



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

1247P-NWWCE

## بررسی نقش انسداد شیمیایی در کاهش آبدهی چاه‌های آب شرب به‌عنوان یک عامل

### آسیب‌رسان بر منابع آبی

#### (مطالعه موردی چاه آب شرب روستای شهر آباد شهرستان رباط کریم)

مجتبی صیادی<sup>۱</sup>، پگاه محمدپور<sup>۲\*</sup>، رضا پوررجب<sup>۳</sup>، مهنازشعبانی مطلق<sup>۴</sup>

۱- کارشناس ارشد زمین‌شناسی، کارشناس ارشد نظارت بر طرح‌های آب‌فاز تهران

۲- دانشجوی دکتری تخصصی مدیریت محیط زیست، کارشناس ارشد HSE آب‌فاز تهران

۳- ریس هیئت‌مدیره و مدیرعامل شرکت آب و فاضلاب روستایی استان تهران

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب

\*environment.pm@gmail.com

#### خلاصه

کاهش آبدهی چاه‌ها می‌تواند به دلایل مختلفی صورت پذیرد که به‌صورت کلی سه دلیل وضعیت ساختار زمین‌شناسی، وضعیت تغییرات هیدروژئولوژی و تغییرات دگرسانی در لوله‌های جدار چاهی از مهم‌ترین دلایل آن می‌باشد. خارج شدن یک چاه از مدار بهره‌برداری به دلیل کاهش آبدهی علاوه بر اتلاف هزینه‌ها می‌تواند سلامت و بهداشت مردم و بهره‌برداران را به مخاطره انداخته و باعث ایجاد لطمات و آسیب‌های جبران‌ناپذیری به لحاظ کمی و کیفی بر منابع آب شرب گردد. در این رهگذر ضروری است در ابتدا عواملی که موجب رخداد افت شبکه می‌باشند مورد شناسایی قرار گرفته و نقش آن‌ها در ایجاد پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. که مهم‌ترین آن‌ها انسدادهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی می‌باشند، در این راستا نتایج حاصل از پژوهش مذکور از منظر خوردگی و رسوب‌گذاری در چاه هدف نشانگر آن است که براساس نتایج حاصله از اندیس‌های رایزنرولانزلیه این چاه در دامنه خوردگی قرار دارد، همچنین نتایج حاصل از آنالیزهای هیدروشیمیایی چاه از یک سو و آنالیزهای ژئوشیمیایی حاصل از رسوبات خارج شده از چاه مذکور به روش XRD از سوی دیگر نشان داد که انسداد مشبک‌های لوله جدار چاه می‌تواند به دلیل تأثیر بافت سازندهای زمین‌شناسی و تشکیل رسوبات گوئیت باشد. درنهایت می‌توان نتیجه گرفت که انسدادهای شیمیایی در یک چاه علاوه بر افت کمی می‌تواند در تغییرات کیفی منابع آبی بسیار اثرگذار باشد. لذا شناخت آن‌ها می‌تواند علاوه بر انتخاب نواحی بهینه جهت حفر چاه و ارائه راهکارهای پیشنهادی مناسب در جهت بازیابی و احیا چاه‌ها بسیار مؤثر باشد.

**کلمات کلیدی:** چاه، انسداد شیمیایی، مشبک‌های لوله جدار، ساختار زمین‌شناسی، گوئیت

#### ۱. مقدمه

تأمین آب سالم و بهداشتی به لحاظ کمی و کیفی با توجه به محدودیت زمانی و مکانی بارش در کشور ما به‌عنوان یکی از چالش‌های مهم در زمینه‌ی توسعه پایدار در کشور ما محسوب می‌شود. از این رو تمام تلاش‌های لازم به لحاظ مطالعاتی، پژوهشی و اجرایی در جهت استفاده بهینه و مناسب از منابع آب زیرزمینی باید در برنامه‌ریزی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت مدنظر دست‌اندرکاران و متولیان امر قرار گیرد و هر عاملی که به لحاظ کمی و کیفی در بهره‌برداری از این منابع مانع شود با حساسیت مورد توجه و بررسی قرار گیرد. از دلایل عمده کاهش آبدهی چاه می‌توان به کاهش سطح آب زیرزمینی در آبخوان، رسوب مواد محلول در آب در بخش فیلتر شنی (گراول پک) و انسداد شبکه‌های لوله جدار و نهایتاً ماسه دهی و فرسوده‌شدن تجهیزات چاه اشاره کرد (دستورالعمل احیا، توسعه و بهسازی چاه‌های آب (کشاورزی و شرب)، ۱۳۹۲). برای شناسایی و تشخیص مشکلات چاه، بدست آوردن فاکتورهایی مانند کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، قلیات کل، سختی کل، اسیدیته، دما، سولفات، فسفات و سیلکات و آزمون باکتریای وجود یا عدم وجود باکتری‌های مرتبط با آهن و سولفور و همچنین ویدیومتری چاه، کمک قابل توجهی در شناسایی مشکلات چاه می‌کند [1].

## کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

تغییر در درجه حرارت و فشار گاز دی‌اکسید کربن محلول در آب باعث می‌شود برخی ترکیبات شیمیایی محلول مثل بی‌کربنات کلسیم  $[Ca(HCO_3)_2]$  و بی‌کربنات آهن  $[Fe(HCO_3)_2]$  به مواد نامحلول مثل کربنات کلسیم  $(CaCO_3)$  و کربنات آهن  $FeCO_3$  تبدیل شده و به صورت پسته‌ای بر روی لوله جدار، شبکه‌ها (اسکرین‌ها) و گراول‌های پشت لوله جدار رسوب می‌کنند و نتیجتاً باعث کاهش آبدهی چاه می‌شوند. ترکیبات آهن در اکثر چاه‌های آب با غلظت‌هایی متفاوت یافت می‌شود. با افزایش میزان غلظت این ترکیبات امکان تشکیل رسوب نیز بیشتر می‌شود. رسوب آهن چنانچه به دلایلی از محل رسوب کرده جدا شود، به نوعی در تغییر رنگ آب مؤثر است به طوری که رنگ آب را به سمت قهوه‌ای تا قرمز تغییر می‌دهد. عامل دیگری که باعث انسداد چاه‌های آب شرب می‌شود پدیده خوردگی می‌باشد. خوردگی عبارت است از انحلال فلزات و سایر تجهیزات چاه‌ها که این مسئله را خوردگی، پوسیدگی و یا فرسودگی می‌نامند. بیشتر خوردگی‌ها وقتی آغاز می‌شود که یک سلول الکتروشیمیایی یا پیل الکتریکی در اطراف چاه تشکیل شود. وقتی دو فلز مختلف در چاه وجود داشته باشد، یکی از آن‌ها آند و دیگری کاتد می‌شود و یک سلول الکتروشیمیایی شکل می‌گیرد. فعالیت این سلول تحت تأثیر میزان کل مواد محلول (TDS) آب قرار می‌گیرد. مقدار TDS روی سرعت انتقال الکتریسته اثر می‌گذارد. مواد دیگری نیز وجود دارند که باعث تشکیل سلول الکتروشیمیایی می‌شوند. برای مثال وجود  $H_2S$  (سولفید هیدروژن)، کلرورها، سولفات‌ها، نیترات‌ها، بی‌کربنات‌ها، دی‌اکسید کربن و اکسیژن سبب شدت خوردگی آب می‌شوند. کلیه یون‌های موجود در آب به علت آن که در میزان هدایت الکتریکی آب مؤثرند، واکنش‌های شیمیایی را تحت تأثیر قرار می‌دهند و ممکن است سبب رسوبگذاری و یا حل آن‌ها شود که خود بر عمل خوردگی تأثیر می‌گذارد. برخی از فعالیت‌های شیمیایی در آب مثل ترکیب یون هیدروکسید  $(OH^-)$  با آهن دو ظرفیتی  $(Fe^{++})$  تشکیل هیدروکسید فرو یا  $Fe(OH)_2$  می‌دهد که در صورت وجود اکسیژن محلول در آب این ماده به صورت هیدروکسید فیریک  $Fe(OH)_3$  ظاهر می‌شود که غیر محلول است و در آب رسوب می‌کند. رسوبات به وجود آمده در برخی حالات باعث جلوگیری از خوردگی تجهیزات چاه می‌شوند. لازم به ذکر است که خوردگی فیزیکی ناشی از مکش پمپ و حرکت مواد ریزدانه به داخل چاه، به نوعی در تشدید و افزایش خوردگی شیمیایی چاه‌ها تأثیرگذار می‌باشد [2].

آنالیز کانی شناسی و ژئوشیمی پسته‌ها ی تشکیل شده بر جداره ی چاه، وسیله و روش بسیار مفیدی برای شناسایی فرایند و طراحی موفقیت آمیز و ترمیم و بازسازی چاه‌ها می‌باشد. معمول ترین کانی در پسته قدیمی گل رس، گوتیت  $(FeOOH)$  می‌باشد (تولا و همکاران، ۱۹۹۲). بیشترین نوع اکسید آهن طبیعی بلوری، هماتیت  $(Fe_2O_3)$  می‌باشد که بوسیله انواع تیب گل رس قرمز یا رنگ متمایل به قهوه ای قابل شناخت هستند. گاه‌ها کانی های قوی مغناطیسی  $(Fe_2O_3)$  در قشر پسته چاه ها یافت می‌شود. رس آهن دار پسته می‌تواند دارای کانی‌هایی از انواع آمورف (بی شکل) و بلورین باشد. زمانی که تبلور مجدد در درجه حرارت نسبتاً پایین می‌تواند صورت گیرد، برداشت نمونه باید با احتیاط انجام پذیرد. کانی مربوط به رس منگنز کمتر از رس آهنی شناخته شده می‌باشد. این امر در نتیجه تنوع زیاد ترکیب شیمیایی کانی‌ها می‌باشد [3,4].

خمیس آبادی و همکاران (۱۳۹۰) به ارزیابی کیفی آب زیرزمینی و نقش آن در ایجاد رسوب گذاری و خوردگی تاسیسات آب شرب در روستای گوی بلاغ شهرستان ملارد پرداخته اند. این تحقیق به صورت توصیفی مقطعی و با استفاده از اندیس رایزنر و اندیس اشباع و همچنین دیاگرام شولر با هدف تعیین پتانسیل خوردگی و رسوب گذاری آب آشامیدنی منطقه روستای گوی بلاغ واقع در قطعه چهار ملارد استان تهران انجام پذیرفته است. در این پژوهش، پارامترهای قلیانیت، سختی کلسیم، هدایت الکتریکی، دما و PH مورد آنالیز واقع شدند. نتایج حاصل از آزمایشات و محاسبات بیانگر این مطلب بودند که میانگین اندیس اشباع برابر ۰/۵۴ و میانگین اندیس رایزنر برابر ۷/۱۳ می‌باشد. با توجه به نتایج و یافته‌های به دست آمده، آب شرب منطقه مورد مطالعه رسوب گذار و کمی خورنده است که این عامل تحت تأثیر شرایط زمین شناسی و اقلیم منطقه می‌باشد و می‌بایست کنترل کیفیت آب بر اساس پارامترهای PH، قلیانیت، سختی و ... صورت پذیرد. در این راستا استفاده از مصالح و لوله‌های مقاوم در برابر خوردگی و استفاده از دستگاه های رسوب زا مورد توجه قرار می‌گیرد [5].

آذری و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی علل و انواع انسداد ها در مشیک های لوله جدار و راهکارهای باز یافت چاه ها پرداختند. در این تحقیق، پارامتر های کیفی تعدادی نمونه ی آب، در آزمایشگاه اندازه گیری شد. با تفسیر نتایج آنالیزهای شیمیایی آب چاه ها بر اساس استاندارد ۱۰۵۳، مشخص شد آب چاه ها حاوی سولفات زیادی است و همچنین چهار اندیس خوردگی نشان داد که آب چاه ها خصوصیت خوردندگی و رسوب گذاری دارند [6].



شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

## کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



نظر زاده و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی در مورد بهسازی چاه های آب با استفاده از روشهای پیشرفته مافوق فشار و مافوق صوت در شهر قم پرداخته اند. در این تحقیق ۲۱ حلقه چاه آب شرب قم به روشهای پیشرفته مافوق فشار و مافوق صوت مورد بهسازی قرار گرفته است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می دهد که پس از انجام بهسازی، علاوه بر افزایش آبدهی و حذف ماسه دهی چاه ها، میزان نترات و آلودگی کلیفرمی و هتروتروفی آب چاه، کاهش قابل ملاحظه داشته است [7].

بارانی و یزدان پناه (۱۳۹۰) به بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب مخازن چاه نیمه شهر زابل پرداختند. این تحقیق به صورت توصیفی - مقطعی به مدت یک سال در سه مخزن انجام گردید. برای نمونه برداری از هر مخزن ۳ ایستگاه در بخشهای ورودی، میانه و خروجی مخزن تعیین گردید. نمونه برداری از هر ایستگاه در چهار فصل سال ۱۳۹۰، هر فصل از سه عمق مختلف (۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتیمتری) صورت گرفت. در مجموع ۳۲۴ نمونه در چهار فصل از سه ایستگاه موجود در هر یک از سه مخزن از سه عمق و در سه تکرار برداشت شد. پس از انتقال نمونه ها به آزمایشگاه، پارامترهای کیفی آب شامل خصوصیات مختلف فیزیکی، شیمیایی و میکروبی (EC, pH, TDS, DO, TSS, کدورت، هدایت الکتریکی، سختی، نترات، نیتريت، فسفات، دما، کلیفرما، BOD و COD) اندازه گیری گردید. در نهایت، کیفیت آب با استفاده از برخی شاخصهای جهانی مورد بررسی قرار گرفت [8].

نتایج حاصله از نمونه برداری با استانداردهای ملی ایران، FAO، شاخص WQI و ویلکوکس بررسی و با توجه به دیدگاه های مختلف در مورد استفاده در بخش شرب و کشاورزی مقایسه شد. نتایج بررسی شاخص WQI نشان داد که برای سه مخزن ۱، ۲ و ۳ مقدار این شاخص به ترتیب برابر با ۵۴، ۵۹ و ۵۸ بود که از نظر کیفیت آب شرب در دامنه متوسط قرار میگیرد. همچنین بر مبنای شاخص ویلکوکس مشخص شد که کیفیت آب هر سه مخزن در کلاس ۱S<sub>2</sub>C تا ۱S<sub>3</sub>C قرار میگیرد. نتایج نشان داد که همه پارامترها غیر از pH، منیزیم، نترات، سدیم، BOD، COD و DO تغییرات معنی داری بین فصول مختلف ( $p < 0.05$ ) نشان دادند. همچنین اغلب پارامترهای مورد مطالعه هر سه مخزن در یک دامنه قرار داشت و از بین همه پارامترهای کیفی آب متوسط سالانه کلی فرم، سدیم، کدورت و TSS تفاوت معنی داری ( $p < 0.05$ ) بین سه مخزن داشتند. همچنین میانگین کلیفرمای گوارشی در مخزن ۲ بطور معنی داری بیشتر از دو مخزن دیگر بود که به آلودگی در مجاورت مخزن یاد شده مرتبط دانسته شد. بررسی نمودار ویلکوکس و نیز شاخص WQI نشان داد که هر سه مخزن از نظر مصرف کشاورزی و شرب در وضعیت متوسطی طبقه بندی می شوند.

جعفری و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی سلامت آب شرب شهر انزلی از نظر پتانسیل خوردگی و رسوبگذاری با استفاده از اندیس های خوردگی پرداختند. برای این تحقیق پارامترهای pH، درجه حرارت، سختی کلسیم، قلیایت کل و کل مواد جامد محلول اندازه گیری و بر اساس مقدار آن ها، چهار اندیس خوردگی شامل لائزلیه، رایزنر، تهاجمی و پوکوریوس تعیین شدند [9].

در نمونه های برداشت شده متوسط اندیس لائزلیه (۰/۸۹-)، رایزنر (۹/۲۹)، خوردگی (۱۲/۴) و پوکوریوس (۸/۸۲) بود. نتایج بدست آمده نشان می دهد که منابع آب شرب انزلی پتانسیل خوردگی داشته و خورنده هستند و می تواند سلامت مصرف کنندگان را در طولانی مدت تهدید کند.

رالف و استیونسون (۱۹۹۵) اثر لجن موجود در لوله های آبد مسدود شده روی درجه اکسیداسیون آهن محلول (Fe<sub>2</sub>) را مطالعه کردند. محلول (Fe<sub>2</sub>)، در دمای ۱۹°C تحت فشار جزئی اکسیژن در حدود ۱.۴٪ در غلظت اولیه ۱۵-۱۲ ppm ننگه داشته شد و کاهش غلظت (Fe<sub>2</sub>) مشاهده شد. محلول ها با اسید اتانولفونیک در pH از ۵.۸، ۶.۰، ۶.۳ و ۶.۵ بافر شده اند. نرخ اکسیداسیون آهن (II) در فلاسک های تلقیح شده با بیشترین افزایش مشاهده شده در PH ۵.۸، به طور قابل توجهی افزایش یافته بود [10].

## ۲. روش تحقیق

کلیه نمونه برداری های شیمیایی آب چاه شهرآباد با هماهنگی شرکت آب و فاضلاب روستایی استان تهران و شهرستان رباط کریم انجام و آزمایش رسوبات لوله جدار چاه ها توسط سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور و آزمایشات شیمیایی آب در آزمایشگاه شرکت آب و فاضلاب روستایی استان تهران و آزمایشگاه مرجع شرکت آب و فاضلاب تهران انجام شد. به منظور انجام آزمایش های شیمیایی، حجم نمونه گیری را حداقل ۱ لیتر می باشد. برای نمونه گیری ۲۴ ساعت چاه خاموش و ۱۰ دقیقه بعد از راه اندازی، نمونه لحظه ای می گیریم. پس از انجام آنالیزهای شیمیایی بر روی



## کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

نمونه‌های آب در منطقه مورد مطالعه، نتایج با استاندارد ملی ایران ۱۰۵۳ مورد مقایسه قرار گرفت.

جهت تشخیص نوع کانی رسوب ها و عناصر تشکیل دهنده آن ها آزمون XRF و XRD انجام گرفته و نتایج زمین شناسی که عناصر موجود در رسوبات را تعیین کرده با نتایج آزمایش های شیمیایی صورت گرفته بر روی آب مورد مقایسه قرار می دهیم.

همچنین برای محاسبه میزان خوردگی آب چاه به محاسبه اندیس رایزنر و لائزلیه با استفاده از فرمول های (۱) و (۲) پرداختیم.

$$(RI=2phs-ph) \quad (۱)$$

$$(SI=ph-phs) \quad (۲)$$

که در آن PH.PHS اشباع، RI اندیس رایزنر، SI اندیس لائزلیه می باشند.

### ۳. بحث و نتایج

در جدول (۱) نتایج بدست آمده از آنالیز کمی و تجزیه شیمیایی رسوبات لوله جدار چاه شهرآباد توسط آزمایش XRF، ارائه شده است. همانطور که مشاهده می شود میزان اکسید آهن ۷۰/۵ درصد است که مقدار قابل توجهی از عناصر تشکیل دهنده رسوب را شامل می شود.

جدول ۱- آنالیز کمی رسوبات لوله جدار چاه

Formula	(%)
SiO2	6.5
Al2O3	1.8
Fe2O3	70.5
FeO	1.22
CaO	1.1
MgO	0.4
Na2O	0.1
K2O	0.2
P2O5	<0.1
SO3	1.9
TiO2	<0.1
L.O.I.	16.8

نتیجه بدست آمده از آنالیز رسوبات لوله جدار چاه شهرآباد، توسط آزمایش XRD، جهت تشخیص نوع کانی تشکیل دهنده ی رسوبات، به شرح جدول (۲) می باشد. آنالیز کیفی رسوبات نشان می دهد کانی تشکیل دهنده رسوبات، گوئیت است.

جدول ۲- آنالیز کیفی رسوبات لوله جدار چاه (نوع کانی)

XRD RESULTS
GOETHITE



## کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

شرکت مهندسی آب و فاضلاب کوز

در جدول (۳) میزان برخی عناصر شیمیایی آب چاه شهرآباد آمده است. با توجه به آزمایشات صورت گرفته و مقایسه این نتایج با استانداردهای موجود مشخص گردید که میزان TDS آب در منطقه شهرآباد بیشتر از حد مجاز است در حالی که میزان یون آهن و منگنز کمتر از میزان استاندارد می باشد.

جدول ۳- : میزان برخی عناصر شیمیایی آب چاه شهرآباد

منگنز (mg/L)	آهن (mg/L)	سولفات (mg/L)	مغذی دائم mg/L as CaCO <sub>3</sub>	TDS (mg/L)	کدورت NTU	PH	دما (°C)
۰.۱۷۸	۱.۳۹۴	۸۷۰.۳۹	۴۶۵.۱	۱۸۲۷	۰.۴	۷.۵	۲۵

با محاسبه میزان اندیس رایزنر چاه شهرآباد مقدار آن ۷/۸۴ بدست آمد. مقایسه این اندیس با جدول (۴) که تحلیل اندیس رایزنر می باشد نشان می دهد آب چاه شهرآباد بسیار خورنده است.

جدول ۴- جدول تحلیل اندیس رایزنر

شاخص رایزنر	وضعیت آب
4-5	رسوب گذاری بالا
5-6	رسوب گذاری ناچیز
6-7	حالت تعادل
7-7.5	کمی خورنده
7.5-8.5	بسیار خورنده

میزان اندیس لائزلیه چاه شهرآباد ۰/۱۷۳- بدست آمد. بر اساس جدول تحلیل اندیس لائزلیه که به شرح جدول (۵) می باشد، آب چاه شهرآباد تمایل به خورندگی دارد.

جدول ۵- جدول تحلیل اندیس لائزلیه

شاخص لائزلیه	وضعیت آب
۰	آب تمایل به خورندگی و رسوب ندارد
POSITIVE	آب تمایل به رسوب گذاری دارد
NEGATIVE	آب تمایل به خوردگی دارد

## ۴. نتیجه گیری

در چاه شهرآباد، بررسی های ناشی از مشاهدات عینی از رسوبات خارج شده از چاه که به صورت رسوبات گلی قرمز رنگ با میان لایه های سفید که از جنس گچ و نمک سولفات می باشد، همراه با آنالیز این رسوبات که توسط آنالیز های شیمیایی XRF و XRD در سازمان زمین شناسی کشور انجام شد، نشان دهنده ی آن است که میزان برخی اکسید های آنالیز XRF یعنی میزان CaO از غلظت بیشتری برخوردار می باشد. مسلماً در چنین شرایطی حاکمیت کانی های هماتی قرمز رنگ و گوئیت همراه با رسوبات (CaSO<sub>4</sub>) افزایش می یابد.



شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

## کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



در چاه شهرآباد میزان آهن آب بالاست که می تواند ناشی از جنس خاک منطقه و یا به دلیل فرایند خوردگی باشد. اندیس رایزنر و لائزلیه نشان دهنده ی خورنده بودن آب است. خوردگی را می توان ناشی از فعالیت باکتری های احیا کننده سولفات با توجه به وجود سولفات بالا در آب و همچنین TDS بالای آب و ایجاد خوردگی در اثر ایجاد پیل شیمیایی نسبت داد. آنالیز رسوبات نشان می دهد که میزان رسوب اکسید فریک که به صورت لجن قهوه ای رنگ است به میزان ۷۰٪ در رسوبات یافت شده است که ناشی از جنس زمین می باشد.

### ۵. مراجع

- ۱- سادات رفیعی، س. (۱۳۸۹)، "اهمیت بازسازی و نگهداری آب شرب"، شیراز: شرکت آب و فاضلاب شیراز.
- ۲- معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی، (۱۳۹۲). "دستورالعمل احیا، توسعه و بهسازی چاه های آب (کشاورزی و شرب)"، تهران، ایران
- 3- Tuhela, L., Carlson, L., & Tuovinen, O. H. (1992). Ferrihydrite in water wells and bacterial enrichment cultures. *Water Res.*26(9): 1159 - 1162
- ۴- جورج، ه. ترسکاتیس، ک. (۱۳۹۲)، "مرمت و بازسازی چاه های آب"، ترجمه ی رامین مختار زاده، محمدرضا نیک پور و رضا طراوت. انتشارات ناقوس، چاپ اول.
- ۵- خمیس آبادی، س. (۱۳۹۰)، "ارزیابی کیفی آب زیرزمینی و نقش آن در ایجاد رسوب گذاری و خوردگی تاسیسات آب شرب در روستای گوی بلاغ شهرستان ملارد"، پایان نامه ی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست. دانشکده محیط زیست. دانشگاه آزاد اسلامی. واحد علوم و تحقیقات.
- ۶- آذری، پ. (۱۳۹۱)، "بررسی علل و انواع گرفتگی ها در مشبک های لوله جدار چاه های آب و روش های احیا و بازیابی چاه های آب دشت اختر آباد"، تهران: ششمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست
- ۷- نظر زاده، م. توکلی، ع. اصفهانیان، م. (۱۳۸۸)، "بهسازی چاه های آب با استفاده از روشهای پیشرفته مافوق فشار و مافوق صوت - مطالعه موردی شهر قم"، قم: سومین همایش ملی آب و فاضلاب با رویکرد بهره برداری.
- ۸- خندان بارانی، م. یزدان پناه، ن. (۱۳۹۰)، "بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب مخازن چاه نیمه شهر زابل"، مجله دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی زابل. سال پنجم، شماره ۲
- ۹- جعفری، م. فلاح، ف. حسنی، ا. (۱۳۸۹)، "بررسی سلامت آب شرب شهر انزلی از نظر پتانسیل خوردگی و رسوبگذاری با استفاده از اندیس های خوردگی. رشت: مجله دانشگاه علوم پزشکی گیلان، دوره بیستم شماره ۷۹.
- ۱۰- Ralph, D., Stevenson, J. The role of bacteria in well clogging. *water research.*1995;29:365-369