰ درصد میانگین غلظت نیترات در چاه های گروه اول (۶۳/۷۱ میلی گرم بر لیتر) می باشد (شکل ۷ الف).



شکل ۶. تغییرات مکانی نیترات (الف) و فسفات (ب) آب زیرزمینی در محدوده زمین های کشاورزی دشت مجن

پراکندگی غلظت فسفات نیز در (شکل ۶) نشان داده شده است. حداکثر غلظت فسفات در نمونه‌های برداشت شده ۰/۳ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. همانند نیترات حداکثر غلظت فسفات در منطقه مورد مطالعه مربوط به محدوده‌ای از آبخوان می‌باشد که کشت غالب سیب‌زمینی وجود دارد. آنیون فسفات نیز از جمله یون‌های مرتبط با فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد، لیکن به دلیل افزایش شعاع یونی و پایین بودن تحرک آن، غلظت بسیار کمتری در مقایسه با نیترات در آب زیرزمینی دارد. تغییرات غلظت فسفات نسبت به عمق چاه‌های کشاورزی نیز در (شکل ۷ ب) نشان داده شده است.

کمیسیون اروپا حد مطلوب یون نیترات را ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر و حداکثر مقدار مجاز آن را ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، سازمان بهداشت جهانی (WHO) حد استاندارد غلظت نیترات را ۴۵ میلی‌گرم بر لیتر و موسسه تحقیقات و استاندارد صنعتی ایران حداکثر مجاز نیترات موجود در آب آشامیدنی را ۴۵ میلی‌گرم بر لیتر اعلام کرده‌اند. از بین ۱۷ نمونه آب زیرزمینی برداشت شده از چاه‌ها، غلظت نیترات در ۸ مورد بیشتر از استاندارد آب آشامیدنی می‌باشد. مطابق بررسی انجام شده غلظت‌های بالاتر از ۴۵ میلی‌گرم بر لیتر نیترات در آبخوان مجن مربوط به چاه‌هایی بوده که در بخش‌های بالایی آبخوان قرار گرفته و عمقی کمتر از ۱۷۵ متر دارند. (شکل ۷ الف) این موضوع نشان‌دهنده منشاء سطحی نیترات (آب برگشتی کشاورزی) در آب زیرزمینی می‌باشد. به منظور بررسی تغییرات میزان فسفات در محدوده زمین‌های کشاورزی مجن نقشه



شکل ۷. تغییرات عمقی غلظت نیترات (الف) و فسفات (ب) در محدوده زمین‌های کشاورزی مجن

(شکل ۷ ب)، در چاه‌های با عمق بیشتر از ۱۷۵ متر با افزایش عمق غلظت فسفات به شدت کاهش می‌یابد که این موضوع در چاه‌های با عمق کمتر از ۱۷۵ متر دیده نمی‌شود. موارد ذکر شده سطحی بودن منشاء فسفات آبخوان به دلیل فعالیت‌های کشاورزی را تایید می‌نماید.

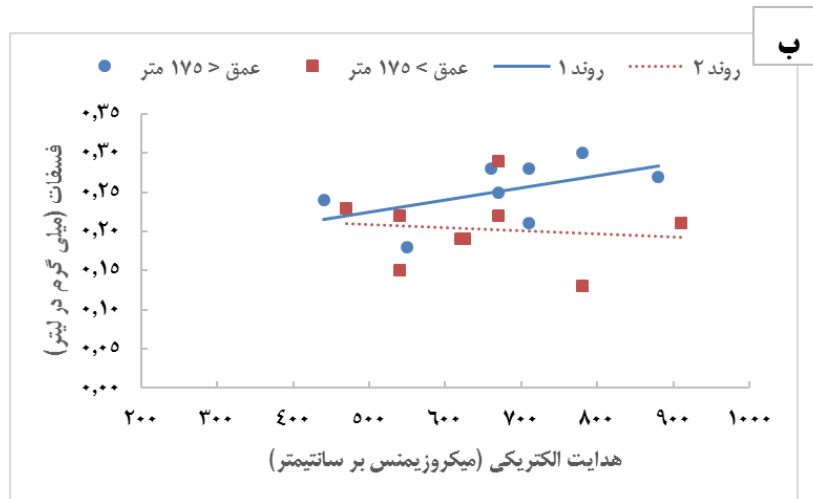
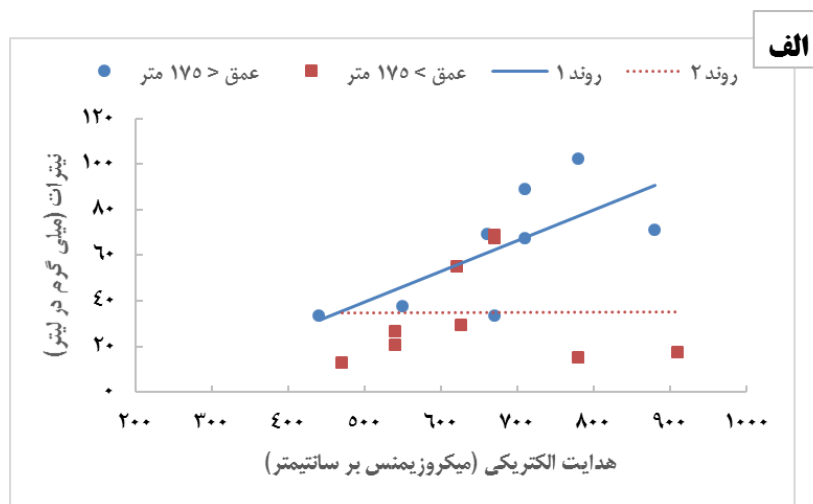
میانگین غلظت فسفات در چاه‌های با عمق کمتر از ۱۷۵ متر حدود ۰/۲۶ میلی‌گرم بر لیتر و در چاه‌های با عمق بیشتر از ۱۷۵ حدود ۰/۱۹ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. در مجموع غلظت فسفات در چاه‌های عمیق (عمق بیش از ۱۷۵ متر) کمتر از چاه‌های کم عمق (عمق کمتر از ۱۷۵ متر) می‌باشد. با توجه به

د- بررسی منشاء نیترات و فسفات در آب‌های زیرزمینی دشت مجن

رابطه هدایت الکتریکی و غلظت نیترات چاههای کشاورزی دشت مجن در (شکل ۸ الف) ترسیم شده است. مطابق این شکل دو روند متفاوت قابل شناسایی می‌باشد. روند شماره یک که مربوط به چاه‌های با عمق کمتر از ۱۷۵ متر می‌باشد، بیانگر رابطه افزایشی نیترات و هدایت الکتریکی می‌باشد. در این چاه‌ها با افزایش میزان نیترات، میزان هدایت الکتریکی به صورت مستقیم افزایش می‌یابد. این پدیده احتمالاً ناشی از تاثیر آب برگشتی کشاورزی در این بخش از آبخوان باشد. به عبارت دیگر منشاء نیترات در این چاه‌ها سطحی و مربوط به آبشویی نیترات اضافی (بیش از نیاز گیاه) مورد استفاده در زمین‌های کشاورزی می‌باشد. اضافه شدن این آب‌ها به آبخوان باعث افزایش هدایت الکتریکی و همچنین افزایش نیترات آنها شده است.

روند شماره ۲ که مربوط به چاه‌های با عمق بیشتر از ۱۷۵ متر می‌باشد، بیانگر عدم افزایش نیترات با هدایت الکتریکی می‌باشد. به عبارت دیگر رابطه معناداری بین هدایت الکتریکی و نیترات نمونه‌ها در این گروه وجود ندارد. ضمن این که متوسط نیترات در این چاه‌ها (۳۰/۵۵ میلی‌گرم بر لیتر) کمتر از متوسط نیترات در چاه‌های مربوط به روند یک (۵۹/۵ میلی‌گرم بر لیتر) می‌باشد. با توجه به اینکه چاه‌های با عمق زیادتر از بخش‌های زیرین آبخوان برداشت می‌نمایند، اثر پذیری کمتری نسبت به آلودگی‌های کشاورزی نشان می‌دهند.

تغییرات هدایت الکتریکی و فسفات آبخوان در محدوده زمین‌های کشاورزی (شکل ۸ ب) مشابه نیترات بوده که این موضوع نیز منشا سطحی فسفا حاصل از آبشویی زمین‌های کشاورزی را تایید می‌نماید.



شکل ۸. رابطه هدایت الکتریکی (الف) نیترات (ب) فسفات در نمونه‌های برداشت شده از چاه‌های کشاورزی مجن

نتیجه گیری

رابطه هدایت الکتریکی و عمق چاه در دشت مجن نشان می‌دهد در عمق حدود ۱۷۵ متری میزان هدایت الکتریکی به صورت مشخصی کاهش می‌یابد. بر این اساس دو روند افزایشی مجزا یکی مربوط به چاه‌های با عمق کمتر از ۱۷۵ متر و دیگری مربوط به چاه‌های با عمق بیشتر از ۱۷۵ متر قابل تفکیک می‌باشد. این وضعیت به صورت مشخص تفاوت در خصوصیات کیفی بخش‌های بالایی و زیرین لایه آبدار آبرفتی را نشان می‌دهد. این تفاوت در مقادیر میانگین pH در این دو بخش از آبخوان نیز مشهود می‌باشد. متوسط غلظت نیترات در چاه‌های با عمق کمتر از ۱۷۵ متر حدود ۶۳/۷ میلی‌گرم بر لیتر بوده در حالیکه چاه‌های عمیق‌تر از میانگین غلظت حدود ۳۰/۶ میلی‌گرم بر لیتر برخوردار می‌باشند. متوسط غلظت فسفات در این دو گروه از چاه‌ها نیز به ترتیب برابر با ۰/۱۹ و ۰/۲۶ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

رابطه هدایت الکتریکی و غلظت نیترات و فسفات نشان می‌دهد در چاه‌های با عمق کمتر از ۱۷۵ متر با افزایش میزان نیترات و فسفات، میزان هدایت الکتریکی به صورت مستقیم افزایش می‌یابد. این پدیده نشان‌دهنده تاثیر آب برگشتی کشاورزی در این بخش از آبخوان باشد. به عبارت دیگر منشاء نیترات و فسفات در این چاه‌ها سطحی و مربوط به آبشویی نیترات و فسفات اضافی (بیش از نیاز گیاه) مورد استفاده در زمین‌های کشاورزی

منابع

- رستمی زرین‌آبادی، ا.، فرقانی تهرانی، گ.، کرمی، غ.، ۱۳۹۳، ارزیابی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت رومشگان، لرستان، ایران، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، دوره ۴، شماره ۱۳، ص ۳۳-۴۱.
- روحی، ح.، کلانتری، ن.، محمدی بهزاد، ح.، دانشیان، ح.، ۱۳۹۲، بررسی عوامل مؤثر بر خصوصیات شیمیایی آب زیرزمینی (مطالعه موردی دشت الباجی)، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، دوره ۳، شماره ۹، ص ۹-۱.
- قناعتیان، ح.، ۱۳۹۱، ارزیابی کیفی آبخوان مجن با تکیه بر آلودگی‌های ناشی از کشاورزی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده علوم زمین.
- لاله زاری، ر.، طباطبایی، س.ح.، یارعلی، ن.، ۱۳۸۸، بررسی تغییرات ماهانه نیترات در آب زیرزمینی دشت شهرکرد و پهنه‌بندی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله پژوهش آب ایران، سال سوم، شماره ۴، ص ۹-۱۷.
- نظامی، م.ط.، قدرتی، ع.، وفايي، غ.، ۱۳۹۰، تاثیر يون نیترات استفاده شده تحت تاثیر کود های کشاورزی در آلودگی آب‌های زیرزمینی در منطقه شهریار، همایش ملی دستاوردهای نوین در زراعت، شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس.
- Bohlke, J.K., 2002, Groundwater recharge and agricultural contamination. *Hydrogeology Journal*, vol. 10, pp. 153-179.
- Chae. G.T., Kim. K., Yun. S.T., Kim. K.H., Kim. S.O., Choi. B.Y., ... and Rhee. C.W., 2004, Hydrogeochemistry of alluvial groundwaters in an agricultural area: an implication for groundwater contamination susceptibility. *Chemosphere*, vol. 55(3), pp. 369-378.
- Jafari. H., Raeisi. E., Zare. M., Kamgar Haghghi. A.A., 2010, Time Series Analysis of Irrigation Return Flow in a Semi-arid Agricultural Region, Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science*. Vol. 58(6), pp. 673-689.
- Jafari. H., Raeisi. E., Hoehn. E., Zare. M., 2012, Hydrochemical Characteristics of Irrigation Return Flow in Semi-arid Regions of Iran. *Hydrological Sciences Journal*. Vol. 57(1), pp. 173-185.
- Jalali. M., 2011, Nitrate pollution of groundwater in Toyserkan, western Iran. *Journal of Environ Earth Science*, vol. 62, pp. 907-913.
- Jalali. M., 2009, Geochemistry characterization of groundwater in an agricultural area of Razan, Hamadan, Iran. *Environ Geology*, vol. 56, pp. 1479-1488.
- Oren. O., Yechieli. Y., Böhlke. J.K., Dody. A., 2004, Contamination of groundwater under cultivated fields in an arid environment, central Arava Valley, Israel. *Journal of Hydrology*, vol. 290, pp. 312-328.
- Sun. B., Zhang. L., Yang. L., Zhang. F., Norse. D., Zhu. Z., 2012, Agricultural non – point source pollution in China: Causes and Mitigation Measures, *AMBIO*, Vol. 41, pp. 370 – 379.
- Todd. D.K., Mays. L.W., 2005, *Groundwater Hydrology*, 3rd edn. John Wiley and Sons, Inc. USA.