

جلبکها و آبهای زیرزمینی

شمس السادات قطبی*، امین عسکری**

**فوق لیسانس مهندسی بهداشت محیط-کارشناس آزمایشگاه آبفا شیراز

**لیسانس شیمی -کارشناس آزمایشگاه آبفا شیراز

چکیده:

از آبهای زیرزمینی به طور گسترده ای جهت تامین آب آشامیدنی استفاده می شود. آب زیرزمینی در مقایسه با آب سطحی دارای مزیت‌هایی است. دو مزیت عمده آب زیرزمینی این است که این منابع کمتر در مقابل آلودگی حساسند و دیگر اینکه آب زیرزمینی ممکن است در مناطقی که آب سطحی وجود ندارد، وجود داشته باشد. بعضی ارگانیزم‌ها فقط در آب سطحی وجود دارد و وجود این ارگانیزم‌ها در منابع آب زیرزمینی نشان دهنده اختلاط این منابع با آب سطحی است. این ارگانیزم‌ها شامل جلبک‌ها از جمله دیاتومه‌ها، روتیفرها، باقی مانده های گیاهی حاوی کلروفیل، حشرات/ لاروها، کوکسیدها و کیست ژیا ردیا است. با توجه به اینکه آبهای زیرزمینی منبع تامین آب آشامیدنی بسیاری از شهرها هستند و وجود چنین ارگانیزم‌ها و ذراتی در آب زیرزمینی نشانگر اختلاط این منابع با آب سطحی و احتمال وجود عوامل بیماری زا در این آبها است، لزوم روشهایی جهت پایش آبهای زیرزمینی از این نظر احساس می شود. در این مقاله مطالعات انجام شده در این مورد، بررسی شده است.

واژه های کلیدی: آب زیرزمینی، جلبک، آلودگی

مقدمه

فقط بخش کوچکی (۴/۹ درصد) از آب سطح زمین شیرین و مناسب برای مصرف انسان است. بقیه (۹۵/۱ درصد) در اقیانوسها، دریاها، کلاهکهای یخی و یخچالها و یا در عمق بسیار زیادی از زمین قرار دارند. از ۴/۹ درصد آب شیرین در حدود ۶۸ درصد آن آب زیر زمینی بوده و یک منبع مهم آب آشامیدنی برای بسیاری از مردم دنیا می باشد (۱). بطور مرسوم، مدیریت منابع آب بر روی منابع آب سطحی یا زیرزمینی که بعنوان منابعی با ماهیت و موجودیت جداگانه در نظر گرفته می شود، متمرکز شده است. با افزایش توسعه منابع آب و خاک مشخص گردیده که این توسعه بر روی مقدار و کیفیت هر کدام از این منابع تاثیر دارد. تقریباً همه اشکال آب سطحی (جویبارها، دریاچه ها، مخازن، و تالابها، خورها) با آبهای زیرزمینی تاثیر متقابل دارند. این تاثیرات متقابل به

اشکال مختلفی رخ می دهند. در بعضی موقعیت ها ، آبهای سطحی، آب و مواد محلول را از آبهای زیرزمینی دریافت کرده و در مواقع دیگر آبهای سطحی منبع تامین آب آبهای زیرزمینی هستند و باعث تغییر کیفیت آبهای زیرزمینی می شوند. بنابر این مدیریت موثر منابع آب و خاک نیازمند دانش کافی در مورد ارتباط بین آبهای زیر زمینی و سطحی است. درک تاثیرات متقابل آبهای زیر زمینی و سطحی برای مدیران و متخصصان آب لازم است. معمولا مدیریت یک جز از سیستم هیدرولوژیکی مانند یک جویبار یا یک سفره آبی، فقط به طور جزئی موثر است زیرا هر جزء هیدرولوژیکی دائما با اجزاء دیگر در ارتباط متقابل است(۲).

به طور معمول فرض می شود که آب زیرزمینی نیاز به تصفیه نداشته و جهت مصرف سالم است. اما زمانی که آب سطحی آلوده بخشی از منبع تغذیه آب چاهها باشد، نگرانی در مورد کیفیت آب زیر زمینی این چاهها موجب افزایش توجه به مقوله نیازمنابع آب زیرزمینی به فیلتراسیون یا تصفیه آب زیرزمینی ، شده است. اختلاط آب زیرزمینی و آب سطحی می تواند اثرات عمده ای بر محیط آبی داشته باشد. جریان بین آب سطحی و آب زیرزمینی، زیستگاه پویایی جهت موجودات آبی در نزدیک حدفاصل این دو ایجاد می کند. این ارگانیزم ها بخشی از زنجیره غذایی هستند که جوامع اکولوژیکی گوناگونی را پدید می آورند . مطالعات نشان می دهد که این ارگانیزم ها ممکن است شاخص مهمی از کیفیت آب باشند و تغییرات مضر در محیط های آبی ایجاد کنند (۲). در ادامه در مورد اثرات متقابل آب زیرزمینی و آب سطحی ، آلودگی آبهای زیرزمینی در نتیجه این اثرات همچنین تحقیقات و مطالعات انجام شده در مورد علل وجود عوامل بیولوژیکی در آبهای زیرزمینی بطور خلاصه آورده شده است.

اثرات متقابل آب زیرزمینی و آب سطحی

در همه جا جویبارها با آبهای زیرزمینی دارای اثرات متقابل هستند. این اثرات به روش های زیر اتفاق می افتند(۲). تحت شرایط معین ، آب ممکن است از رودخانه به درون زمین جریان یابد و نتیجتا چنین رودخانه

هایی ممکن است آب خود را به سفره داده و یا مجدداً از آن دریافت کند (۱، ۲، ۳). رودخانه ای که آب از سفره دریافت می کند رودخانه زاینده^۱ نامیده می شود .

برای آنکه رودخانه ای در تمام عرض سال جریان داشته باشد (حتی در دوره های طولانی بدون بارندگی) آب باید از منبعی بجز رواناب سطحی و جریان درونی سرچشمه بگیرد. این آب که باعث ابقا رودخانه در تمام فصل خشک می گردد، (اگرچه در زمان های دیگر کمتر بارز می باشد) جریان پایه^۲ نامیده می شود. جریان پایه می تواند توسط تخلیه آب زیرزمینی از سفره ، از ذخیره آب سطحی و یا از ذوب یخ یا برفی که در بیشتر عرض سال موجود است ، ایجاد گردد(۱). ممکن است شرایط به طریقی باشد که رودخانه از درون مواد نفوذپذیر جریان یابدولی بستر رودخانه بالاتر از سطح تراز آب زیرزمینی باشد. در چنین موردی آب از رودخانه به سفره جریان می یابد. در این حالت رودخانه زه سان^۳ نامیده می شود. امکان دارد رودخانه در بخشی از طول خود به صورت زاینده و در بخش دیگر زه سان باشد و یا همچنان که سطح آب زیرزمینی بالا و پایین می رود ، در برخی از مواقع به صورت زاینده و در برخی دیگر به صورت زه سان باشد (۱و۳). یکی از اثرات احتمالی خشکسالی آن است که نزول ذخیره آب زیرزمینی در سفره های آزاد می تواند منجر به پایین رفتن سطح تراز آب زیرزمینی به زیر بستر رودخانه گردد و رودخانه ای را که در حالت عادی به صورت زاینده است ، تبدیل به رودخانه زه سان کند(۱). به طور کلی در ایران رودخانه ها در کوهستان از آب زیر زمینی تغذیه و در دشتهای به عنوان تغذیه کننده آب زیر زمینی هستند(۳).

آلودگی آبهای زیرزمینی

اصطلاح آب زیرزمینی شامل آبی است که در زیر سطح زمین قرار داشته و یک سازند زمین شناسی را اشباع می کند (۴). منابع اصلی که مخازن زیرزمینی از آنها به طور طبیعی تغذیه می گردند شامل : نزولات جوی ، رودخانه ها ، دریاچه ها و سد ها ، آب زاید کشاورزی و تراوش نهر ها می باشد (۵) . نظریه قدیمی که تمام

Gaining stream-¹
Baseflow-²
Losing stream-³

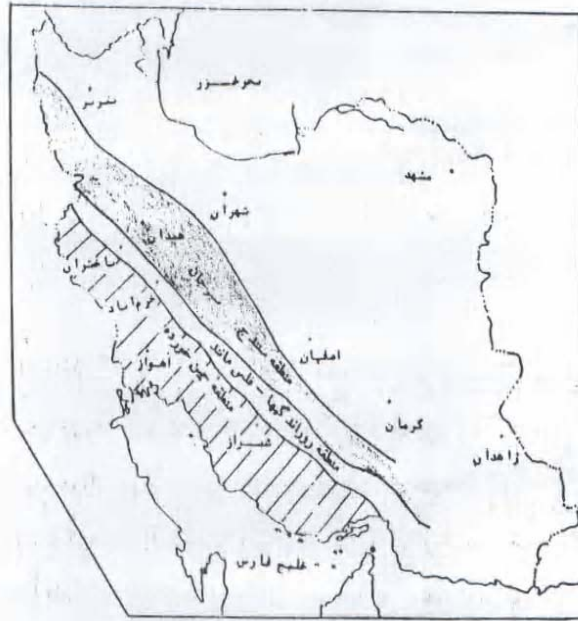
منابع آب زیرزمینی عاری از عوامل بیماری زا هستند از این نکته سرچشمه می گیرد که خاک، فیلتر موثری برای حذف میکروارگانسیم ها و دیگر ذرات بالنسبه بزرگ در نتیجه عمل صاف سازی است(۶). بطور معمول در مقایسه با آبهای سطحی ، آبهای زیرزمینی را به عنوان منابعی که کمتر در معرض خطرات ناشی از فعالیت های انسانی است، در نظر می گیرند. این امر به خاطر نقش حفاظتی و فیلتر کننده بخش سطحی خاک می باشد(۷). آلودگی آب ناشی از منابع نقطه ای و غیر نقطه ای است. تعیین منابع غیر نقطه ای آلودگی به آسانی امکان پذیر نیست. سیلاب های شهری در این دسته قرار می گیرند. آلودگی غیر نقطه ای ممکن است شامل نمک ، رسوب، مواد مغذی ، آفت کشها ، عوامل بیماری زا و مواد شیمیایی باشد. مدیریت کیفیت آب به طور فزاینده نگران آلودگی حاصل از منابع غیر نقطه ای بوده است زیرا رد یابی و کنترل این منابع مشکل است (۸).

چاهها می توانند از طریق منابع سطحی تغذیه شوند و امکان حذف و غیر فعال شدن ناکافی پاتوژنها از طریق فرایند های زیرسطحی وجود دارد. آبهای زیرزمینی ممکن است نسبت به آلودگی به کریپتوسپوردیوم پاروم^۴، کریپتوسپوردیوم هومینیس^۵، ژیا ردیا لامبلیا^۶ و ویروسهای ناشی از سپتیک تانک ها ، تجهیزات تصفیه فاضلاب که بطور مستقیم یا غیر مستقیم به آبهای سطحی تخلیه شده و امکان رسیدن به چاهها وجود دارد ، آسیب پذیر باشند. آزمایش های روزانه آبهای زیر زمینی شامل اندازه گیری این عوامل بیماری زا نمی شوند بنابراین اثرات و ارتباط متقابل منابع سطحی و زیرزمینی قابل ارزیابی نخواهد بود و آسیب پذیری این منابع می تواند برای مصرف کننده ایجاد خطر بهداشتی نماید. یکی از مکان های حساس که در آنها احتمال اثر آبهای سطحی است سفره های کارستی می باشد(۹). در این سفره ها به خاطر وجود لایه نازک یا عدم وجود خاک ، رستنیها و یا رسوبات ، آب نفوذی سریعاً جریان یافته و در یک منطقه وسیع پخش می گردد و امکان حذف و یا غیر فعال شدن کافی پاتوژنها وجود ندارد. (۵) . ۱۱در صد خشکی های ایران از کارست تشکیل شده است. عمده این مناطق کارستی در کوه زاگرس که در حدود ۱۲۰۰ کیلو متر در کناره غربی و جنوبی ایران امتداد دارد، واقع است (شکل ۳) (۱۰).

Cryptosporidium parvuam-⁴
Cryptosporidium hominis -⁵
Giardia lambelia-⁶

سفره های کارستی منبع عمده آب در بسیاری از مناطق بعضی از کشورها است (۱۱) در ایران، از مریوان، پاپوه، سرپل زهاب، کرمانشاه، نهاوند، خرم آباد و اصفهان تا شیراز این سازند های کربناته فلهلیان سروک، ایلام، تله زنگ، شهبازان، آسماری و جهرم هستند که ابتدا تحت تاثیر تکتونیک و سپس پدیده انحلال، کارستیفیه شده اند. این مجموعه سازند های آهکی به عنوان یک سفره آب کارستی عظیم ترین منبع تامین آب های سطحی و تغذیه رودخانه های غرب ایران را نظیر سمیره، قره سو، گاماسیاب، زاینده رود و بخش اعظم کارون را فراهم کرده است. همین سفره آب بعلت پایین افتادن محور زاگرس و حضور سری های زمین شناسی جوان تر در جنوب غربی ایران به عنوان منبع زیرزمینی کارستی یا سازند های سخت در شهرهایی چون نی ریز، فیروز آباد، شیراز، فسا، جهرم، و مورد بهره برداری قرار می گیرد (۱۲).

آب مورد نیاز بیشتر سکنه مناطق کارستی از سفره های کارستی تامین می شود. سفره های کارستی ویژگی های هیدرولیکی و هیدرو ژئولوژیکی خاصی دارند که آنها را نسبت به آلودگی حاصل از فعالیتهای انسانی بسیار آسیب پذیر می کند (۱۱). آسیب پذیری مناطق کارستی به خاطر اینکه میزان نفوذ و شرایط انتقال آب در زیر زمین به طور محلی خیلی متغیر بوده بسیار ناهمگن است. در این سفره ها به خاطر وجود لایه نازک یا عدم وجود خاک، رستنیها و/یا رسوبات، آب نفوذی سریعاً جریان یافته



شکل ۳: مناطق کارستی ایران (۱۲)

و در یک منطقه وسیع پخش می گردد . با ورود آلودگی به سفره آب ، صدمه و آسیب وارده به سفره ممکن است برای مدت زمان طولانی ادامه داشته باشد (۵) .

بعضی ارگانیسیم ها فقط در آبهای سطحی وجود دارند و وجود این ارگانیسیم ها در منابع آب زیرزمینی نشان دهنده اختلاط این منابع با منابع سطحی است. این ارگانیسیم ها شامل جلبک ها از جمله دیاتومه ها ، روتیفرها ، باقی مانده های گیاهی حاوی کلروفیل ، حشرات/لارو ها ، کوکسیدیاها و کیست ژیا ردیا است (۱۳) . با توجه به اینکه جلبک ها از جمله دیاتومه ها برای انجام متابولیسم خود نیاز به نور خورشید دارند وجود این عوامل در منابع آب زیرزمینی نشان دهنده این است که این منابع تحت تاثیر آبهای سطحی بوده اند (۱۴) . اثر مستقیم آب سطحی به این معنی است که احتمال انتقال ارگانیسیم های بیماری زا (ژیا ردیا لامبلیا و کریپتوسپوریدیوم) از آب سطحی به آب زیرزمینی وجود دارد (۱۵) .

منابع آب زیرزمینی مشکوک به تحت تاثیر مستقیم آب سطحی ممکن است منابع آبی باشند که خوب آب بندی نشده اند (مثل چاههای با لوله جدار ترک دار)، سیستم هایی که از منابع آب سطحی مجاور تغذیه می شوند و غیره. و این همه موارد نیست (۱۴).

از طرفی منابع آب زیرزمینی تحت اثر مستقیم منابع آب سطحی موجب نگرانی در کشور هایی شده است که رشد روزافزون جمعیت موجب برداشت فزاینده آب از منابع آب زیرزمینی و فشار هیدرولیکی به آب های سطحی مجاور آنها شده است در تحت چنین شرایطی آلاینده هایی مثل MTBE⁷ و مواد بیولوژیکی در چاههای آب مشاهده می شود (۱۶). اکولوژیستهای آب زیرزمینی جهت فهم عوامل بیولوژیکی موجود در منطقه غیراشباع و توسعه رد یابهای بیولوژیکی نشان دهنده اثرات متقابل آب زیر زمینی و آب سطحی، تلاش زیادی کرده اند. اگرچه در بسیاری از مطالعات حضور عوامل بیولوژیکی در نمونه های آب زیرزمینی نشان داده شده است اما در تعداد کمی از این مطالعات عوامل جلبکی مورد بررسی قرار گرفته است (۷).

آلودگی را می توان هم از طرق شیمیایی و هم بیولوژیکی اندازه گیری کرد (۸) در روش های بیولوژیک از عوامل بیولوژیکی خاصی جهت تعیین کیفیت منابع آب زیر زمینی استفاده می شود. جلبک ها، روتیفرها و غیره از این جمله هستند.

واسکونسلسوس^۸ و هریس^۹ از دیاتومه ها و دیگر ارگانیزمها ی میکروسکوپی به عنوان شاخصهای ارتباط آب سطحی و زیر زمینی در روش خود (MPA^{۱۰}) استفاده کردند. در این آزمایش از وجود عوامل بیولوژیکی خاص (شامل دیاتومه ها، جلبک های دیگر، حشرات / لارو، روتیفرها، باقیمانده های گیاهی، ژیرادیا و کوکسیدیا) برای تعیین کیفیت آب زیرزمینی استفاده می شود (۱۴). برطبق این روش (۱۴):

Methyl- Tert Butyl Ether-⁷

Vasconcelos-⁸

Harris-⁹

Microscopic Particulate Analysis-¹⁰

۱- تشخیص کیست های ژیا ردیا ، کوکسیدیا و کرم ها در هر غلظتی **نشانه قطعی** از آب زیرزمینی تحت اثر مستقیم منابع آب سطحی در نظر گرفته می شود.

۲- حضور مکرر مقادیر قابل توجهی از دیاتومه های زنده (نه پوسته خالی دیاتومه) و جلبک های دیگر دارای کلروفیل به عنوان **نشانه قوی** از آب زیرزمینی تحت اثر مستقیم منابع آب سطحی در نظر گرفته می شود.

از این روش در مناطق مختلفی برای بررسی منابع آب زیرزمینی تحت تاثیر آب سطحی استفاده شده است. ۷۱۹ چاه در فلوریدا از نظر وجود این عوامل (شامل دیاتومه ها، جلبک های دیگر ، حشرات / لارو ، روتیفرها، باقیمانده های گیاهی ، ژیا ردیا و کوکسیدیا) مورد آزمایش MPA قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که زمین شناسی کارست ، کاربری زمین و هیدروژئولوژی منطقه بر ریسک آلودگی آب زیرزمینی تاثیر دارد (۱۷). در مطالعه دیگری ۶۲ چاه مورد استفاده برای تامین آب در ۷ شهر در ایالت فلوریدا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که مناطق کارستی در مقایسه با زمین های ماسه ای ریسک خطر بالاتری دارند. همچنین چاههای قدیمی تر ریسک خطر بالاتری نشان دادند (۱۸).

علاوه بر عوامل بیولوژیکی فوق الذکر از عوامل دیگری برای بررسی آسیب پذیری منابع آب زیرزمینی نسبت به آب سطحی استفاده شده است. به عنوان مثال در سال ۲۰۰۱ برای بررسی اثر پساب تصفیه خانه شهر اسپوکان^{۱۱} از عوامل بیولوژیکی خاص استفاده شد این عوامل شامل دیاتومه ها، جلبک های دیگر ، حشرات / لارو ، روتیفر ها، باقیمانده های گیاهی ، باقیمانده های بی شکل بزرگ ، باقیمانده های بی شکل کوچک ، مواد معدنی ، گرده های گیاهی ، نماد ها ، آمیب ها ، سیلیاته ها ، و فلاژله ها بود (۱۹). بعضی محققین حضور اندیکاتور های بیولوژیکی ثانویه مانند کروسستاسه^{۱۲} ها و سیلیاته ها^{۱۳} را به عنوان نشانگر های آب سطحی در نظر می گیرند بهر حال این دو می توانند به صورت زنده در خاک پیدا شوند. دیگر محققین در بررسی آب زیرزمینی تحت تاثیر آب سطحی ، حضور تعداد زیادی از آمیب های آزاد زی و کیست های آمیبی را به عنوان پارامتر

Spokane-¹¹
Crustacea-¹²
Ciliates-¹³

مهمی در نظر می گیرند (۱۴) . یکی از عوامل بیولوژیکی دیگر روتیفر ها می باشند که در تعیین شاخص MPA نقش دارند (۱۴) . از روتیفر ها جهت پایش آلودگی یا به صورت گونه های بیواندیکاتور و یا به عنوان بخشی از سیستم ارزیابی ساپروبی نیز استفاده شده است. استفاده از روتیفر ها بصورت بیواندیکاتور بر این مبنا است که فهرستی از گونه های شناخته شده به عنوان شاخص آلودگی در نظر گرفته می شوند . در سیستم ساپروبی مجموعه ای از عوامل و مشخصات غیر زیستی و زیستی در یک متغیر که سطح نسبی اوتروفیکاسیون یک سیستم را شرح می دهد، تجمع یافته اند(۲۰). مطالعاتی جهت جایگزینی روشی ساده تر به جای روش واسکونسلوس و هریس انجام شده است. در یکی از این بررسی ها مولتون –هان کوک^{۱۴} و همکاران بر روی ۳۸۳ نمونه از ۱۶۶ محل آزمایش MPA انجام دادند (۲۱) و نتیجه گرفتند که دیاتومه ها، جلبک های دیگر ، حشرات / لارو ، روتیفر ها، باقیمانده های گیاهی نیز نشان دهنده احتمال خطر آلودگی منابع آب زیرزمینی با ژیا ردیا و کریپتوسپوردیوم هستند و می توان از این عوامل به تنهایی به عنوان شاخص استفاده کرد. همچنین در این مطالعه مشخص شد که از دیاتومه ها ، وجود ناویکولا^{۱۵} و سیندرا^{۱۶}، همبستگی بیشتری با ژیا ردیا و کریپتوسپوردیوم دارد بطوری که حضور آنها نشان دهنده حضور ژیا ردیا و کریپتوسپوردیوم است. در مطالعات دیگر بر روی آبهای زیر زمینی وجود دیاتومه ها در چاهها درنبرسکا^{۱۷} و حضور همزمان آنها با ژیا ردیا و کریپتوسپردیم در لاولند^{۱۸} در کلرادو^{۱۹} گزارش شده است(۷). دیاتومه ها نیازمند نور برای بقا می باشند حضور آنها در آبهای زیرزمینی نشانگر ارتباط بین آب زیر زمینی و آب سطحی می باشد که قادر است به سرعت ذرات با اندازه دیاتومه را انتقال دهد. در مطالعه انجام شده بر روی چاههای حاشیه دریاچه در نیوجرسی^{۲۰} شمالی از دیاتومه ها جهت بررسی اثر آبهای سطحی بر آبهای زیرزمینی استفاده شده است(۷). اریکسون^{۲۱} در مطالعه و

-
- Moulton- Hancock- 14
navicula- 15
synedra- 16
Nebraska - 17
Loveland- 18
Colorado- 19
New Jersey- 20
Erickson- 21

ارزیابی منابع آب زیرزمینی اسمیت پرایری²² از وجود دیاتومه ها و جلبک ها، پی به ارتباط مستقیم منابع آب زیرزمینی با آب سطحی برد. در منطقه مورد مطالعه هیچ منبع آب سطحی در نزدیکی چاهها وجود نداشت. نفوذ سیلاب ها و بارشها از طریق شکاف ها و ترک های موجود در زمین علت احتمالی آلودگی در نظر گرفته شد (۲۲).

نتیجه گیری کلی

جلبک ها بطور معمول در آبهای سطحی یافت می شوند و به خاطر نیاز به نور در آبهای زیرزمینی وجود ندارند. در آب های زیرزمینی به طور طبیعی نباید نور وجود داشته باشد اما نور کافی می تواند از طریق لوله های جداری معیوب، ترک ها و شکاف های موجود در زمین به خاطر بافت زمین شناسی خاص منطقه یا از طریق آب بندی ناکافی سر چاه وارد چاه گردد. به خاطر اینکه جلبک ها نیازمند نور برای بقا می باشند حضور آنها در آبهای زیرزمینی نشانگر ارتباط بین آب زیر زمینی و آب سطحی می باشد که قادر است به سرعت، ذرات (دیاتومه ها و جلبک ها) را انتقال دهد. جهت انتقال ذرات، احتیاج به منافذ بزرگی است. مشاهده دیاتومه ها ی زنده و جلبک ها نشان می دهد که چاهها دارای یک ارتباط تقریباً مستقیم با آب سطحی می باشند. ممکن است در منطقه هیچ منبع آب سطحی در حوالی چاهها وجود نداشته باشد اما آب سطحی می تواند تجمع آب موجود در گودال ها و محل های کوچک باشد که ناشی از بارندگی و سیلابها است. بنابراین منبع احتمالی تغذیه چاهها، نفوذ بارشها و سیلابها از طریق شکافها و ترک های موجود در زمین است که با توجه به ژئومورفولوژی بعضی از مناطق، جویبار های سطحی بعد و در حین بارندگی و یا ذوب برف احتمالاً مسیر هیدروژئولوژیک بالقوه می باشد. منبع احتمالی آلودگی سیلاب نفوذی است اما محل خاصی که نفوذ انجام می شود و منبع سیلاب باید تعیین شود. ممکن است چاهها در مناطق مسکونی باشند اما بر مبنای مطالعات Erickson بعید است که منشا جلبک ها و دیاتومه ها از پساب سپتیک تانک ها و چاههای جذبی باشد. بنابراین حضور دیاتومه ها و دیگر عوامل بیولوژیکی در چاهها نشان دهنده این است که این منابع آب بطور مستقیم یا غیر مستقیم در مقابل

Smith Prairie- 22

جریانهای سطحی در اطراف چاه آسیب پذیر هستند. به عبارت دیگر این چاهها تحت تاثیر مستقیم آب سطحی هستند. اثر مستقیم آب سطحی به این معنی است که موجب ریسک انتقال ارگانیزم های بیماری زا (ژیاردیا لامبلیا و کریپتوسپوریدیوم) از آب سطحی به آب زیرزمینی می شوند. منابع آب زیرزمینی مشکوک به تحت تاثیر مستقیم آب سطحی ممکن است منابع آبی باشند که خوب آب بندی نشده اند (مثل چاههای با لوله جدار ترک دار)، سیستم هایی که از منابع آب سطحی مجاور و منابع آشکار سطحی مثل رودها و جویبارها تغذیه می شوند و این همه موارد نیست. چاههایی که در مسافت های زیادی دور از منابع آب سطحی هستند نیز می توانند بوسیله سیلاب های سطحی تحت تاثیر قرار گیرند و این بخاطر شرایط ژئوهیدرولوژیکی است که آب را سریعاً از سطح زمین به چاه انتقال می دهد. چاه های حفر شده در سفره های کارستی می توانند از طریق شبکه ای از درزها و شکاف ها به یک جریان آب سطحی متصل گشته و به طرق و میزانهای مختلفی تغذیه شوند. این امر می تواند موجب آسیب پذیری چاهها در هنگام برداشت آب از چاه گردد. بنا بر این آلودگی مستقیم چاهها احتمالاً از طریق لوله جدار نامناسب چاهها و در مواقع بارندگی می باشد.

منابع:

۱- پرایس، م. ۱۳۷۰. شناخت آبهای زیرزمینی. ترجمه منوچهر چیت سازان ، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۲۷۵

2-Winter,T.C.,Harvey,J. W.,Frank,O.L.,Alley,W.M. 1998.**Groundwater and surface water : A single resource.U.S.** Geological survey Circular 1139,79pp

URL: <http://www.usgs.gov>

۳-خوردندی آقایی ،ا. ۱۳۷۸. اصول هیدروژئولوژی کاربردی. انتشارات دانشکده صنعت آب و برق(شهید عباسپور)، ۱۴۵

4- Eckstein,G.2006.**A hydrogeological perspective of the status of groundwater under the UN watercourse convention.** URL: www.paners.ssrn.com

5- Ford, D. C., Williams, P.W.1989.Karst geomorphology and hydrology . Unwin Hyman Ltd.London.127-140

6-Bourcier,d.r.,Hinden,e.1979. **Lead, iron,chromium and zink in road runoff at Pullman,Washington.Science of the total environment ,** Vol.12,pp.205-15

7- Reilly,T. J.,Reinfelder,J.R.,Baehr,A.L.,Walker,C.E.2006.**Occurrence of diatoms in lakeside wells in New Jersey as an indicator of the effect of surface water on groundwater quality.**13 pp. URL: <http://www.usgs.gov>

8- John,j. 2000.**Diatom prediction & classification system for urban stream.A** model from Perth western Australia.URL: www.lwrrdc.gov.au

۹- غفوری، م. و مرتضوی، ر. ۱۳۶۷. آب شناسی. انتشارات دانشگاه تهران، ص ۲۲۶.

10- Heydari,H. 2007.**Karst landscape and Paleolithic settlement in Zagros Mountains of Iran.**Geophysical Research Abstract ,Vol,9,10204.

11- Kacaroglu, F. 1999. **Review of groundwater pollution and protection in karst areas Water ,air and soil pollution ,**vol.113,n 1-4 ,pp.337-356,Abs.

۱۲- ترابی تهرانی ،پ. ۱۳۷۹. هیدرولوژی زیرزمینی. انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، ص ۳۲۳-۳۲۵.

۱۳- غلامی، م. و محمدی، ح. ۱۳۷۸. میکروبیولوژی آب و فاضلاب. موسسه فرهنگی انتشاراتی حیان. ۲۱۳

- 14- U.S. EPA 910/9-92-029. 1992.**Consensus method for determining groundwater under the direct influence of surface water using microscopic particulate analysis(MPA)**,53pp.
- 15- Montana Department of Environmental Quality.2002.PWS-5 **Groundwater under the direct influence of surface water (GWUDISW)**.
URL:<http://deq.state.mt.us/wqinfo/pws/docs/pws5.pdf>
- 16- Walker, C. E., Schrock, R. M.,Reilly,T.J.,Baehr,A. L. 2005.**A direct immunoassay for detecting diatoms in groundwater as an indicator of the direct influence of surface water**. J.Applied Phycology,vol.17,no.1,Abs.
- 17-Nnadi,F.N.,Fulkerson,M. 2002.**Assessment of groundwater under direct influence of surface water**.J. Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Eng,37(7):1209-22,Abs.
- 18- Nnadi,F.N.,Sharek,R.C. 1999.**Factors influencing groundwater sources under the direct influence of surface waters**. J. Environ Sci Health,PartA Environ.sci.eng.,vol.34,n^o1,pp.201-215,Abs.
- 19-HDR Engineering ,Inc.2002.**Potential impact of Spokane county wastewater treatment plant discharge on city of Spokane well water quality**.
URL:www.spokanecounty.org/utilities/wwfp/finalrisk.pdf
- 20- Wallace,R.L. 2002.**Rotifer:exquisite metazoan.**,Integ. and Comp. Biol., 42:660-667
- 21- Moulton-Hancock,C., Rose,J.B., Vasconcelos,G.L., Harris, S.I., Klonicki, P.T., Sturbaum, G,D. 2000.**Giardia and Cryptosporidium occurrence in groundwater**, J. of the American Water Work Association.V.92,P.117-123
- 22- Erickson,D.R. 2000.**Smith Prairie groundwater quality assessment**.
URL:<http://www.ecy.wa.gov/biblio/0003043.html>