Archive of SID

مجله محیط شناسی، شماره ۳۲، زمستان ۱۳۸۲، صفحه ۵۶-۴۷

بررسی آلاینده‌های نفتی در آبهای زیرزمینی منطقه پالایشگاه اراک

مهندس حسین عسکرزاده طرقبه *
مهندس علی‌اصغر بذرافشان **
مهندس حسن حاجی‌پورفرد ***

چکیده

با توجه به رشد روز افزون جمعیت کشور در دهه‌های اخیر و وابسته بودن اقتصاد کشور به تولیدات نفتی و عدم وجود نظام مدیریت منطقی و افزایش مصرف سوخت های فسیلی، محیط‌زیست و آبهای زیرزمینی در قطب‌های صنعتی به طور جدی مورد تهدید قرار گرفته است. مجموعه تأسیسات پالایشی و پتروشیمی، انبارهای نفت و فرآورده‌ها، خطوط لوله، نیروگاه در منطقه شازند اراک از آبهای زیرزمینی استفاده نموده و طی فرایند تولید و انبار فرآورده‌های نفتی، در اثر تخلیه پساب ها و نشت مواد آلاینده، منابع آب، خاک و هوای دشت شازند را مورد تهدید قرار می‌دهند. بر این اساس در فاصله زمانی بهار ۱۳۷۸ لغایت زمستان ۱۳۷۸، نسبت به نمونه‌برداری فصلی پنج ایستگاه از آبهای زیرزمینی در محدوده پالایشگاه اراک اقدام شد و نمونه‌ها در شرایط استاندارد به آزمایشگاه انتقال یافته و ترکیبات نفتی و روغنی، ترکیبات فنلی، ترکیبات هیدروکربنی چند حلقه‌ای آروماتیک، COD و TOC آنها مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت.

میانگین غلظت ترکیبات نفتی و روغنی،COD و TOC به ترتیب برابر ۰/۸۱، ۷/۱۳ و ۱/۹ میلی‌گرم در لیتر بوده و همچنین میانگین غلظت ترکیبات فنلی و ترکیبات هیدروکربنی چندحلقه‌ای آروماتیک نیز ۰/۷۶ و ۱۲/۲ میکروگرم در لیتر است.

در مقایسه با مقادیر مجاز، ترکیبات فنلی و ترکیبات هیدروکربنی چند حلقه‌ای آروماتیک در آب شرب که به ترتیب ۰/۵ و ۰/۲ میکروگرم در لیتر می‌باشد، بیشتر بوده و ترکیبات یاد شده از مقادیر مجاز ترکیبات نفتی و روغنی، برای مصارف کشاورزی و آبیاری که به ترتیب ۱/۱۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر است، کمتر می‌باشد.

کلید واژه

آبهای زیرزمینی، آلاینده‌های نفتی، ترکیبات هیدروکربن چند حلقه‌ای آروماتیک (PAH)، شازند اراک، پالایشگاه نفت اراک.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۱/۴/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۱/۹/۱۸

* پژوهنده پژوهشکده حفاظت صنعتی و محیط‌زیست، پژوهشگاه صنعت نفت.
** عضو هیئت علمی پژوهشکده حفاظت صنعتی و محیط‌زیست، پژوهشگاه صنعت نفت.
*** عضو هیئت علمی پژوهشکده حفاظت صنعتی و محیط‌زیست، پژوهشگاه صنعت نفت.

www.SID.ir

Archive of SID

سرآغاز

مصارف روز افزون آب شیرین با توجه به رشد جمعیت جهان، محدود بودن منابع آب شیرین، تغییر اقلیم و خشکسالی، محدودیت کمی و کیفی آب به سبب دخالت گسترده انسان در چرخه طبیعت و تخلیه سالانه حدود ۲۵ میلیارد مترمکعب انواع فاضلاب و پساب به منابع آب کشور از عوامل بازدارنده‌ای هستند که تأمین آب شیرین را دچار مشکل می‌سازند (محمودی، ۱۳۷۸).

توسعه صنعتی و اقتصادی اگرچه ظاهراً نشانه بهبود سطح زندگی انسان است، ره‌آورد دیگر آن آلودگی محیط‌زیست، تخریب مزارع و منابع آب و آلودگی هواست. اگر این وضعیت ادامه یابد و بر میزان آلودگی ها کنترلی وجود نداشته باشد انسان خود قربانی آن خواهد شد (بذرافشان، ۱۳۷۷). با افزایش جمعیت، توسعه صنعتی و کشاورزی آلودگی آبهای سطحی و تحت‌الارضی بیشتر و پیچیده‌تر خواهد شد. با علم به اینکه هر مترمکعب فاضلاب تصفیه نشده می‌تواند حدود ۵۰ متر مکعب آب را بشدت آلوده نماید، در صورتی که اقدام جدی و مؤثری به عمل نیاید شاهد فاجعه بزرگ محیط‌زیستی در اطراف مراکز صنعتی خواهیم بود (Mackay & Roberts, 1985). تراکم تأسیسات نفتی، پتروشیمی، پخش فرآورده‌های نفتی، خطوط لوله و نیروگاه و وجود آزمایشگاهها و وجود مخازن متعدد نگهداری نفت خام و فرآورده‌های نفتی مخازن مختلف از فرآورده‌های پتروشیمی، امکان نشت مواد نفتی و پتروشیمی و پساب ها و فاضلاب های آلوده به مواد آلی و معدنی به آبهای تحت‌الارضی را افزایش می‌دهد (بذرافشان، ۱۳۷۷). با آنکه آب زیرزمینی یکی از مهمترین منابع قابل اعتماد و حیاتی برای مقاصد آب شرب، صنعت و آبیاری در سطح وسیعی در کشورهای آسیایی است، لکن بهره‌برداری بیش از حد آن باعث بروز مشکلات جدی در محیط‌زیست بوده و ضمن تهی‌سازی و کاهش سطح آب زیرزمینی، سبب افت سطح آب و نشست زمین و نفوذ آب شور به سفره‌های آب و زوال کیفیت آن و تغییرات اکولوژیکی و در نهایت کاهش محصولات کشاورزی خواهد شد (Clark & Fronk 1988 and Koehn & Stanko, 1988).

حوزه آبریز و هیدرولوژی دشت شازند اراک

دشت شازند به وسعت تقریبی ۵۰۰ کیلومترمربع زیرحوزه‌ای از حوزه وسیع آبریز حوض سلطان و کویر کاشان به وسعت ۹۴۴۵۴ کیلومترمربع بوده که ۵۷ درصد آن در دشت های آبرفتی شوره‌زار و باتلاق و ۴۳ درصد آن در ارتفاعات کوهستانی قرار دارد. این حوزه از شمال به ارتفاعات البرز، از شرق به ارتفاعات پست کویر مرکزی، از غرب به ارتفاعات الوند و از جنوب به ارتفاعات مرکزی محدود بوده و رودهای مهم حوزه عبارتند از: کرج، جاجرود، کن، کردان، خرود، قره‌چای، قم‌رود. مجموع برداشت آبهای سطحی و زیرزمینی منطقه، حدود ۹/۷ میلیارد مترمکعب در سال برآورد شده که ۱۷/۵ درصد آن آبهای سطحی و ۸۲/۵ درصد آن به آبهای زیر زمین مربوط می‌شود. نقشه حوزه آبریز، موقعیت تأسیسات نفتی و جهت جریان آبهای زیرزمینی در نقشه‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. دشت شازند از آبرفتی متشکل از شن، ماسه، سیلیت و رسی پوشیده شده که دارای ضخامت تقریبی ۲۰۰- ۵۵ متر می‌باشد. سازند آهکی در برخی مناطق حوزه سبب تغذیه سفره‌های آبرفتی شده و در نواحی دیگر به صورت چشمه‌های پر آب مستقیماً از سازند آهکی خارج می‌شوند (چشمه عمارت). در منطقه شازند، سازندهای دوران مزوزئیک[1] دارای بیشترین ذخیره آبهای زیرزمینی سازندهای آهکی کارستیک می‌باشند.

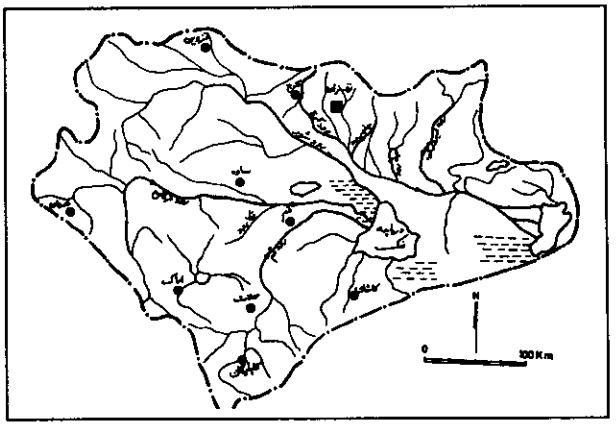
وجود تأسیسات صنعتی پالایشگاه، پتروشیمی، نیروگاه و غیره در منطقه و برداشت مقادیر زیاد آبهای زیرزمینی سبب تهی شدن سفره‌های آب زیرزمینی شده و الزاماً باید برداشت از آبهای زیرزمینی طی برنامه مدون و حساب شده‌ای صورت گیرد تا از پدیده نشست زمین[2] ممانعت شود.

هدف

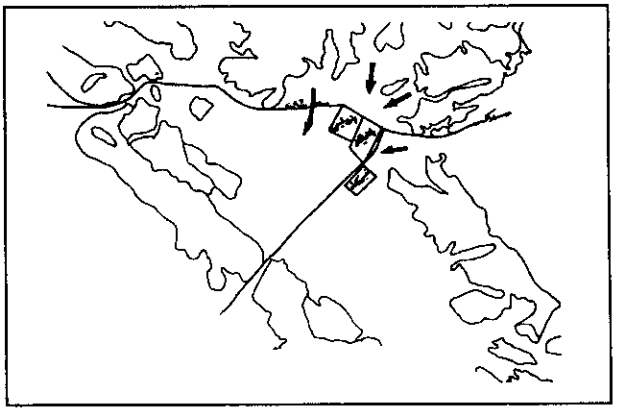
بررسی میزان و نوع آلودگی در منطقه نفتی- صنعتی پالایشگاه اراک، اظهار نظر در مورد میزان و شدت آلودگی منابع آب منطقه، در اختیار داشتن اطلاعات زمینه راجع به منابع آب و تأثیر فعالیت های صنعتی در آلودگی آن، برنامه‌ریزی راجع به

www.SID.ir

Archive of SID



نقشه شماره (۱): نقشه حوزه آبریز دریاچه حوض‌سلطان



نقشه شماره (۲): نقشه حوزه آبریز شازند اراک و موقعیت تأسیسات نفتی و جهت جریان آبهای زیرزمینی

استفاده بهینه در مصرف آب و برنامه‌ریزی حساب شده درباره تصفیه آبهای آلوده، با توجه به اطلاعات به دست آمده ناشی از این مطالعه می‌باشد.

موقعیت ایستگاههای نمونه‌برداری

پالایشگاه اراک در کیلومتر ۲۲ جاده اراک- بروجرد در فاصله ۳۲۰ کیلومتری جنوب شرق تهران و در شمال‌شرق دشت شازند اراک واقع شده است. تعداد چاههای حفاری شده در پالایشگاه، ۹ حلقه می‌باشد. که پنج حلقه از این چاهها با توجه به موقعیت آنها جهت نمونه‌برداری در نظر گرفته شده است (جدول شماره ۱).

جدول شماره (۱): موقعیت چاهها و ایستگاههای مورد مطالعه

نام ایستگاهها	موقعیت ایستگاهها
چاه شماره ۱	N=33° 77' 20" دور از تأسیسات پالایشگاه واقع در شمال‌شرق مخزن TK5 آب خام پالایشگاه E=33° 46' 82"
چاه شماره ۲	N=42° 06' 55" واقع در جنوب‌غرب مخازن TK2004 و TK2006 E=42° 37' 67"
چاه شماره ۳	N=42° 37' 02" واقع در شمال‌غرب مشعل و جنوب‌غرب واحد گوگردسازی پالایشگاه E=40° 35' 67"
چاه شماره ۶	N=57° 36' 19" واقع در جنوب‌غرب مشعل با مشخصات جغرافیایی E=38° 77' 82"
چاه شماره ۷	N=49° 68' 67" واقع در جنوب‌غرب مشعل با مشخصات جغرافیایی E=38° 90' 85"

مواد و روشها

روشهای نمونه‌برداری و آزمایش

نمونه‌برداری از آب در نقاط مورد نظر با استفاده از وسایل و ابزار و روشهای استاندارد، ASTM, Standard Methods و MOOPAM انجام گردید. نمونه‌ها پس از آماده‌سازی و تثبیت، توسط مواد شیمیایی به آزمایشگاه منتقل و آنگاه طبق روشهای استاندارد (Standard Method, 1989; ASTM, 1998; MOOPAM, 1982) آزمایش شدند مراحل تجزیه هر یک از آلاینده‌های نفتی اعم از ترکیبات فنلی، کل مواد هیدروکربوری، ترکیبات هیدروکربن چندحلقه‌ای آروماتیک (PAH) در نمودارهای جعبه‌ای شماره ۱، ۲ و ۳ آمده است.

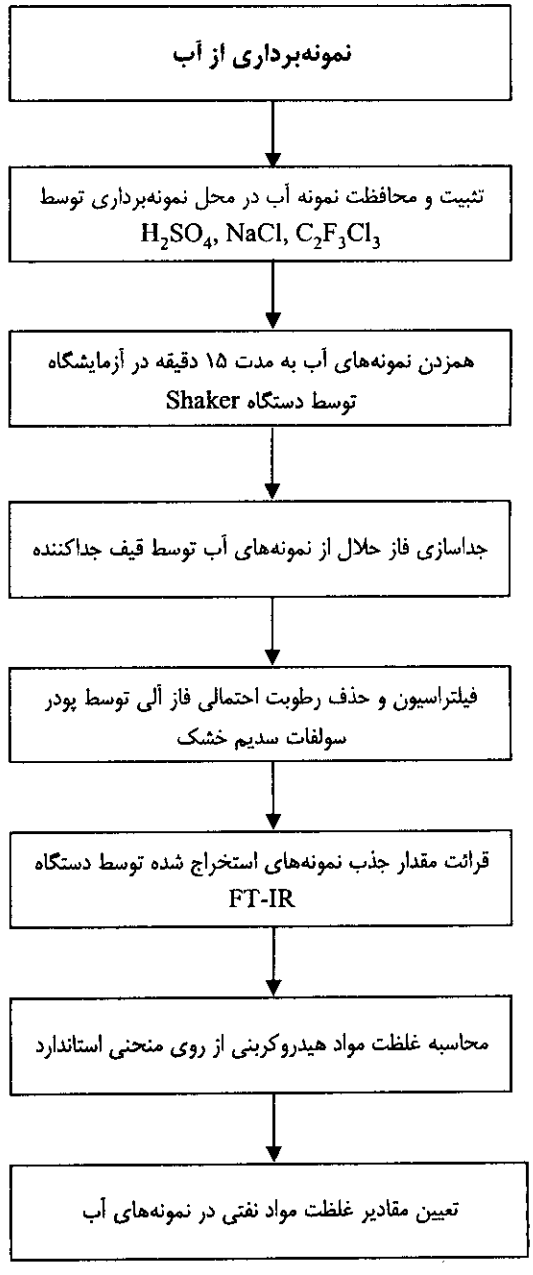
دستگاهها و مواد شیمیایی مورد لزوم

این دستگاهها و مواد عبارتند از: دستگاه FT-IR، دستگاه

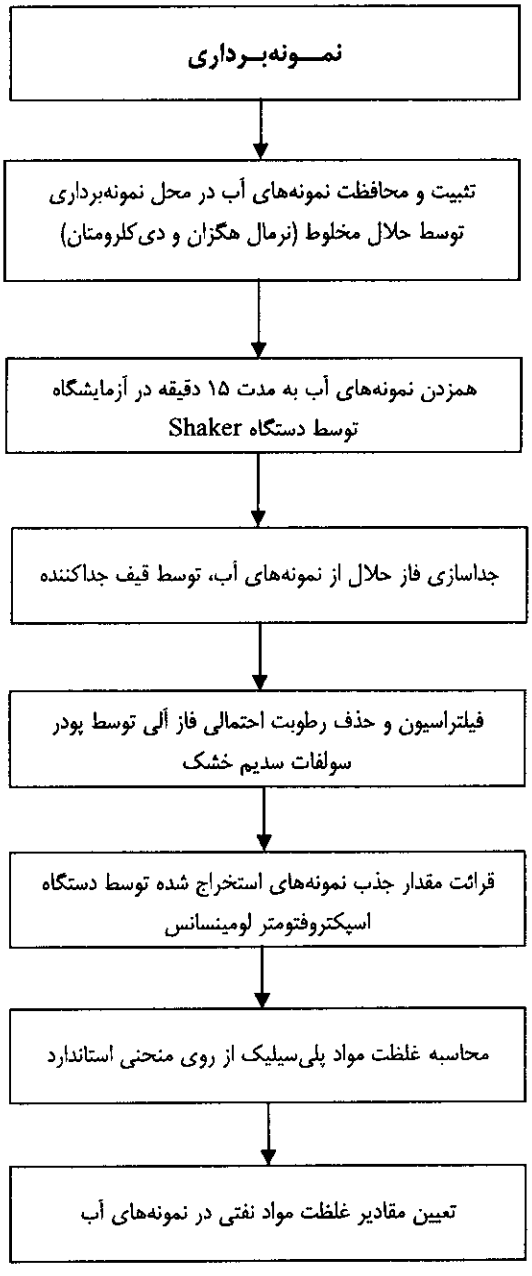
www.SID.ir

Archive of SID

اسپکترومترلومینسانس، دستگاه سوکسیله، دستگاه جذب اتمی، ترازوی دقیق، دستگاه TOC Analyzer (TOC)، لوازم و ابزار شیشه‌ای لازم، فلاسک تقطیر ترکیبات فنلی، همزن الکتریکی، حلال‌های کلروفرم، هگزان، دی‌کلرومتان و سایر مواد شیمیایی و معرف ها.



نمودار جعبه‌ای شماره (۱): اندازه‌گیری مواد نفتی در نمونه‌های آب



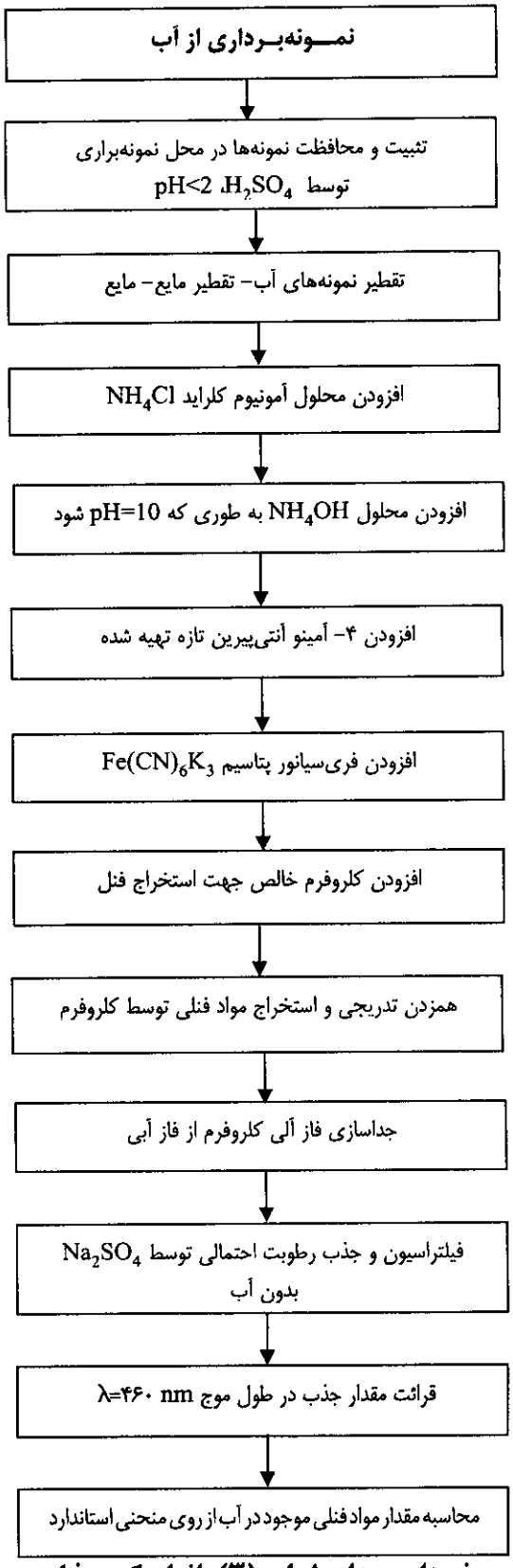
نمودار جعبه‌ای شماره (۲): اندازه‌گیری ترکیبات پلی‌سیلیک- آروماتیک در آب

نتایج آزمایشات تجربی

طی این بررسی، وضعیت آلودگی نفتی و ترکیبات آلی نظیر مواد نفتی و روغنی با ترکیبات هیدروکربن چند حلقه‌ای آروماتیک (PAH)، ترکیبات فنلی، کل کربن آلی و COD موجود در آب مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول شماره ۲).

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار جعبه‌ای شماره (۳): اندازه‌گیری فنل درنمونه‌های آب

نوسانات مواد نفتی در چاههای شماره ۱، ۲، ۳، ۶ و ۷ پالایشگاه اراک، به ترتیب (۱/۱- ۰/۵)، (۲/۳- ۰/۵)، (۱- ۰/۵)، (۱/۱- ۰/۴)، (۰/۹- ۰/۳) و متوسط سالانه آن برابر ۰/۸۱ میلی‌گرم در لیتر بوده است.

نوسانات آلودگی پلی‌سیلیک آروماتیک هیدروکربن (PAHs) چاههای شماره ۱، ۲، ۳، ۶ و ۷ پالایشگاه اراک به ترتیب (۲۰-۳)، (۴۰-۱)، (۲۰-۰/۲>)، (۶۰-۰/۲>)، (۲۰-۰/۲>) و متوسط سالانه آن برابر ۱۲/۲ میکروگرم در لیتر بر حسب استاندارد راپمی (۱۹۸۲) بوده است.

نوسانات ترکیبات فنلی در چاههای ۱، ۲، ۳، ۶ و ۷ پالایشگاه اراک، به ترتیب (۲/۲- ۰/۵>)، (۳/۵- ۰/۵>)، (۳- ۰/۵>)، (۲/۵- ۰/۵>)، (۲/۲- ۰/۵>) میکروگرم در لیتر و متوسط سالانه آن برابر ۰/۷۶ میکروگرم در لیتر بوده است.

نوسانات کل کربن آلی در چاههای شماره ۲،۱، ۳، ۶ و ۷ پالایشگاه اراک، به ترتیب (۳- ۰/۹۹)، (۱/۹۰- ۰/۰۶)، (۲/۲- ۱)، (۲/۴- ۱)، (۵/۷- ۱) و متوسط سالانه آن برابر ۱/۹ میلی‌گرم در لیتر بوده است.

نوسانات COD در چاههای شماره ۲،۱، ۳، ۶ و ۷ پالایشگاه اراک، به ترتیب (۶/۴- ۵)، (۱۵- ۶)، (۱۰- ۵)، (۶- ۵) و متوسط سالانه آن برابر ۷/۱۳ میلی‌گرم در لیتر بوده است.

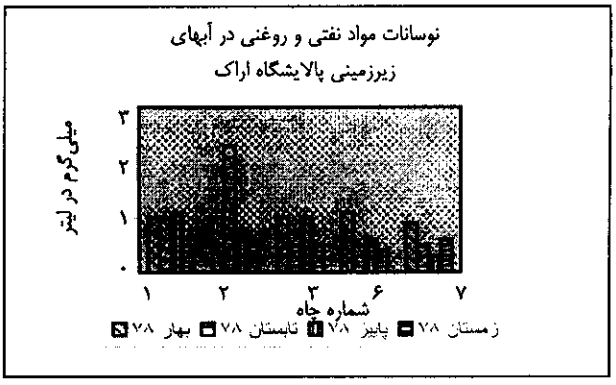
بحث و نتیجه‌گیری

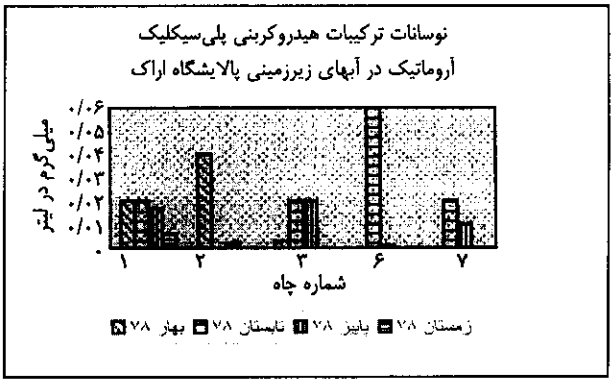
نوسانات آلاینده‌های نفتی در ترکیبات آلی نظیر مواد نفتی و روغنی، پلی‌سیکلیک آروماتیک‌ها، ترکیبات فنلی، کل کربن آلی و COD در آبهای زیرزمینی پالایشگاه اراک در جدول شماره (۲) درج شده است. براساس نتایج حاصل از نمودار شماره (۱) و جدول شماره (۲) چنین استنباط می‌شود:

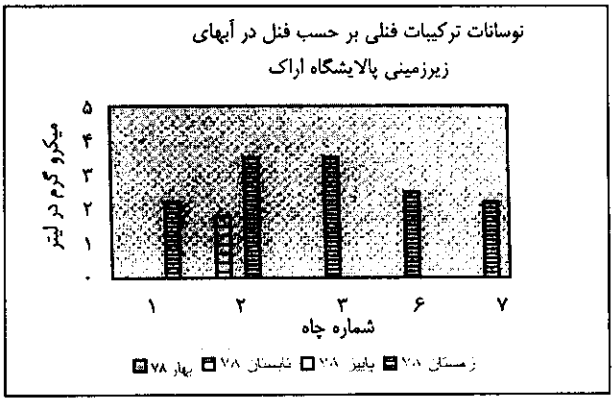
مواد نفتی و روغنی: متوسط میزان مواد نفتی و روغنی در آب چاههای پالایشگاه اراک از حداکثر مجاز مصارف کشاورزی (۱۰ میلی‌گرم در لیتر) کمتر بوده و برای مصارف کشاورزی و صنعتی مناسب است. آلودگی مواد نفتی و روغنی در آبهای زیرزمینی پالایشگاه اراک از حداکثر مجاز آب آشامیدنی

www.SID.ir

Archive of SID







نمودار شماره (۳): نوسانات آلاینده‌های نفتی در آبهای زیرزمینی پالایشگاه اراک

بیشتر بوده و برای مصارف شرب و آشامیدنی نامناسب می باشد (سازمان حفاظت محیطزیست، ۱۳۷۳).

مواد هیدروکربنی چند حلقه‌ای آروماتیک: متوسط میزان مواد هیدروکربن چند حلقه‌ای آروماتیک در آبهای زیرزمینی پالایشگاه اراک از حداکثر مجاز آب آشامیدنی بیشتر (حد مجاز ۰/۲ میکروگرم در لیتر) و برای مصارف شرب و آشامیدنی، نامناسب است، لکن برای مصارف کشاورزی و آبیاری مناسب می باشد (مؤسسه استاندارد و تحقیقات ایران، ۱۳۷۶).

کل کربن آلی و COD: متوسط آلودگی کل کربن آلی در آبهای زیرزمینی پالایشگاه اراک ۱/۹ میلی‌گرم در لیتر بر حسب کربن و متوسط میزان COD برابر ۷ میلی‌گرم در لیتر بوده است که نشانگر آلودگی های شیمیایی جزیی است.

باتوجه به نقشه شماره ۲، نمودار شماره ۱ و جداول ۱ و ۲ جهت جریان آبهای زیرزمینی پالایشگاه اراک و جهت شیب هیدرولیک پالایشگاه، از سمت شمال‌غربی پالایشگاه به سمت جنوب‌شرق پالایشگاه (به سمت دشت کزاز) می‌باشد. براساس نتایج حاصل، میزان آلودگی‌ها در جنوب‌شرقی پالایشگاه (چاه‌شماره ۶ و ۷) بیشتر از شمال‌غربی پالایشگاه‌اراک(چاه شماره ۱) است. این مسئله نشان‌دهنده تراکم مواد آلاینده در جهت شیب هیدرولیک می‌باشد.

براساس ۵ سری نمونه‌برداری فصلی و انجام آزمایش‌های ذی‌ربط مندرج در جداول شماره ۳ الی ۷، محاسبات آماری به شرح زیر ارائه می‌گردد:

مقدار میانگین متوسط ترکیبات نفتی و روغنی، هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک، کل کربن آلی و اکسیژن‌خواهی شیمیایی به ترتیب ۰/۸۱، ۰/۰۱۲۹، ۱/۹ و ۷/۱۵ میلی‌گرم و ترکیبات فنلی ۱/۳ میکروگرم در لیتر است.

مقدار انحراف استاندارد متوسط ترکیبات نفتی و روغنی، هیدروکربن های چند حلقه‌ای آروماتیک، ترکیبات فنلی، کل کربن آلی و اکسیژن‌خواهی شیمیایی، به ترتیب ۰/۰۶۸±، ۰/۰۰۱۲±، ۰/۱۰۱±، ۰/۱۲۶±، ۰/۱۲۶± است.

مقدار انحراف استاندارد نسبی متوسط برای ترکیبات نفتی و روغنی، هیدروکربن های چند حلقه‌ای آروماتیک، ترکیبات فنلی، کل کربن آلی و اکسیژن‌خواهی شیمیایی، به ترتیب ۶/۶٪±، ۱۱/۹٪±، ۶/۲٪±، ۶/۶٪± و ۱/۷٪± است.

مقدار واریانس متوسط آزمایش برای ترکیبات نفتی و روغنی، هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک، ترکیبات فنلی، کل کربن آلی و اکسیژن‌خواهی شیمیایی، به ترتیب $۳/۲\times۱۰^{-۳}$، $۳/۱\times۱۰^{-۶}$، $۳/۰\times۱۰^{-۲}$، $۲/۶\times۱۰^{-۲}$ و $۲/۷\times۱۰^{-۲}$ است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول شماره (۲): نتایج آزمایش آلاینده‌های نفتی در آبهای زیرزمینی منطقه شازند- پالایشگاه اراک- سال ۱۳۷۸

شماره ایستگاه	محل نمونه‌برداری	فصل	مواد نفتی و روغنی (میلی‌گرم درلیتر)	هیدروکربن آروماتیک پلی‌سیکلیک * (میکرو گرم در لیتر)	ترکیبات فنلی بر حسب فنل (میکرو گرم در لیتر)	کل کربن آلی** (میلی‌گرم در لیتر)	اکسیژن خواص شیمیایی*** (میلی‌گرم در لیتر)
۱	چاه شماره ۱	بهار	۱/۰	۲۰	<۰/۵	۳	۶/۴
		تابستان	۱/۰	۲۰	<۰/۵	۲/۶	۶
		پاییز	۱/۱	۱۷	<۰/۵	۱/۲	۶
		زمستان	۰/۵	۳	۲/۲	۰/۹۹	۵
۲	چاه شماره ۲	بهار	۱	۴۰	۰/۵	۱/۳	۶
		تابستان	۲/۳	---	۱/۸	۱/۹	۱۰
		پاییز	۰/۸	۲	<۰/۵	۱/۲	۸
		زمستان	۰/۵	۱	۳/۵	۰/۸۶	۱۵
۳	چاه شماره ۳	بهار	۱	۳	<۰/۵	۲/۲	۶
		تابستان	۰/۵	۲۰	<۰/۵	۱/۴	۶
		پاییز	۱	۲۰	<۰/۵	۲	۶/۲
		زمستان	۰/۵	<۰/۲	۳	۱	۱۰
۴	چاه شماره ۶	بهار	۱/۱	<۰/۲	<۰/۵	۲/۳	۶
		تابستان	۰/۵	۶۰	<۰/۵	۲/۲	۱۰
		پاییز	۰/۶	۱	<۰/۵	۱	۸
		زمستان	۰/۴	۱	۲/۵	۲/۳	۵
۵	چاه شماره ۷	بهار	۰/۹	<۰/۲	<۰/۵	۱	۶
		تابستان	۰/۵	۲۰	<۰/۵	۱/۸	۶
		پاییز	۰/۳	۱۰	<۰/۵	۱/۹	۶
		زمستان	۰/۶	۶	۲/۲	۵/۷	۵

* Polycyclic Aromatic Hydrocarbon-MOOPAM Standard

** Total Organic Carbon

*** Chemical Oxygen demand

جدول شماره (۳): محاسبات آماری نتایج آزمایش مواد نفتی و روغنی در آبهای زیرزمینی پالایشگاه اراک- سال ۱۳۷۸

محل نمونه‌برداری	فصل نمونه‌برداری	میانگین (میلی‌گرم در لیتر)	واریانس	انحراف استاندارد	انحراف استاندارد نسبی
چاه شماره ۱	بهار	۱/۰۴	$۳/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۵۵	±٪۵/۳
	تابستان	۱/۰۴	$۳/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۵۵	±٪۵/۳
	پاییز	۱/۰۶	$۳/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۵۵	±٪۵/۲
	زمستان	۰/۵۲	$۲/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۴	±٪۸/۶
چاه شماره ۲	بهار	۱/۰۴	$۳/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۵۵	±٪۵/۳
	تابستان	۲/۲۶	$۱/۸\times۱۰^{-۲}$	±۰/۱۳	±٪۵/۹
	پاییز	۰/۸۴	$۸/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۸۹	±٪۱۰/۶
	زمستان	۰/۵۲	$۲/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۴۵	±٪۸/۶
چاه شماره ۳	بهار	۱/۰۲	$۲/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۴۵	±٪۴/۴
	تابستان	۰/۵۱	$۳/۲\times۱۰^{-۴}$	±۰/۰۱۸	±٪۳/۵
	پاییز	۱/۰۲	$۲/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۴۵	±٪۴/۴
	زمستان	۰/۵۰۶	$۸/۰\times۱۰^{-۵}$	±۰/۰۰۹	±٪۱/۸
چاه شماره ۶	بهار	۱/۰۴	$۳/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۵۵	±٪۵/۳
	تابستان	۰/۵۰۶	$۸/۰\times۱۰^{-۵}$	±۰/۰۰۹	±٪۱/۸
	پاییز	۰/۵۹۴	$۱/۸\times۱۰^{-۴}$	±۰/۰۱۳	±٪۲/۳
	زمستان	۰/۴۲	$۲/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۴۵	±٪۱۰/۶
چاه شماره ۷	بهار	۰/۹۲	$۲/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۴۵	±٪۴/۹
	تابستان	۰/۴۹۸	$۳/۲\times۱۰^{-۴}$	±۰/۰۱۸	±٪۳/۶
	پاییز	۰/۳۱۲	$۵/۷\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۷۶	±٪۲۴
	زمستان	۰/۵۹۶	$۳/۵\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۵۹	±٪۹/۹

www.SID.ir

Archive of SID

جدول شماره (۴): محاسبات آماری نتایج آزمایش ترکیبات هیدروکربنی چند حلقه‌ای آروماتیک در آبهای زیرزمینی پالایشگاه اراک– سال ۱۳۷۸

محل نمونه‌برداری	فصل نمونه‌برداری	میانگین (میلی‌گرم در لیتر)	واریانس	انحراف استاندارد	انحراف استاندارد نسبی
چاه شماره ۱	بهار	۰/۰۲۰۲	$۳/۲\times۱۰^{-۶}$	±۰/۰۰۱۸	±٪۸/۸
	تابستان	۰/۰۲۰۴	$۴/۳\times۱۰^{-۶}$	±۰/۰۰۲۱	±٪۱۰/۰
	پاییز	۰/۰۱۷۴	$۴/۳\times۱۰^{-۶}$	±۰/۰۰۲۱	±٪۱۱/۹
	زمستان	۰/۰۰۲۸	$۷/۳\times۱۰^{-۸}$	±۰/۰۰۰۲۷	±٪۹/۶
چاه شماره ۲	بهار	۰/۰۳۹۸	$۲/۷\times۱۰^{-۵}$	±۰/۰۰۵۲	±٪۱۳/۰
	تابستان	–	–	–	–
	پاییز	۰/۰۰۲۱	$۱/۵\times۱۰^{-۷}$	±۰/۰۰۰۴	±٪۱۸
	زمستان	۰/۰۰۱۱	$۹/۷\times۱۰^{-۸}$	±۰/۰۰۰۳	±٪۲۸
چاه شماره ۳	بهار	۰/۰۰۲۹۶	$۱/۶\times۱۰^{-۷}$	±۰/۰۰۰۴	±٪۱۳
	تابستان	۰/۰۲۰۴	$۷/۸\times۱۰^{-۶}$	±۰/۰۰۲۸	±٪۱۳/۷
	پاییز	۰/۰۱۹۸	$۱/۷\times۱۰^{-۶}$	±۰/۰۰۱۳	±٪۶/۶
	زمستان	۰/۰۰۰۱۷	$۱/۳\times۱۰^{-۱۰}$	±۰/۰۰۰۰۱	±٪۶/۷
چاه شماره ۶	بهار	۰/۰۰۰۱۷	$۲/۵\times۱۰^{-۱۰}$	±۰/۰۰۰۰۲	±٪۹/۳
	تابستان	۰/۰۶۰۲	$۲/۷\times۱۰^{-۶}$	±۰/۰۰۱۶	±٪۲/۷
	پاییز	۰/۰۰۰۹۸	$۴/۲\times۱۰^{-۸}$	±۰/۰۰۰۲	±٪۲۰/۹
	زمستان	۰/۰۰۱۰۲	$۳/۲\times۱۰^{-۸}$	±۰/۰۰۰۱۸	±٪۱۷/۵
چاه شماره ۷	بهار	۰/۰۰۰۱۸	$۱/۲\times۱۰^{-۱۰}$	±۰/۰۰۰۰۱	±٪۶/۱
	تابستان	۰/۰۲۰۲	$۴/۷\times۱۰^{-۶}$	±۰/۰۰۲	±٪۱۰/۷
	پاییز	۰/۰۰۹۸	$۱/۷\times۱۰^{-۶}$	±۰/۰۰۱	±٪۱۳/۳
	زمستان	۰/۰۰۵۹۸	$۱/۴\times۱۰^{-۷}$	±۰/۰۰۰۴	±٪۶/۲

جدول شماره (۵): محاسبات آماری نتایج آزمایش ترکیبات فنلی بر حسب فنل در آبهای زیرزمینی پالایشگاه اراک– سال ۱۳۷۸

محل نمونه‌برداری	فصل نمونه‌برداری	میانگین (میلی‌گرم در لیتر)	واریانس	انحراف استاندارد	انحراف استاندارد نسبی
چاه شماره ۱	بهار	۰/۴۸۰	$۲/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۴۵	±٪۹/۴
	تابستان	۰/۴۷۸	$۲/۵\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۵۰	±٪۱۰
	پاییز	۰/۴۷۶	$۱/۱\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۳۲	±٪۶/۹
	زمستان	۲/۱۸	$۵/۲\times۱۰^{-۲}$	±۰/۲۳	±٪۱۰
چاه شماره ۲	بهار	۰/۴۸۲	$۲/۸\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۵	±٪۱۱
	تابستان	۱/۷۸	$۸/۲\times۱۰^{-۲}$	±۰/۲۹	±٪۱۶
	پاییز	۰/۴۸۴	$۶/۸\times۱۰^{-۴}$	±۰/۰۲۶	±٪۵/۴
	زمستان	۳/۵	$۱/۴\times۱۰^{-۱}$	±۰/۳۷	±٪۱۰/۷
چاه شماره ۳	بهار	۰/۴۹۶	$۲/۸\times۱۰^{-۴}$	±۰/۰۱۷	±٪۳/۴
	تابستان	۰/۴۹۲	$۲/۷\times۱۰^{-۴}$	±۰/۰۱۶	±٪۳/۳
	پاییز	۰/۴۹۶	۸×۱۰^{-۵}	±۰/۰۰۹	±٪۱/۸
	زمستان	۳/۰۲	۷×۱۰^{-۳}	±۰/۰۸	±٪۲/۸
چاه شماره ۶	بهار	۰/۴۹	۲×۱۰^{-۴}	±۰/۰۱۴	±٪۲/۹
	تابستان	۰/۴۹۲	$۱/۲\times۱۰^{-۴}$	±۰/۰۱	±٪۲/۲
	پاییز	۰/۴۹۲	$۳/۲\times۱۰^{-۴}$	±۰/۰۱۸	±٪۳/۶
	زمستان	۲/۵	۵×۱۰^{-۳}	±۰/۰۷	±٪۲/۸
چاه شماره ۷	بهار	۰/۴۸۸	$۱/۲\times۱۰^{-۴}$	±۰/۰۱	±٪۲/۲
	تابستان	۰/۴۸۸	$۳/۲\times۱۰^{-۴}$	±۰/۰۱۸	±٪۳/۷
	پاییز	۱/۹	$۱/۵\times۱۰^{-۲}$	±۰/۱۲	±٪۶/۴
	زمستان	۵/۶۸	$۲/۹\times۱۰^{-۱}$	±۰/۵۴	±٪۹/۵

www.SID.ir

Archive of SID

جدول شماره (۶): محاسبات آماری نتایج آزمایش کل کربن آلی در آبهای زیرزمینی پالایشگاه اراک – سال ۱۳۷۸

محل نمونه‌برداری	فصل نمونه‌برداری	میانگین (میلی‌گرم در لیتر)	واریانس	انحراف استاندارد	انحراف استاندارد نسبی
چاه شماره ۱	بهار	۳/۰	$۱/۵\times۱۰^{-۲}$	±۰/۱۲	±٪۴/۰
	تابستان	۲/۶	$۲/۰\times۱۰^{-۲}$	±۰/۱۴	±٪۵/۴
	پاییز	۱/۱۸	$۷/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۸	±٪۷/۰
	زمستان	۰/۹۹۲	$۱/۲\times۱۰^{-۴}$	±۰/۰۱	±٪۱/۱
چاه شماره ۲	بهار	۱/۳	$۱/۰\times۱۰^{-۲}$	±۰/۱	±٪۷/۷
	تابستان	۱/۹	$۲/۰\times۱۰^{-۲}$	±۰/۱۴	±٪۷/۴
	پاییز	۱/۲	$۲/۰\times۱۰^{-۲}$	±۰/۱۴	±٪۱۱/۸
	زمستان	۰/۸۶	$۸/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۹	±٪۱۰/۴
چاه شماره ۳	بهار	۲/۱۶	$۸/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۹	±٪۴/۱
	تابستان	۱/۴	$۱/۰\times۱۰^{-۲}$	±۰/۱	±٪۷/۱
	پاییز	۲/۰	$۱/۰\times۱۰^{-۲}$	±۰/۱	±٪۵/۰
	زمستان	۱/۰	$۵/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۷	±٪۷/۱
چاه شماره ۶	بهار	۲/۳	$۱/۰\times۱۰^{-۲}$	±۰/۱	±٪۴/۳
	تابستان	۲/۴۴	$۲/۳\times۱۰^{-۲}$	±۰/۱۵	±٪۶/۲
	پاییز	۱/۰۴	$۸/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۹	±٪۸/۶
	زمستان	۲/۲۸	$۷/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۸	±٪۳/۷
چاه شماره ۷	بهار	۱/۰۴	$۳/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۵	±٪۵/۲
	تابستان	۱/۸	$۴/۰\times۱۰^{-۲}$	±۰/۲	±٪۱۱
	پاییز	۱/۹	$۱/۵\times۱۰^{-۲}$	±۰/۱۲	±٪۶/۴
	زمستان	۵/۶۸	$۲/۹\times۱۰^{-۱}$	±۰/۵۴	±٪۹/۵

جدول شماره (۷): محاسبات آماری نتایج آزمایش اکسیژن‌خواهی در آبهای زیرزمینی پالایشگاه اراک – سال ۱۳۷۸

محل نمونه‌برداری	فصل نمونه‌برداری	میانگین (میلی‌گرم در لیتر)	واریانس	انحراف استاندارد	انحراف استاندارد نسبی
چاه شماره ۱	بهار	۶/۳۶	$۶/۸\times۱۰^{-۲}$	±۰/۲۶	±٪۴/۱
	تابستان	۶/۰۲	$۲/۲\times۱۰^{-۲}$	±۰/۱۵	±٪۲/۵
	پاییز	۶/۰۰	$۵/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۷	±٪۱/۲
	زمستان	۵/۰۰	$۲/۰\times۱۰^{-۲}$	±۰/۱۴	±٪۲/۸
چاه شماره ۲	بهار	۶/۰۰	$۱/۵\times۱۰^{-۲}$	±۰/۱۲	±٪۲/۰
	تابستان	۱/۰۰	$۸/۰\times۱۰^{-۲}$	±۰/۲۸	±٪۲/۸
	پاییز	۸/۰۸	$۵/۲\times۱۰^{-۲}$	±۰/۲۲	±٪۲/۸
	زمستان	۱۵/۰۴	$۲/۱\times۱۰^{-۱}$	±۰/۴۶	±٪۳/۰
چاه شماره ۳	بهار	۶/۰۴	$۸/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۹	±٪۱/۵
	تابستان	۶/۰۶	$۳/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۵	±٪۰/۹
	پاییز	۶/۱۶	$۳/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۵	±٪۰/۹
	زمستان	۱۰/۰۴	$۳/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۵	±٪۰/۵
چاه شماره ۶	بهار	۶/۰۴	$۳/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۵	±٪۰/۹
	تابستان	۱۰/۰۴	$۳/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۵	±٪۰/۵
	پاییز	۸/۰۶	$۸/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۹	±٪۱/۱
	زمستان	۵/۰۴	$۳/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۵	±٪۱/۱
چاه شماره ۷	بهار	۶/۰۰	$۲/۰\times۱۰^{-۲}$	±۰/۱۴	±٪۲/۴
	تابستان	۶/۰۴	$۳/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۵	±٪۰/۹
	پاییز	۶/۰۴	$۸/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۹	±٪۱/۵
	زمستان	۵/۰۴	$۳/۰\times۱۰^{-۳}$	±۰/۰۵	±٪۱/۱

www.SID.ir

Archive of SID

پیشنهادها

۱- ترمیم و بازسازی پوشش بتنی و ایزولاسیون کامل کف حوضچه‌های تخلیه مواد نفتی و بهبود سیستم‌های جداکننده نفت از آب و کاهش حجم تخلیه مواد نفتی به حوضچه‌های تبخیر.

۲- ترمیم و ایزولاسیون کامل جوی های انتقال آب باران و عدم هدایت پساب ها به چاههای جذبی.

۳- نشت‌یابی و ترمیم لوله‌های انتقال زیرزمینی مخازن و تعمیر و نگاهداری مناسب از آنها.

۴- استفاده از سیستم‌های حفاظت کاتدی، جلوگیری از پدیده خوردگی و ایزولاسیون و انجام پوشش مناسب در سطوح خارج و داخل لوله‌ها.

۵- استفاده از مخازن دو جداره سکودار در موارد خاص، به نحوی که نشت مواد نفتی در آنها قابل رؤیت باشد.

یادداشت ها

1. Mesozoic
2. Land Subsidence

منابع مورد استفاده

بذرافشان، ع و همکاران. ۱۳۷۷. بررسی آلودگی منابع آب زیرزمینی منطقه صنعتی ری، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران.

سازمان حفاظت محیط زیست. ۱۳۷۳. استاندارد خروجی فاضلاب ها.

محمودی، س. ۱۳۷۸. تخصیص و حفاظت میدان های زیرزمینی واپسین- راهکارهای اقتصادی تأمین آب شهرهای ایران، چهارمین سمینار مشترک آب و فاضلاب ایران و آلمان، تهران.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات ایران. ۱۳۷۶. استاندارد شماره ۱۰۵۳ (ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی).

Annual book of ASTM Standards. 1998. Water and Environmental Technology. Volume 11.01, 11.02.

Clark, R. M. and Fronk, C. A. 1988. In Removing organic contaminants from groundwater, Environ. Sci. Techno., 22(10): 1126-1130.

Koehn, J. W and Stanko, G. H. 1988. In groundwater monitoring; Environ. Sci. Technol., 22(11): 1262-1264.

Mackay, D. M. and Roberts, Cherry, J. A. 1985. In transport of organic contaminants in groundwater; Environ. Sci. Technol., 19(5): 384-392.

Regional organization for the protection of marine environment Manual of Oceanographic Observation and Pollutant Analysis Method (MOOPAM).1982.

Standard Method for the Examination of water and wastewater. 17th edition. 1989. Text book.

www.SID.ir