نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و دوم، شماره چهارم، ۱۳۹٤
http://jwsc.gau.ac.ir

بررسی روند تغییرات زمانی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت نیشابور و دلایل احتمالی آن

مصطفی ابطحی[۱]، *شهناز دانش[۲]، کامران داوری[۳] و سیدعلی قاسمی[۴]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی عمران- محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، [۲]دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد، [۳]دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، [٤]دانشجوی دکتری گروه مهندسی عمران- آب، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۹۲/٦/۲٦ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۸/۲۸

چکیده

سابقه و هدف: به‌منظور جلوگیری از مشکلات شدید بحران آب در دشت نیشابور، به‌دلیل محدودیت منابع آب و نیز افزایش نرخ مصرف در بخش‌های شهری، صنعتی و کشاورزی، لزوم استقرار برنامه‌های جامع جهت مدیریت کمی و کیفی منابع آبی این دشت، امری انکارناپذیر می‌باشد. در این پژوهش که در راستای امر مذکور انجام پذیرفته است، روند تغییرات زمانی کیفی آبخوان در بازه زمانی ۸۸-۱۳۸۰ و نیز دلایل احتمالی این نوسانات مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها: پارامترهای کیفی مورد اندازه‌گیری در این پژوهش شامل کل جامدات محلول، سختی کل، نسبت جذب سدیم، غلظت یون‌های سدیم، کلسیم، منیزیم، سولفات و کلراید بودند.

یافته‌ها: نتایج به‌دست آمده دلالت بر آن دارد که از میزان مطلوبیت منابع آب زیرزمینی دشت نیشابور در طی بازه زمانی ۸۸-۱۳۸۰، کاسته شده است. به‌گونه‌ای که در بازه زمانی مذکور، غلظت کل جامدات محلول در ٪۷۷ از چاه‌های مورد مطالعه، روندی افزایشی را داشته و میانگین غلظت آن برای کل آبخوان از نرخ رشد سالانه‌ای معادل ۱۹/٦۳ میلی‌گرم در لیتر برخوردار بوده است. در بررسی دلایل احتمالی تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی دشت نیشابور، کاهش سطح آب‌های زیرزمینی، سازندهای زمین‌شناسی و فعالیت‌های کشاورزی به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصله نشان داد که تقریباً به‌ازای هر ۰/۸۱ متر کاهش در سطح آب‌های زیرزمینی در هر سال، به‌میزان ۱۹/٦۳ میلی‌گرم در لیتر به غلظت جامدات محلول در آبخوان افزوده شده است. همچنین وجود سازندهای زمین‌شناسی دوران سوم (میوسن) و سنگ‌های ولکانیکی در تغییر کیفیت بخش‌هایی از آبخوان دشت نیشابور مؤثر بوده است.

نتیجه‌گیری: نتیجه بررسی‌ها نشان داد که بین کاهش سطح آب‌های زیرزمینی در دشت نیشابور و افزایش املاح موجود در آن‌ها همبستگی زیادی وجود دارد. با این وجود اظهارنظر قطعی در مورد سهم نسبی سازندهای زمین‌شناسی و فعالیت‌های کشاورزی در افزایش املاح آب‌های زیرزمینی، به‌دلیل کمبود آمار و اطلاعات کافی در این زمینه، در حال حاضر امکان‌پذیر نمی‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، کیفیت آب، دشت نیشابور، کل جامدات محلول

* مسئول مکاتبه: sdanesh@ferdowsi.um.ac.ir

مقدمه

ارزیابی روند تغییرات کیفی منابع آب زیرزمینی در اغلب کشورهای جهان از قدمت چندانی برخوردار نیست، زیرا (11):

۱. کاربردهای ارزیابی روند تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی در سایر بخش‌های هیدرولوژیکی، به تازگی مورد توجه متخصصان قرار گرفته است. از این‌رو در گذشته کم‌تر به آن پرداخته شده است.

۲. به‌منظور بررسی روند تغییرات در مقیاس‌های وسیع، اغلب داده‌های کیفی مناسب (از نظر تعداد نقاط آمار، طول آمار و نیز توزیع مکانی نقاط آمار) وجود ندارد. این مشکل در کشورهای در حال توسعه نظیر ایران که از سیستم یکپارچه پایش کیفی آب‌های زیرزمینی بی‌بهره‌اند، شدت بیش‌تری پیدا می‌کند.

۳. بررسی دقیق روند تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی، مستلزم در نظر گرفتن پارامترهای مختلفی از جمله ویژگی‌های آبخوان، عمق و سن منابع آب، میزان بهره‌برداری از سفره‌های زیرزمینی و شیوه‌های مختلف کاربری اراضی می‌باشد که این خود علاوه بر لزوم در دسترس بودن بانک‌های اطلاعاتی جامع، افزایش هزینه‌های کلی پژوهش را نیز به همراه دارد.

با این وجود، در نقاط مختلف دنیا از جمله کشور ایران، مطالعات متعددی بر روی روند تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی انجام شده است. در مطالعه‌ای به‌منظور بررسی روند و علل شوری آب‌های زیرزمینی و اثرات ژئومورفیکی منطقه بر آن در دشت سراب که توسط کرمی (2010) انجام شد، مشخص گردید که در طی سال‌های اخیر از میزان آب‌های با کیفیت عالی در منطقه کاسته شده و بر مقدار آب‌های با کیفیت متوسط افزوده شده است (8). فتاحی و فردوئی (2007) با بررسی روند تغییرات کمی و کیفی منابع آب حوضه آبخیز استان قم نشان دادند که تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی در حوضه آبخیز استان قم، روندی کاهشی داشته است، به‌نحوی‌که مرز آب شور حدود ۵۰۰۰ متر و فصل مشترک آب شور و شیرین حدود ۳۰۰۰ متر در دشت قم، پیشروی داشته است. در مجموع روند تغییرات منابع آب استان قم، از لحاظ کمی و کیفی، دارای افت شدیدی است (6). حجازی‌جهرمی و شمس‌نیا (2010) در مطالعه‌ای با هدف بررسی تغییرات شیمیایی کیفیت آب‌های زیرزمینی در دشت مرودشت (رستم و خرامه) و تعیین روند تغییرات آن از سال ۱۳۸٤ تا ۱۳۸۸، اذعان داشتند با توجه به کاهش بارندگی و افت سطح آب زیرزمینی در بیش‌تر چاه‌های دشت خرامه به‌ویژه در سال‌های اخیر، وضعیت کیفی آب نیز روند کاهشی شدیدی داشته است. به‌طوری‌که در حال حاضر آب‌های زیرزمینی در این دشت از نظر شوری جهت آبیاری مناسب نیست (7). نتایج گزارش نهایی «روند تغییرات کیفی منابع آب زیرزمینی در محدوده تأمین درازمدت آب شرب سبزوار» بیانگر آن است که شیب کلی تغییرات زمانی هدایت الکتریکی مثبت بوده و با شیب ملایمی، شوری کلیه چاه‌های نمونه‌برداری‌شده، به‌دلیل برداشت نامناسب و عدم تغذیه کافی، در حال افزایش می‌باشد (13). باکسفیلد (2008) با بررسی میزان تغییرات غلظت مواد مغذی (مانند نیتروژن و فسفر) و آفت‌کش‌ها در آب‌های زیرزمینی آمریکا نشان داد که غلظت نیترات در طول ۱۰ تا ۱۵ سال گذشته در اغلب مناطق، به‌خصوص در مناطق کشاورزی افزایش چشمگیری داشته است (2). بورو و همکاران (2008) در پژوهشی بر روی تغییرات غلظت نیترات و آفت‌کش‌ها در آبخوان آبرفتی سن خواکین در ایالت کالیفرنیا دریافتند که با افزایش میزان استفاده از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها در دهه‌های اخیر، میزان آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات و آفت‌کش‌ها از سال ۱۹۵۰ به بعد روندی کاملاً صعودی داشته است (3). سعد (2008) در مطالعه‌ای بر روی روند تغییرات کیفی آبخوان ویسکانزین در آمریکا دریافت که تغییرات غلظت نیترات از سال ۱۹۷۰ به بعد، روندی صعودی

داشته است. همچنین میزان آترازین و دی‌اتیل آترازین از سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰، افزایش داشته و پس از آن، نرخ تغییرات این ترکیبات منفی بوده است. وی اظهار داشت روندهای مذکور، با الگوهای زمانی ثبت شده از مصارف کودهای ازته و آفت‌کش آترازین در منطقه همبستگی نشان می‌دهد (12). راجن و همکاران (2007) در بررسی تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی اسلوونی بر مبنای نتایج سیستم ملی پایش آب‌های زیرزمینی دریافتند که از سال ۱۹۹۰ تاکنون در اغلب نقاط تحت پایش، آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات، آفت‌کش‌ها و هیدروکربن‌های آلیفاتیک کلرینه روندی صعودی داشته است (10). آیدان و همکاران (2003) در بررسی روند افزایشی املاح محلول در آبخوان شهری ناتینگهام نشان دادند که غلظت یون‌های کلراید، سولفات و نیترات از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۰ روندی کاملاً افزایشی داشته است. این روند در چاه‌های مشاهده‌ای که در مناطق نامحصور قرار داشتند، به مراتب شدیدتر بوده است. این پژوهشگران علت اصلی این تغییرات را بارهای آلودگی ناشی از فعالیت‌های انسانی از جمله فاضلاب‌های شهری، نمک‌پاشی خیابان‌ها و استفاده از آفت‌کش‌ها دانستند (1).

کمبود نزولات جوی، عدم توزیع یکنواخت منابع آب و استفاده بی‌رویه از این منابع سبب شده است بخش‌های مختلف کشور ایران دچار درجات مختلفی از بحران کمی و کیفی آب شوند. در این بین استان خراسان رضوی به‌دلیل موقعیت جغرافیایی خاص خود و مصرف زیاد آب که ناشی از توسعه کشاورزی و صنایع در این منطقه و کثرت جمعیت ساکن و شناور آن است، به‌شدت تحت‌تأثیر کمبود منابع آب قرار گرفته است. بسیاری از منابع آب زیرزمینی این استان، در اثر برداشت‌های بی‌رویه و عدم تغذیه کافی و نیز وجود آلاینده‌های مختلف، با تغییرات کمی و کیفی شدید مواجه می‌باشند. عمده‌ترین منابع آب در استان خراسان رضوی، منابع آب زیرزمینی هستند که حدود ٪۷۹ از مصارف آب این منطقه را تأمین می‌کنند. استان خراسان رضوی به‌طورکلی به ۳۶ دشت تقسیم می‌شود که ۱۱ دشت آن از نظر برداشت آب، ممنوعه بحرانی و ۲۲ دشت آن، ممنوعه عادی اعلام شده‌اند. دشت نیشابور به لحاظ ذخیره آب زیرزمینی و به لحاظ حاصلخیزی، پس از دشت مشهد، مهم‌ترین دشت این استان است که به‌دلیل برداشت بی‌رویه و تخریب منابع آب زیرزمینی، از سال ۱۳۶۵ به‌عنوان دشت ممنوعه بحرانی اعلام شده است (9).

با توجه به توسعه شهرنشینی، کشاورزی و صنعت در دشت نیشابور و نیاز روزافزون به منابع آب، لزوم برنامه‌ریزی‌های مدیریتی کمی و کیفی این منابع، امری انکارناپذیر می‌باشد. در این مقاله روند تغییرات زمانی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت نیشابور (از لحاظ پارامترهای کل جامدات محلول (TDS[1])، سختی کل، نسبت جذب سدیم و غلظت یون‌های سدیم، کلسیم، منیزیم، سولفات و کلراید) بین سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۸ مورد بررسی قرار گرفته و نرخ تغییرات زمانی کیفیت آب در دهستان‌های مختلف منطقه تعیین گردیده است. همچنین دلایل احتمالی تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت نیشابور در بازه زمانی مذکور نیز، مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

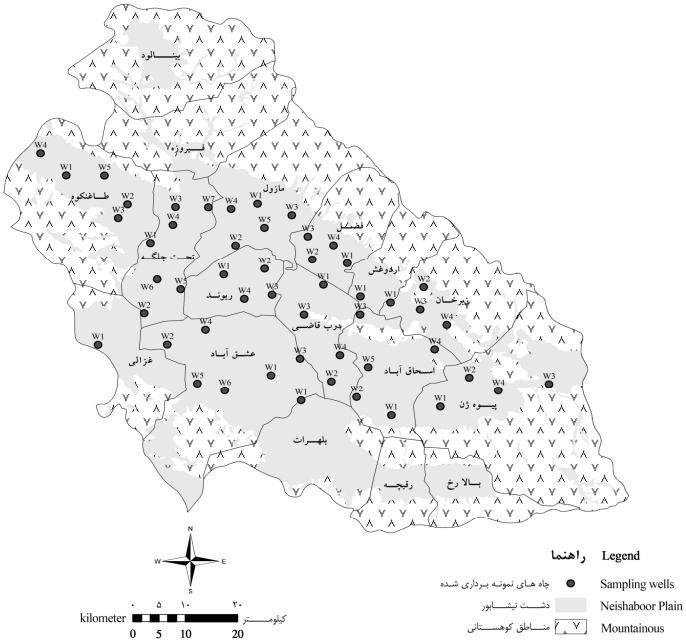
محدوده مطالعاتی نیشابور در مرکز استان خراسان رضوی قرار داشته و یکی از زیرحوضه‌های حوضه کویر مرکزی می‌باشد. مساحت کل منطقه ۷۳۳۰ کیلومترمربع است که ۳۹۳۵ کیلومترمربع آن را دشت و بقیه را ارتفاعات تشکیل می‌دهد. آبخوان آبرفتی با مساحت تقریبی ۲۹۱۴/۵ کیلومترمربع، بخش وسیعی از مرکز دشت نیشابور را در بر می‌گیرد. تغذیه این آبخوان بیش‌تر در بخش‌های شمال‌شرقی، شمالی و شمال‌غربی و غربی صورت می‌گیرد. دشت نیشابور

1- Total Dissolved Solids

پس از دشت مشهد، هم از لحاظ ذخیره آب زیرزمینی و هم از جنبه حاصلخیزی، مهم‌ترین دشت استان خراسان رضوی به‌شمار می‌رود (14).

تاکنون بیش از ۲۰۰۰ مورد نمونه‌برداری کیفی از آب‌های زیرزمینی منطقه نیشابور (بین سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۸) انجام شده است. با بررسی این داده‌ها مشخص شد نمونه‌برداری‌های انجام‌شده بین سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۸ در برخی از سال‌ها بسیار اندک و با توزیع نامناسب صورت گرفته است. از لحاظ زمانی نیز، با توجه به برنامه‌ریزی انجام شده، اغلب نمونه‌برداری‌های کیفی در نیمه دوم هر سال (نیمه اول سال‌های آبی) انجام گرفته است. پس از تجزیه و تحلیل نواقص موجود در داده‌های اولیه، تصمیم بر آن شد تا از آمار کیفی اندازه‌گیری شده در نیمه اول هر سال آبی (ماه‌های آبان یا آذر) در بازه زمانی سال‌های آبی ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۸ (به غیر از سال ۱۳۸۲) به‌منظور بررسی روند زمانی تغییرات کیفی استفاده شود.

ارزیابی روند تغییرات زمانی کیفی آب‌های زیرزمینی، مستلزم تعیین نقاطی است که دارای نمونه‌برداری‌های کیفی پیوسته در طول بازه زمانی مدنظر باشند. برای شناسایی این نقاط، کلیه آمار موجود براساس تقسیم‌بندی دهستان‌های محدوده، در ۱۷ منطقه تقسیم‌بندی شدند. پس از بررسی داده‌های موجود مشخص گردید به‌دلیل نامناسب بودن تعداد و توزیع زمانی و مکانی نقاط نمونه‌برداری‌شده، رسم روند زمانی تغییرات کیفی برای آب‌های زیرزمینی دهستان‌های بینالود، رقیچه، بالارخ و فیروزه امکان‌پذیر نیست. علت اصلی نامناسب بودن نمونه‌برداری‌های انجام گرفته در این چهار دهستان را می‌توان به کوهستانی بودن این مناطق و در نتیجه کم بودن تعداد چاه‌های حفرشده در آن‌ها در مقایسه با سایر دهستان‌ها نسبت داد. برای بررسی روند تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی در ۱۳ دهستان باقی‌مانده، با توجه به پیوستگی زمانی و همچنین توزیع مکانی نقاط نمونه‌برداری شده در هر دهستان، تعداد ۵۱ حلقه چاه عمیق به‌عنوان چاه‌های اصلی محدوده انتخاب گردیدند (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت مکانی چاه‌های اصلی در دهستان‌های مختلف دشت نیشابور.

Figure 1. Location of wells in different municipalities of Neishaboor Plain.

در مرحله بعد برای هر کدام از ۵۱ حلقه چاه اصلی، با استفاده از نرم‌افزار اکسل نمودار تغییرات زمانی پارامترهای کیفی سختی کل، غلظت کل املاح محلول، نسبت جذب سدیم (SAR[1])، غلظت یون‌های سدیم، کلسیم، منیزیم، سولفات و کلراید رسم گردید (تغییرات زمانی پارامترهای pH، غلظت یون‌های پتاسیم، کربنات و بی‌کربنات در طول زمان برای تمامی چاه‌ها بسیار اندک بوده و رسم روند تغییرات زمانی برای آن‌ها امکان‌پذیر نبود). به کمک امکانات نرم‌افزار اکسل، نرخ تغییرات هر کدام از پارامترهای مذکور برای هر چاه محاسبه گردید تا بیش‌ترین نرخ تغییرات زمانی این پارامترها در محدوده موردنظر مشخص گردد. به‌منظور پیش‌بینی وضعیت آینده هرکدام از پارامترهای کیفی در چاه‌های اصلی، با فرض نرخ تغییراتی مشابه با گذشته، نمودار روند زمانی تغییرات پارامترهای کیفی تا سال ۱۳۹۵ رسم گردید. پس از آن با میانگین‌گیری از نرخ تغییرات زمانی پارامترهای کیفی مختلف در چاه‌های هر دهستان، وضعیت نسبی روند تغییرات زمانی کیفیت آب در هر کدام از دهستان‌ها نیز محاسبه گردید. لازم به توضیح است به‌منظور بررسی روند تغییرات کیفی آب در هر دهستان از روش میانگین‌گیری ساده استفاده شده است. هر چند این روش در محاسبه دقیق اندازه پارامترهای کیفی به نسبت تقریبی می‌باشد، اما در بررسی روند تغییرات کیفیت تفاوتی با سایر روش‌های میانگین‌گیری کیفی (مانند استفاده از روش تیسن) نخواهد داشت. به‌منظور بررسی دلایل احتمالی تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی دشت نیشابور، عواملی طبیعی نظیر تغییرات بارندکی و اثرات سازندهای زمین‌شناسی منطقه و همچنین عوامل آنتروپوژنیکی نظیر میزان برداشت از آبخوان و منابع آلاینده ناشی از فعالیت‌های انسانی (با تأکید بر کشاورزی) مورد بررسی قرار گرفتند. در ادامه نتایج حاصل از این بررسی‌ها آمده است.

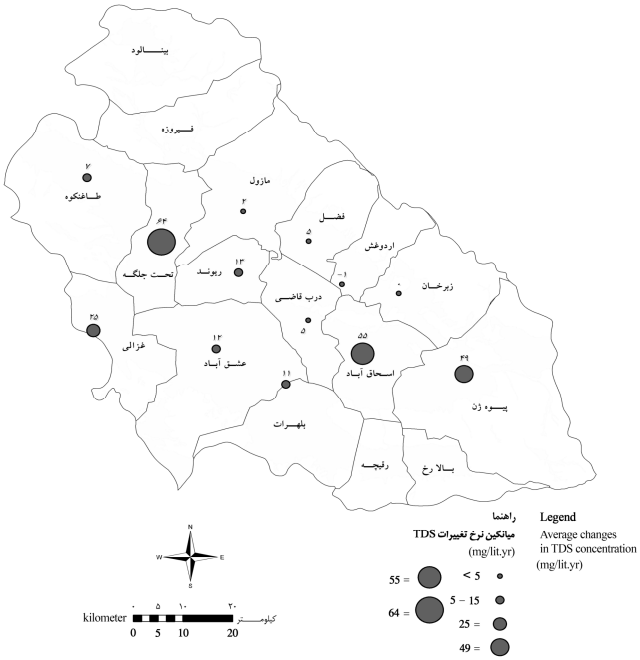
1- Sodium Adsorption Ratio

نتایج و بحث

تغییرات مواد جامد محلول: پس از محاسبه و تعیین نرخ تغییرات پارامتر TDS برای تمامی چاه‌ها در بازه زمانی ۸۸-۱۳۸۰، مشخص گردید که روند تغییرات غلظت TDS در ٪۷۷ از چاه‌ها افزایشی می‌باشد (جدول ۱). میانگین نرخ تغییرات TDS برای کل آبخوان رقمی برابر با ۱۹/۶۳ میلی‌گرم در لیتر در هر سال به‌دست آمد. همچنین براساس نتایج حاصله، آب‌های زیرزمینی در دهستان‌های تحت جلگه، اسحاق‌آباد و پیوه‌ژن بیش‌ترین نرخ تغییرات TDS را داشتند. میانگین نرخ تغییرات TDS در این سه ناحیه در طی دوره مورد بررسی (۸۸-۱۳۸۰)، به‌ترتیب معادل ٦٤، ۵۵ و ٤٨/٩ میلی‌گرم در لیتر در سال بوده است. کم‌ترین روند تغییرات مواد جامد محلول در آب‌های زیرزمینی دهستان‌های اردوغش، زبرخان و مازول، به‌ترتیب با نرخ‌های ۰/۷-، ۰/۳ و ۲/۳ میلی‌گرم در لیتر در سال مشاهده شد. از میان ۵۱ چاه انتخابی بیش‌ترین و کم‌ترین روند تغییرات TDS به‌ترتیب با نرخ‌هایی معادل ۲۸۳ و ٤٨/٣- میلی‌گرم در لیتر در سال متعلق به چاه‌های w_1 و w_5 در دهستان اسحاق‌آباد بود. در شکل ۲ میانگین نرخ تغییرات TDS برای دهستان‌های مختلف با یکدیگر مقایسه شده است.

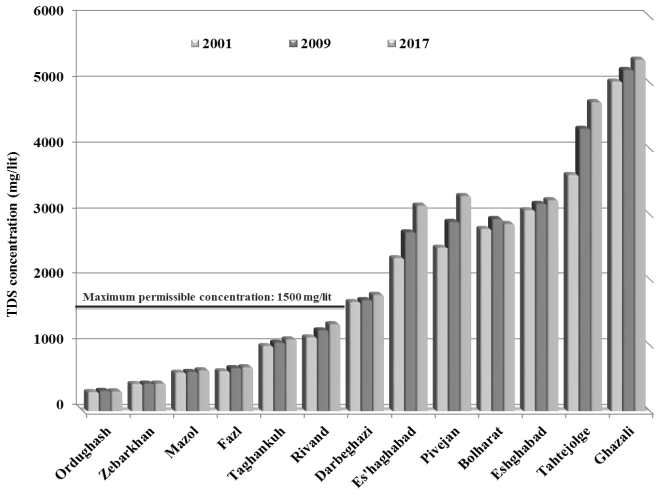
به‌منظور پیش‌بینی تغییرات آتی میانگین غلظت TDS در هر دهستان (با فرض نرخ تغییراتی مشابه با گذشته)، معادلات مربوط به روند تغییرات زمانی میانگین غلظت TDS در دهستان‌های مختلف، تعیین و محاسبات بر مبنای انجام گرفت. مقدار تقریبی پیش‌بینی‌ها در سال ۱۳۹۵ در شکل ۳ نشان داده شده است.

نتایج ارائه شده در شکل مذکور دلالت بر آن دارد که در حال حاضر دهستان‌های پیوه‌ژن و اسحاق‌آباد (واقع در بخش‌های شرقی و جنوب‌شرقی دشت) از لحاظ میانگین غلظت TDS وضعیت بهتری را نسبت به دهستان‌های عشق‌آباد و بلهرات (واقع در بخش‌های جنوبی و جنوب‌غربی دشت) دارا هستند. اما چنان‌چه روند کنونی تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی ادامه داشته باشد، میانگین غلظت مواد محلول در این دو دهستان در سال ۱۳۹۵، به بیش از ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر خواهد رسید که در این صورت، وضعیت کیفی آب‌های زیرزمینی دهستان‌های مذکور در سطحی پائین‌تر از دهستان‌های عشق‌آباد و بلهرات قرار خواهد گرفت.



شکل ۲- توزیع میانگین سالانه تغییرات غلظت TDS در سطح دشت نیشابور.

Figure 2. Distribution of annual average changes in TDS concentration in Neishaboor Plain.



شکل ۳- تغییرات میانگین غلظت TDS در دهستان‌های مختلف.

Figure 3. Variations in average TDS concentration in different municipalities.

جدول ۱- نرخ روند تغییرات زمانی TDS (بر حسب میلی‌گرم در لیتر در سال).

Table 1. Trend of temporal change in TDS concentration (mg/lit.yr).

دهستان Municipality	چاه w_1 w_1 Well	چاه w_2 w_2 Well	چاه w_3 w_3 Well	چاه w_4 w_4 Well	چاه w_5 w_5 Well	چاه w_6 w_6 Well	چاه w_7 w_7 Well	میانگین Average
بلهرات Bolharat	11.0							11.0
درب قاضی Darbeghazi	3.2	29.0	30.3	-40.9				5.4
اسحاق‌آباد Es'haghabad	283.0	29.2	8.2	8.3	-48.3			55.0
عشق‌آباد Eshghabad	2.8	4.8	4.3	11.8	30.6	19.5		12.3
فضل Fazl	21	2.3	-2.9	-0.9				4.9
غزالی Ghazali	25.4							25.4
مازول Mazol	1.9	0.4	-1.7	10.0	0.9			2.3
اردوغش Ordughash	-0.7							-0.7
پیوه‌ژن Pivejan	21.1	0.9	22.1	151.2				48.9
ریوند Rivand	-32.4	60.6	7.8	14.5				12.6
طاغنکوه Taghankuh	2.1	6.9	12.3	3.8	11.4			7.3
تحت جلگه Thatejolge	25.8	261.9	-4.8	-4.4	57	64.1	48	64.0
زبرخان Zebarkhan	-5.4	-2.5	-3.6	12.6				0.3

میانگین نرخ تغییرات برای کل دشت = ۱۹/۶۳ میلی‌گرم در لیتر در سال

Average rate of change for the Plain: 19.63 mg/ lit·yr

درصد چاه‌های دارای نرخ منفی= ٪۲۳

Percent of wells with decreasing rate: 23%

درصد چاه‌های دارای نرخ مثبت= ٪۷۷

Percent of wells with increasing rate: 77%

تغییرات سایر پارامترهای کیفی: علاوه بر TDS، پارامترهای سختی، نسبت جذب سدیم و غلظت یون‌های سدیم، کلسیم، منیزیم، سولفات و کلراید نیز از لحاظ روند تغییرات زمانی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصله نشان می‌دهد که یون‌های کلراید، سولفات و سدیم بیش‌ترین سهم را در روند افزایشی میزان TDS در آب‌های زیرزمینی دشت نیشابور داشته‌اند. نرخ تغییرات این سه یون به‌ترتیب معادل ۷/۸، ٦/۷ و ٦ میلی‌گرم در لیتر در سال برآورد شد. نتایج حاصل از محاسبه میانگین نرخ تغییرات پارامترهای کیفی مختلف در جدول ۲ ارائه شده است.

بررسی دلایل احتمالی تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی

سازندهای زمین‌شناسی منطقه: سازندهای غالب در مناطق غربی و جنوبی دشت از نوع سازندهای سخت زمین‌شناسی بوده و عمدتاً از سنگ‌های ولکانیکی تشکیل شده‌اند. این سازندها به‌دلیل داشتن کانی‌های قابل انحلال، نقش بیش‌تری را در افزایش املاح آب دارند. غلظت‌های به نسبت بالای یون‌های مختلف و مقادیر TDS در دهستان‌های غزالی، عشق‌آباد و بلهرات (در مقایسه با آب‌های زیرزمینی در دهستان‌های شمالی دشت) می‌تواند متأثر از سازندهای موجود در این مناطق باشد.

سازندهای زمین‌شناسی دوران سوم (میوسن) که سنگ کف آبخوان نیشابور را نیز تشکیل می‌دهند، در شور شدن بخش وسیعی از آبخوان دشت مؤثرند (5, 9). حضور این سازندها به‌خصوص در نواحی جنوب‌شرقی دشت (دهستان پیوه‌ژن) پررنگ‌تر بوده و آب‌هایی که پس از عبور از این مناطق وارد سفره‌های زیرزمینی می‌شوند، ممکن است شرایط را برای شورشدن آب‌های زیرزمینی فراهم سازند. به همین علت یکی از دلایل احتمالی بالابودن میزان هدایت الکتریکی (بالا بودن میزان املاح) در دهستان پیوه‌ژن و مناطق پائین‌دست آن (مناطق جنوبی دهستان‌های اسحاق‌آباد و درب قاضی و مناطق مرکزی دهستان‌های عشق‌آباد و غزالی) را می‌توان به وجود سازندهای میوسن مرتبط دانست.

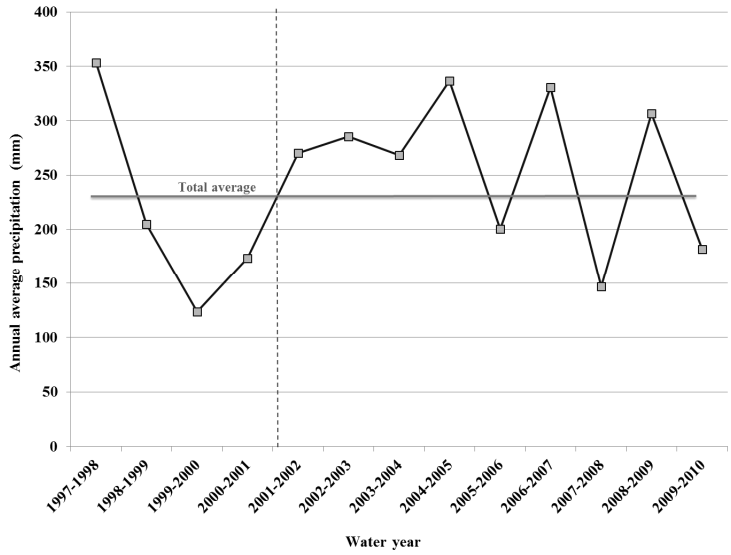
جدول ۲- میانگین نرخ تغییرات کیفی پارامترهای کیفی مختلف در آب های زیرزمینی دشت نیشابور.

Table 2. Average annual changes in quality parameters of groundwater in Neishaboor Plain.

درصد چاه‌های دارای روند مثبت Percent of wells with increasing rate	درصد چاه‌های دارای روند منفی یا صفر Percent of wells with no change or decreasing rate	میانگین نرخ تغییرات Average variations نرخ Rate	 واحد Unit	پارامتر کیفی Quality parameters
77	23	+19.63	mg/lit.yr	غلظت کل مواد جامد محلول TDS
61	39	+7.00	mg/ lit.yr as $CaCO_3$	سختی کل Total hardness
49	51	+0.03	-	نسبت جذب سدیم Sodium Adsorption Ratio
58	42	+6.00	mg/ lit.yr	غلظت سدیم Sodium concentration
45	55	+0.6	mg/ lit.yr	غلظت منیزیم Magnesium concentration
76	24	+2.80	mg/ lit.yr	غلظت کلسیم Calcium concentration
53	47	+7.80	mg/ lit.yr	غلظت کلراید Chloride concentration
71	29	+6.70	mg/ lit.yr	غلظت سولفات Sulfate concentration

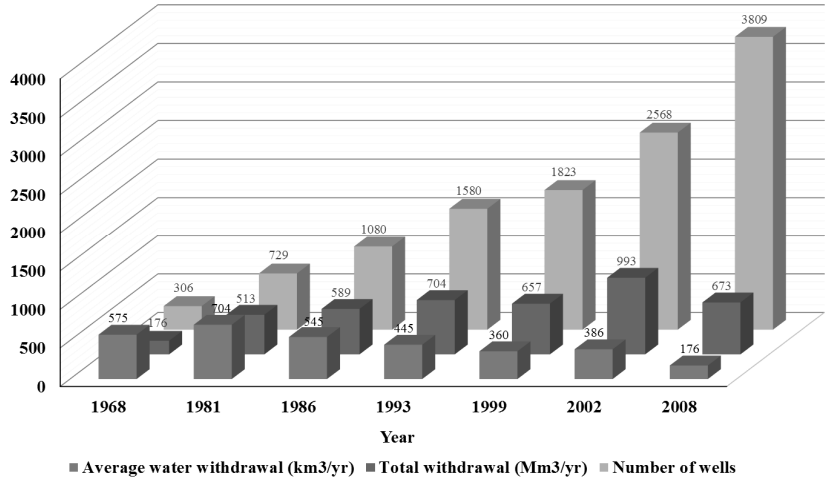
تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی (عوامل نزولات جوی و برداشت از آبخوان): به‌منظور بررسی نحوه تغییرات بارندگی در نیشابور از آمار ۹ ایستگاه باران‌سنجی موجود در منطقه که بین سال‌های آبی ۷۷-۱۳۷٦ تا ۸۹-۱۳۸۸، دارای آمار کاملی بودند استفاده گردید. سپس میانگین بارندگی این ۹ ایستگاه به‌عنوان بارندگی دشت و میانگین عددی بارندگی سالانه در ایستگاه‌های انتخابی در بازه زمانی ۸۸-۱۳۷٦، ۲۵۰ میلی‌متر محاسبه شد. با بررسی تغییرات میزان بارندگی در این ایستگاه‌ها (شکل ٤) مشخص می‌شود که میزان بارندگی سالانه در دشت نیشابور در طی دوره مذکور بسیار متغیر بوده است، به‌طوری‌که میانگین سالانه میزان بارندگی در سطح دشت از سال آبی ۷۸-۱۳۷٦ به‌شدت کاهش یافته و پس از آن تا سال ۱۳۸۳ روندی افزایشی داشته است. پس از سال ۱۳۸۳ نیز بارندگی دارای نوساناتی حول مقدار میانگین ۱۰ ساله بوده است. با این حال روند تغییرات بارندگی در سطح دشت نرخ چندان بالایی نداشته است. مقایسه بارندگی دشت در سال‌های خشک و تر، در بازه زمانی مورد مطالعه این پژوهش (سال آبی ۸۱-۱۳۸۰ تا ۸۹-۱۳۸۸) نشان می‌دهد که تغییرات بارندگی سالانه دشت در بازه زمانی مذکور، تقریباً به‌صورت سینوسی و با روندی نزولی بوده است. کاهش میزان بارندگی در سطح یک منطقه، میزان تغذیه آب‌های زیرزمینی را کاهش می‌دهد. بنابراین می‌توان انتظار داشت روند کاهشی میزان بارندگی در دشت نیشابور در کاهش سطح آب‌های زیرزمینی دشت نیشابور تأثیرگذار بوده باشد. با این وجود، به‌علت نوسانات شدید در میانگین بارندگی سالانه دشت، رابطه دقیقی را نمی‌توان بین میزان بارندگی و تغییرات سطح آب برقرار ساخت. به‌عنوان مثال با این‌که بین سال‌های ۸۳-۱۳۷۸ میزان بارندگی به‌طورکلی روندی افزایشی داشته است، اما تأثیر چندانی در جلوگیری از روند کاهشی سطح آب نداشته است. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که علت اصلی افت سطح آب‌های زیرزمینی دشت نیشابور، کاهش میزان بارندگی نبوده و احتمالاً عوامل دیگری مانند میزان برداشت از آبخوان، بیش‌ترین تأثیر را بر کاهش سطح آب‌های زیرزمینی دشت داشته‌اند. فرج‌زاده و همکاران (2005) نیز با مقایسه مجموع وضعیت بارش در هر سال و هیدروگراف واحد، رابطه چندان زیادی بین مجموع بارش سالانه و سطح آب‌های زیرزمینی مشاهده نکرده و عامل اصلی افت سطح آب‌های زیرزمینی را در دشت نیشابور، اضافه برداشت از آبخوان دانستند. ایشان همچنین اظهار داشتند اگرچه تغییرات در میزان بارش تأثیر چندانی در میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی ندارد، اما این پدیده به‌صورت غیرمستقیم تأثیر زیادی در افت سطح آب زیرزمینی دارد (5).

حفر چاه اصلی‌ترین روش برای برداشت از آب‌های زیرزمینی دشت نیشابور به‌شمار می‌آید. بررسی آمار چاه‌های حفرشده در هر سال و میزان تخلیه آن‌ها (شکل ۵) نشان می‌دهد که علی‌رغم این که تعداد چاه‌های حفرشده در سال ۱۳۸۷ نسبت به سال ۱۳۷۸، تقریباً دو برابر شده است (۱۸۲۳ حلقه چاه در سال ۱۳۷۸ و ۳۸۰۹ چاه در سال ۱۳۸۷)، میزان تخلیه سالانه چاه‌های دشت در سال ۱۳۸۷ (٦۷۲/٦ میلیون مترمکعب در سال)، تقریباً معادل رقم اندازه‌گیری‌شده آن در سال ۱۳۷۸ (٦۵۷/۱ میلیون مترمکعب در سال) برآورد شده است. از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۷ نیز با وجود این‌که به چاه‌های موجود، ۱۲٤۱ حلقه چاه اضافه شده است، ولی به‌دلیل افت شدید سطح آب‌های زیرزمینی، میزان آبدهی چاه‌ها در غالب مناطق دشت کاهش یافته است. میانگین آبدهی چاه‌ها در سال ۱۳۸۷ نسبت به سال ۱۳۸۱، کاهشی معادل ٥٤٪ را نشان می‌دهد (۱۸/۲۲ لیتر در ثانیه در سال ۱۳۸۱ و ۸/۳۷ لیتر در ثانیه در سال ۱۳۸۷).



شکل ٤- تغییرات میزان بارندگی سالانه دشت نیشابور از سال آبی ۷۷-۱۳۷٦ تا ۸۹-۱۳۸۸.

Figure 4. Change in annual average precipitation in Neishaboor Plain (1997-1998 to 2009-2010).



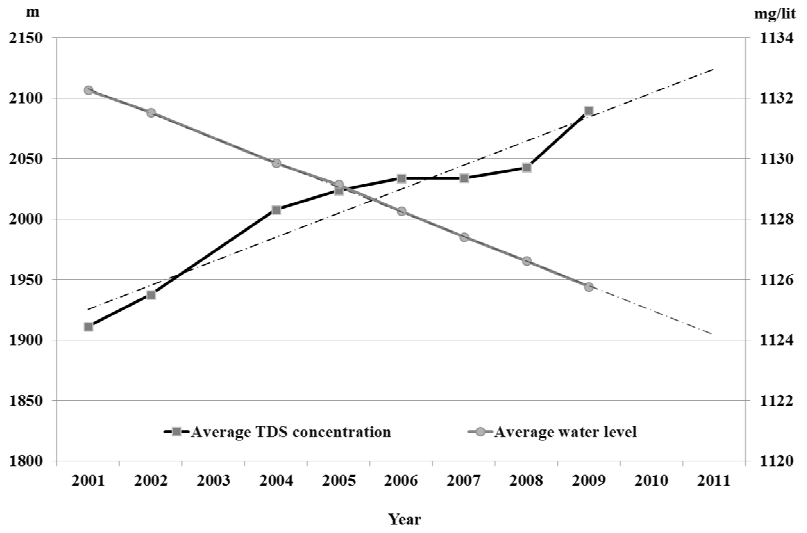
شکل ٥- تعداد چاه‌ها و میزان تخلیه سالانه آن‌ها در دشت نیشابور.

Figure 5. Number of wells and their annual discharge in Neishaboor Plain.

برای ارزیابی اثرات کاهش سطح آب زیرزمینی بر کیفیت آن، روند تغییرات میانگین سطح آب (با توجه به آمار موجود در آبان‌ماه هر سال) و روند تغییرات میانگین TDS در یک نمودار رسم شده‌اند (شکل ٦). نتایج حاصله دلالت بر آن داشت که تقریباً به‌ازای هر ۰/۸۱ متر کاهش در سطح آب‌های زیرزمینی در هر سال، به‌میزان ۱۹/٦٤ میلی‌گرم در لیتر به غلظت کل مواد جامد محلول در آبخوان افزوده شده است (شکل ٦). بررسی‌ها نشان داد که بین کاهش سطح آب‌های زیرزمینی در دشت نیشابور و افزایش املاح موجود در آن‌ها همبستگی زیادی وجود دارد. به‌طوری‌که شیب تغییرات این دو پارامتر، متأثرشدن تغییرات غلظت املاح محلول را از تغییرات سطح آب زیرزمینی کاملاً نمایان می‌سازد. بنابراین کاهش سطح آب‌های

زیرزمینی دشت نیشابور را می‌توان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین دلایل روند کاهشی کیفیت آن دانست. در این شرایط، در اثر به هم خوردن بیلان نمک (در اثر کاهش جریان آب زیرزمینی به خارج از حوضه)، املاح تغلیظ شده و منجر به افزایش شوری می‌گردد. علاوه بر این، افت سطح آب زیرزمینی ناشی از اضافه برداشت به معنی تخلیه‌شدن بخش فوقانی آبخوان آزاد است. در نتیجه استخراج آب به ناچار باید از قسمت‌های عمیق‌تر آبخوان صورت گیرد که معمولاً احتمال وجود آب‌های شور در آن‌ها بیش‌تر است. همچنین بخش عمیق‌تر آبخوان‌های آبرفتی در مقایسه با بخش‌های فوقانی، غالباً از رسوبات به‌هم فشرده‌تری تشکیل شده است که سبب کندتر حرکت کردن آب زیرزمینی نسبت به بخش فوقانی آن می‌شود. این امر سبب می‌گردد تا آب زیرزمینی فرصت بیش‌تری برای حل‌کردن مواد قابل‌حل داشته باشد که نتیجه آن افزایش املاح در آب‌های زیرزمینی عمیق خواهد بود.

منابع آلاینده ناشی از فعالیت‌های انسانی (با تأکید بر فعالیت‌های کشاورزی): شهر نیشابور و صنایع واقع در دشت نیشابور، در صورت عملکرد مناسب تصفیه‌خانه‌ها، تهدیدی جدی در آلوده‌سازی منابع آب زیرزمینی محسوب نمی‌گردند. به‌علاوه سایر مراکز شهری و روستایی واقع در دشت نیشابور بسیار پراکنده بوده و تمرکز جمعیتی در آن‌ها به نسبت شهرستان نیشابور بسیار اندک است. بنابراین این مراکز نیز از نظر تأثیرگذاری بر کیفیت آب‌های زیرزمینی ممکن است اهمیت چندانی را نداشته باشند. اما در مقابل، دشت نیشابور از جمله دشت‌هایی در استان خراسان رضوی است که در آن فعالیت‌های کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و وسعت زیادی از اراضی این دشت، تحت پوشش کاربری کشاورزی است. بنابراین به‌علت وسعت فعالیت‌های کشاورزی و کاربرد مقادیر زیادی از کودهای شیمیایی و سموم، این بخش از فعالیت‌های انسانی بر خلاف فعالیت‌های شهری و صنعتی، می‌تواند پتانسیل قابل‌توجهی را در آلوده‌سازی منابع آب زیرزمینی دشت نیشابور و تغییر کیفیت آن‌ها داشته باشد.



شکل ٦- ارتباط بین سطح آب‌های زیرزمینی و تغییرات TDS در دشت نیشابور.

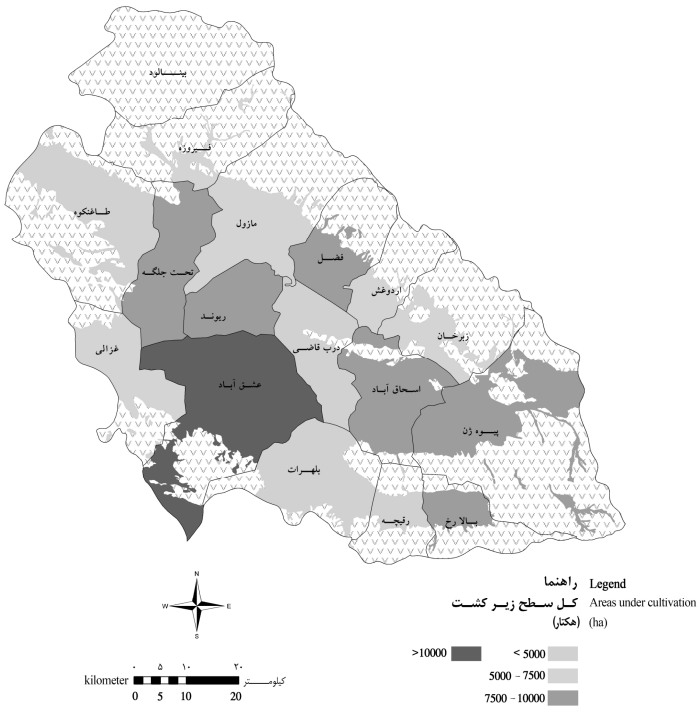
Figure 6. Relation between groundwater level and the change in TDS concentration in Neishaboor plain.

در دشت نیشابور، دهستان عشق‌آباد با بیش از ۱۳۰۰۰ هکتار سطح زیر کشت دارای بالاترین سطح فعالیت کشاورزی در منطقه است. در مقابل کم‌ترین سطح زیر کشت به دهستان‌های طاغنکوه، درب قاضی، رقیچه و بلهرات تعلق دارد. به لحاظ نسبت سطح زیر کشت (سطح اراضی زراعی و باغات به سطح کل دهستان)، دهستان‌های ریوند، بالارخ و فضل به‌ترتیب با ٪٤٦، ٪٤٢ و ٪۳۰ از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (شکل ۷).

کیفیت آب‌های زیرزمینی در دهستان‌های ریوند، فضل و اسحاق‌آباد ممکن است در اثر آلاینده‌های سطحی کاهش یافته باشد. زیرا در این دهستان‌ها علاوه بر این‌که سطح آب‌های زیرزمینی در اغلب مناطق به نسبت بالا است (عمق سطح آب‌های زیرزمینی در این دهستان‌ها اغلب کم‌تر از ۵۰ متر است)، سطح نسبی زیر کشت نیز نسبتاً زیاد می‌باشد.

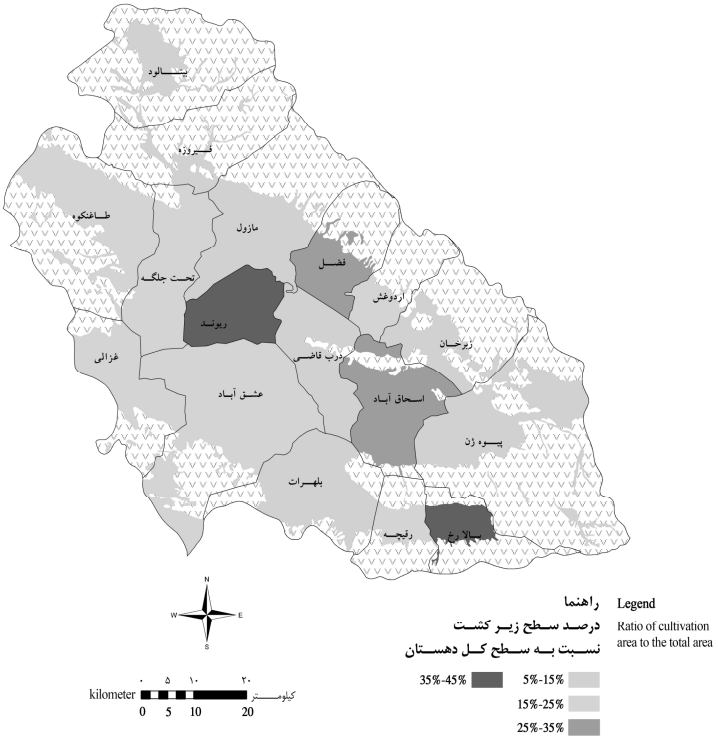
به‌منظور بررسی بهتر تراکم فعالیت‌های کشاورزی، نسبت سطح زیر کشت به کل مساحت هر دهستان محاسبه شد که نتایج آن در شکل ۸ ارائه گردیده است. طبق شکل مذکور بیش‌ترین نسبت سطح زیر کشت در دهستان ریوند مشاهده می‌شود که حدود ٪٤٦ از مساحت آن را اراضی زراعی و باغات تشکیل می‌دهند. دهستان‌های بالارخ و فضل به‌ترتیب با ٪٤۲ و ٪۳۰ در رده‌های بعدی قرار دارند. کم‌ترین نسبت سطح زیرکشت به کل مساحت دهستان نیز در دهستان‌های پیوه‌ژن با ٪۹ و بلهرات، فیروزه و بینالود با ٪۱۱ دیده می‌شود.

به‌طورکلی، با توجه به جهت جریان آب‌های زیرزمینی نیشابور و وسعت اراضی کشاورزی در دهستان‌های شمالی، شمال‌شرقی و شرقی آن (که غالب جریان‌های تغذیه‌کننده آبخوان از این مناطق می‌باشد)، تأثیر مصرف کودهای شیمیایی و سموم کشاورزی در این مناطق بر تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی به‌خصوص بر مناطق پائین‌دست را نمی‌توان انکار نمود. هر چند که به‌علت وسعت فعالیت‌های کشاورزی و کاربرد مقادیر زیادی از کودهای شیمیایی و سموم در سطح دشت نیشابور، این بخش از فعالیت‌های انسانی بر خلاف فعالیت‌های شهری و صنعتی، می‌تواند پتانسیل قابل‌توجهی را در آلوده‌سازی منابع آب زیرزمینی دشت نیشابور و تغییر کیفیت آن‌ها داشته باشد، اما در حال حاضر اظهار نظر دقیق در خصوص این‌که کدام نواحی دشت نیشابور از نظر تأثیر کشاورزی بر منابع آب زیرزمینی، نقاط حساس به‌شمار می‌آیند، به‌دلیل کمبود آمار و اطلاعات امکان‌پذیر نمی‌باشد.



شکل ۷- سطح زیر کشت در دهستان‌های مختلف دشت نیشابور (٤).

Figure 7. Areas under cultivation in different municipalities of Neishaboor Plain (4).



شکل ۸- نسبت سطح زیرکشت به مساحت کل هر دهستان.

Figure 8. The ratio of cultivation area to the total area of each municipality.

نتیجه‌گیری

نرخ‌های روند تغییرات TDS برای چاه‌ها در بازه زمانی ۸۸-۱۳۸۰، نشان می‌دهد که روند تغییرات غلظت TDS در ٪۷۷ از چاه‌ها افزایشی می‌باشد. میانگین نرخ تغییرات TDS برای کل آبخوان رقمی برابر با ۱۹/٦۳ میلی‌گرم در لیتر در هر سال به‌دست آمد. همچنین براساس نتایج حاصله، آب‌های زیرزمینی در دهستان‌های تحت جلگه، اسحاق‌آباد و پیوه‌ژن بیش‌ترین نرخ تغییرات TDS را داشتند. به‌طورکلی در تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی دشت نیشابور، مجموعه‌ای از عوامل طبیعی و آنتروپوژنیک دخیل هستند که سهم عوامل انسانی بسیار بیش‌تر از عوامل طبیعی است. عواملی نظیر سازندهای زمین‌شناسی آلاینده و نیز کاهش میزان نزولات جوی و خشکسالی‌های اخیر به‌صورت طبیعی بر کیفیت آب‌های زیرزمینی تأثیرگذارند، اما میزان اثرگذاری آن‌ها در مقایسه با عواملی نظیر برداشت‌های بی‌رویه از آبخوان و آلاینده‌های کشاورزی بسیار کم‌تر به‌نظر می‌رسد. نتایج حاصل از ارزیابی اثرات کاهش سطح آب زیرزمینی بر کیفیت آن، دلالت بر آن داشت که تقریباً به‌ازای هر ۰/۸۱ متر کاهش در سطح آب‌های زیرزمینی در هر سال، به‌میزان ۱۹/٦٤ میلی‌گرم در لیتر به غلظت کل مواد جامد محلول در آبخوان افزوده شده است. بررسی‌ها نشان داد که بین کاهش سطح آب‌های زیرزمینی در دشت نیشابور و افزایش املاح موجود در آن‌ها همبستگی زیادی وجود دارد. با این وجود اظهارنظر قطعی در مورد این‌که کدام عوامل بیش‌ترین سهم را در تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی دارند، به‌دلیل کمبود آمار و اطلاعات کافی در این زمینه، امکان‌پذیر نمی‌باشد.

منابع

1.Aidan, A., Cronin, R.G., and Taylor, J.F. 2003. Rising Solute Trends from Regional Groundwater Quality Monitoring in an Urban Aquifer, Nottingham, J. Mater. Geo-Environ. 50: 1. 97-100.

2.Bexfield, L.M. 2008. Decadal-Scale Changes of Pesticides in Groundwater of the United States, 1993-2003. J. Environ. Qual. 37: 5. 226-239.

3.Burow, K.R., Shelton, J.L., and Dubrovsky, N.M. 2008. Regional Nitrate and Pesticide Trends in Groundwater in the Eastern San Joaquin Valley, California. J. Environ. Qual. 37: 5. 249-263.

4.Danesh, S., and Mousavi, S.M. 2010. Comprehensive plan for reducing Neishaboor water pollution, Volume I, Department of Environment of Khorasan Razavi Province. (In Persian)

5.Faraj Zadeh, M., Velayati, S., and Hosseini, A. 2005. Analysis of the water crisis in Neishaboor Plain based on environmental planning approach, Khorasan Regional Water Company, Research Committee. (In Persian)

6.Fattahi, M.M., and Moghaddam Forduyie, R. 2007. Investigation of qualitative and quantitative changes in water resources in Qom Catchment Basin, Proceedings of the 4th National Conference on Science and Watershed Engineering, Tehran. (In Persian)

7.Hejazi Jahromi, K., and Shams Nia, A. 2010. Effects of drought and water level drop on water quality trends for agricultural uses (Case study: Marvdasht Plain, Fars Province), Proceedings of the 4th Conference on Environmental Engineering, University of Tehran, Tehran. (In Persian)

8.Karami, F. 2010. Investigation of trend and causes of ground water salinity and its geomorphic effects in Sarab Plain, Tabriz University. (In Persian)

9.Khorasan Regional Water Corporation, Office of Basic Studies on Water Resources. 2010. Extending Prohibition on Neishaboor Plain Area, Water Resources Department of Khorasan Regional Water Corporation. (In Persian)

10. Krajnc, M., Gacin, P., Krsnik, E., and Kolenc, A. 2007. Groundwater Quality in Slovenia Assessed Upon the Results of National Groundwater Monitoring, J. Europ. Water. 19: 20. 37-46.
11. Rosen, M.R., and Lapham, W.W. 2008. Introduction to the U.S. Geological Survey National Water-Quality Assessment (NAWQA) of Ground-Water Quality Trends and Comparison to Other National Programs, J. Environ. Qual. 37: 5. 190-198.
12. Saad, D.A. 2008. Agriculture-Related Trends in Groundwater Quality of the Glacial Deposits Aquifer, Central Wisconsin. J. Environ. Qual. 37: 5. 209-225.
13. Tayebi, R. 2005. Trend of long-term groundwater quality changes in Sabzevar drinking water resources, Khorasan Regional Water Company. (In Persian)
14. Velayati, S. 2000. The main factors affecting Neishaboor Plain aquifer quality, Geographical Research, 15: 117-129. (In Persian)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 22(4), 2015
http://jwsc.gau.ac.ir

Investigation of temporal changes in groundwater quality of Neishaboor Plain and its possible causes

M. Abtahi[1], *Sh. Danesh[2], K. Davari[3] and S.A. Ghassemi[4]

[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Civil Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, [2]Associate Prof., Dept. of Civil Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, [3]Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, [4]Ph.D. Student, Dept. of Civil Engineering, Ferdowsi University of Mashhad

Received: 09/17/2013; Accepted: 11/19/2014

Abstract

Background and Objectives: Water resources limitation in the Neishaboor Plain, in addition to a significant increase in water demand in urban, agricultural and industrial sectors, has caused researchers to investigate and provide the basic information necessary for development of a sustainable water management program. In this study the temporal changes in groundwater quality and the possible causes of these fluctuations were studied.

Materials and Methods: The water quality data used in this investigation included a 9 year (2001-2009) periodically measurements of TDS, total hardness, Na^{+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl^{-} and SO_4^{2-} concentrations.

Results: The results, as were shown by the changes in parameters such as TDS, SAR and hardness indicated a significant degradation of groundwater quality over the period included in this study. The TDS concentration in 77% of the investigated wells increased substantially over this period, with mean increase of 19.63 mg/lit.yr. In regard to possible causes of groundwater deterioration, the decline in groundwater level, geological formations and agricultural activities were considered to be the most important factors. The results showed that for every 0.81m mean annual decline in groundwater level, the TDS concentration increased by a value of 19.63 mg/lit. The geological tertiary formations (Miocene) and volcanic rocks could also be included among the factors affecting the spatial quality changes observed in some parts of the Nayshaboor's aquifer.

Conclusion: The result of this study clearly indicated that there is a strong correlation between the groundwater level decline and the increase in salt concentration of the aquifer. However, due to the lack of adequate data and information, definitive statements on the relative contribution of agricultural activities and geological formation on groundwater quality changes could not be made.

Keywords: Groundwater, Water quality, Neishaboor Plain, Total dissolved solids

* Corresponding Author; Email: sdanesh@ferdowsi.um.ac.ir