

بررسی گسترش و تخمین مقدار نفت در آبهای زیرزمینی پالایشگاه آبادان

سیدرضا شادی‌زاده^۱

منصور زویدوویان‌پور^۲

(دریافت ۸۷/۹/۱۱ پذیرش ۸۸/۷/۵)

چکیده

آگاهی از گسترش و تخمین مواد نفتی نشت شده در پالایشگاهها، از مهم‌ترین اطلاعاتی است که در مطالعات زیست‌محیطی به‌منظور مقابله با آلودگی‌های محیط‌های آبی و خاکی باید در دسترس محققان باشد. به‌دلیل نشت مواد نفتی و فراورده‌های آن از لوله‌ها و مخازن رو زمینی پالایشگاه آبادان در طول جنگ تحمیلی و فرسودگی سیستم‌های ذخیره، انتقال و پالایش نفت به‌دلیل قدمت این واحد و همچنین واقع شدن بین دو رودخانه مهم که آب شهری، صنعتی و کشاورزی منطقه را تأمین می‌نماید، بررسی و انجام مطالعات در راستای شناسایی گسترش و مقدار آلودگی نفتی در آبهای زیرزمینی ضروری به‌نظر می‌رسد. در این پروژه، موقعیت سنجی حفر ۲۰ چاه آبی مشاهده‌ای از نظر نشت مواد نفتی در زمان جنگ و بعد از آن انجام گردید. طی دوره یک‌ساله، گسترش و ضخامت نفت شناور بر روی آبهای زیرزمینی پالایشگاه، اندازه‌گیری شد. با استفاده از اطلاعات تراز آبهای زیرزمینی، مدل حرکت آبهای زیرزمینی نیز در پالایشگاه آبادان طراحی گردید. مواد نفتی فقط در دو حلقه چاه که ناشی از فعالیتهای اخیر پالایشگاه بوده‌اند مشاهده گردید. نتایج نشان داد که اغلب مواد نفتی پخش شده در زمان جنگ و بعد از آن جذب رس موجود در لایه‌های زیرسطحی شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: محیط زیست، آلودگی آب، آبهای زیرزمینی، پالایشگاه آبادان

Assessment of Petroleum Leakage in Groundwater of the Abadan Refinery

Seyed Reza Shadizadeh¹

Mansoor Zoveidavianpoor²

(Received Dec. 2, 2008 Accepted Sep. 27, 2009)

Abstract

Knowledge of petroleum leakage at oil refineries is vital for environmental study of water and soil pollution. Abadan Refinery is located between the Arvandrud and Bahmanshir rivers in the highly populated area of Abadan city. These rivers supply domestic, industrial, and agricultural water to Abadan city. During the war between Iran and Iraq, enormous volumes of oil and petroleum products leaked from storage tanks and pipelines at Abadan Refinery into the surrounding environment. The resulting pollution is a serious threat and a growing environmental concern for the region. In this work, twenty boreholes were dug to investigate petroleum leaks into the surrounding area both during and after the war. The thickness of petroleum floating on underground waters at the refinery was measured by sampling underground water over a period of one year along with measuring the piezometric heads of groundwater monitoring wells. Also, groundwater movement pattern at Abadan Refinery was determined by measuring the water table in each well over the same period. The results of sampling indicate that oil leaks were observed in just two wells; namely, wells No.3 and No.11. The results also show that the greatest portion of the oil spill in underground layers at Abadan Refinery was absorbed into clay soil.

Keywords: Environment, Water Pollution, Groundwater, Abadan Refinery

1. Assoc. Prof., Dept. of Petroleum Eng., Petroleum Univ. of Tech., Abadan

2. Researcher of Petroleum Eng. Dept., Petroleum Univ. of Tech., Abadan

(Corresponding Author) (+98 631) 3336590 Mzoveidavian@put.ac.ir

۱- دانشیار دانشکده مهندسی نفت، دانشگاه صنعت نفت آبادان

۲- پژوهشگر دانشکده مهندسی نفت، دانشگاه صنعت نفت آبادان (نویسنده مسئول)

Mzoveidavian@put.ac.ir (۰۶۳۱) ۳۳۳۶۵۹۰

در هر سال بین ۲۰ تا ۳۴۰ میلیون گالن نفت در کره زمین منتشر می‌گردد که بیشترین انتشارها ناشی از تانکرها، سیستم‌های لوله‌کشی، تأسیسات ساحلی و نفت‌کش‌هاست. جنگها و حوادث نیز سهم زیادی از علل انتشار را به خود اختصاص می‌دهند [۱]. نشت مواد نفتی از پالایشگاههایی که در جوار برخی شهرهای ایران احداث شده‌اند، باعث آلودگی آبهای زیرزمینی آن مناطق شده است [۲، ۳ و ۴]. پالایشگاه آبادان نخستین واحد تصفیه نفت ایران است که در سال ۱۲۹۱ شمسی در آبادان راه‌اندازی گردید. این پالایشگاه که بزرگ‌ترین پالایشگاه جهان به شمار می‌رود تا قبل از مهرماه ۱۳۵۹، دارای ظرفیت تولیدی حدود ۶۳۰ هزار بشکه در روز بود. در زمان جنگ تحمیلی، تمامی مخازن ذخیره و واحدهای عملیاتی تصفیه نفت به همراه کل سیستم‌های لوله‌کشی در تیررس حملات دشمن قرار گرفت و تخریب گردید و تمامی نفت و فراورده‌های نفتی طعمه حریق و یا تیخیر شد و مقداری از آن نیز به زمین نفوذ کرد. پالایشگاه آبادان هم اکنون با ظرفیت بیش از ۴۰۰ هزار بشکه در روز فراورده‌های گاز مایع، بنزین موتور، نفت سفید، نفت گاز، سوخت جت، نفت کوره، گوگرد، گاز و نفت، انواع حلالهای نفتی، ماده اولیه کارخانه‌های روغن‌سازی و قیر را تولید می‌کند [۵].

نشت مواد نفتی و فراورده‌های آن از لوله‌ها و مخازن روزمینی پالایشگاه آبادان در طول جنگ تحمیلی از یک سو و فرسودگی سیستم‌های ذخیره، انتقال و پالایش نفت به دلیل قدمت این واحد صنعتی از سوی دیگر، سبب تعریف پروژه‌ای جهت بررسی گسترش و تخمین مقدار نفت موجود در آبهای زیرزمینی پالایشگاه آبادان گردید. واقع شدن این پالایشگاه در شهر آبادان، بین دو رودخانه بهمنشیر و اروندرود، و مصارف شهری، صنعتی و کشاورزی از این دو رودخانه و نیز استقرار در جوار مناطق مسکونی اهمیت شناخت گسترش آلودگی و تخمین مقدار نفت در آبهای زیرزمینی را نشان می‌دهد. روش تخمین گسترش و مقدار مواد نفتی در آبهای زیرزمینی پالایشگاه آبادان، از اهمیت بالایی برخوردار است که با استفاده از حفاری چاههای آبی مشاهده‌ای انجام گردید. سودمندی چاههای آبی مشاهده‌ای در یافتن آلودگی‌های آبی^۱ که از محیط‌های آلوده کننده مانند پالایشگاهها شروع به حرکت می‌کنند، به اثبات رسیده است. همچنین این روش جهت مشخص نمودن محدوده آلودگی به واسطه مواد نفتی در سفره‌های آبی زیرزمینی مناسب است [۶].

روشهای ارزیابی آلودگی آبهای زیرزمینی متنوع است که در

مرجع [۷] به آن اشاره شده است. در یکی از روشها از مدل دراستیک و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است و نقشه آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه که ناشی از استفاده از مواد شیمیایی بوده، مشخص گردیده است.

در اثر آلودگی نفتی در یکی از پالایشگاههای ایران، انواع مشتقات نفتی و فلزات سنگین در نمونه‌های آبهای زیرزمینی منطقه، مشاهده شده است [۸]. در صورت وجود مقادیر زیادی هیدروکربور در خاک، رشد و نمو گیاهان تا مدت زمان زیادی متوقف خواهد شد [۹ و ۱۰]. مواد نفتی نشت کرده به خاک قادر به آلوده نمودن منطقه وسیعی است. این مواد همچنین منابع آبی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند [۱۱ و ۱۲]. اثر آلودگی نفتی در منطقه آلوده، تا مدت زمان طولانی باقی می‌ماند. در تحقیقات گذشته گزارش شده است که بعد از گذشت حدود ۱۳ سال، اثرات سمی نوعی آلودگی نفتی^۲، در منطقه به چشم می‌خورد [۱۳].

این مقاله حاصل انجام پروژه‌ای است که برای اولین بار به وسعت کل پالایشگاه آبادان اجرا گردید. پروژه‌های متعددی با منظور شناسایی لایه‌های زیرسطحی در شهر آبادان و محدوده پالایشگاه برای ساخت واحدهای تصفیه نفت در گذشته انجام شده، ولی در هیچ پروژه‌ای مقدار آلودگی نفتی در آبهای زیرزمینی محاسبه نشده است. هدف اصلی از انجام این پروژه بررسی گسترش و تخمین مقدار مواد نفتی موجود در آبهای زیرزمینی پالایشگاه آبادان بود. در این راستا تعداد ۲۰ حلقه چاه آبی مشاهده‌ای، حفاری و تکمیل گردید. در مدت یک سال تغییرات تراز آبهای زیرزمینی اندازه‌گیری گردید و مواد نفتی موجود در این چاهها نمونه‌برداری شد.

در این مقاله ابتدا به زمین‌شناسی آبادان و مواد غالب تشکیل دهنده طبقات لایه‌های زیرسطحی و پروژه‌های انجام شده در منطقه اشاره شده است. سپس به روش و ابزار تحقیق، اندازه‌گیری و نمونه‌برداری پرداخته شده است. در پایان، مقدار و گسترش مواد نفتی در پالایشگاه و مدل حرکت آبهای زیرزمینی نیز تعیین گردید. نتایج نشان می‌دهد که تغییرات تراز آبهای زیرزمینی با جزر و مد رودخانه‌های اروندرود و بهمنشیر مطابقت داشته و خود، عاملی برای جذب مواد نفتی به طبقات زیرسطحی پالایشگاه در سالهای اخیر بوده است. شکل ۱، موقعیت چاههای آبی مشاهده‌ای را در پالایشگاه آبادان نشان می‌دهد.

۲- زمین‌شناسی آبادان

مهم‌ترین رسوبات دلتایی در ساحل خلیج فارس، در دهانه اروندرود به وجود آمده است. تمام مناطق باتلاقی این ناحیه را باید رسوبات

¹ Aqueous Phase

² Exxon Valdez

دریاها درست می‌شوند، معمولاً مخلوطی از ماسه ریزدانه، رس و سیلت هستند [۱۵]. به‌طور کلی بر طبق نقشه‌های زمین‌شناسی شرکت ملی نفت ایران، آبادان منطقه‌ای پست و مسطح و کاملاً پوشیده از رسوبات آبرفتی شامل رسوبات دانه ریز رسی، سیلتی و ماسه‌ای است. در زیر این رسوبات که دارای ضخامت در حدود ۱۰ تا ۵۰ متر هستند، رسوبات چین‌خورده زمین‌شناسی مربوط به سازند آغاچاری قرار دارد.

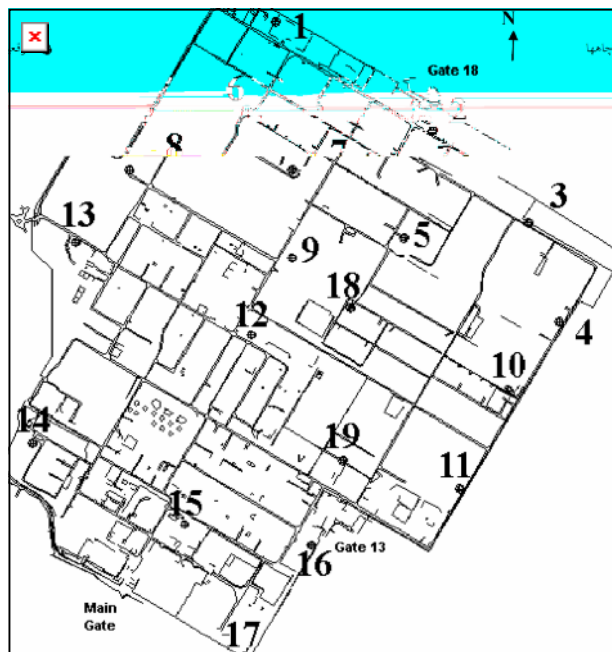
در پروژه مکانیک خاک و پی نیروگاه آبادان، تعداد ۱۲ گمانه تا عمق ۴۰ متری حفاری گردید که جنس خاک زیرسطحی اغلب رس و سیلت و ماسه گزارش شده است [۱۷]. در پروژه پساب پالایشگاه آبادان تعداد ۲ گمانه تا عمق ۲۴ متری حفاری گردید که وجود رس و در بعضی مقاطع ماسه به‌صورت رگه عدسی دیده شده بود [۱۸]. در پروژه بازسازی پالایشگاه آبادان تعداد ۸ گمانه تا عمق ۱۳/۵ متری حفاری گردید که جنس خاک اغلب رس و سیلت بوده و ماسه نیز در آنها مشاهده شده است و نتایج حاکی از آغستگی خاک از عمق ۷۵ سانتی‌متری تا ۱/۵ متری به نفت بوده است [۱۹]. در پروژه ساختگاه محوطه تقطیر پالایشگاه آبادان، تعداد ۴ گمانه تا عمق ۳۰ متر حفاری گردید که در آن صرفاً داده‌های خصوصیات فیزیکی نمونه‌ها ارزیابی شد [۲۰].

۳- روش تحقیق

۳-۱- انتخاب موقعیت چاههای آبی مشاهده‌ای

برای انتخاب موقعیت چاههای آبی مشاهده‌ای، موارد زیر در نظر گرفته شد: ۱- مشخص نمودن کلیه مکان‌هایی که تا قبل از جنگ تحمیلی در آنها واحدهای عملیاتی، مخازن ذخیره نفت و فراورده‌های آن در سرویس قرار داشتند، ۲- مشخص نمودن کلیه مکان‌هایی که در زمان انجام پروژه، واحدهای عملیاتی و مخازن ذخیره‌ای آنها در سرویس بودند، ۳- مشخص نمودن کلیه خطوط لوله‌ای که قبل از جنگ تحمیلی در سرویس بوده ولی در حال حاضر در سرویس نیستند، ۴- مشخص نمودن کلیه مکان‌هایی که پرسنل پالایشگاه در زمان‌های مختلف عملیاتی، شاهد نشست مواد نفتی بوده‌اند، ۵- گسترش سطحی که بتوان کلیه تانکفارم پالایشگاه را برای انجام مطالعه پوشش داد.

پس از انجام مطالعات اولیه و بررسی‌ها و اندازه‌گیری‌های انجام شده در سطح پالایشگاه، موقعیت تقریبی این چاهها تعیین گردید و سپس با تطبیق نتایج این مطالعات اولیه با نقشه‌های موجود، موقعیت دقیق این چاهها به‌کمک دستگاه GPS و نقشه‌برداری‌های سطح الارضی مشخص گردید. در شکل ۲ نقشه پالایشگاه به‌همراه وضعیت و شمای قرار گرفتن چاهها نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است، موقعیت قرارگیری چاهها به‌گونه‌ای



شکل ۱- موقعیت چاههای آبی مشاهده‌ای در پالایشگاه آبادان

دلتایی عهد حاضر در نظر گرفت. دلتای آبادان که شهر آبادان بر روی آن بنا شده، از تجمع رسوبات در دهانه این رودخانه به‌وجود آمده و جزیره مینو یکی از مثلث‌های کوچک این دلتا است [۱۴]. آبرفت‌های رودخانه‌ای معمولاً دارای لایه‌بندی و بسیار متغیرند. در بین لایه‌ها، لایه‌ها یا عدسی‌های با دانه‌بندی متفاوت یافت می‌شود. نفوذپذیری این رسوبات در جهت افقی به‌مراتب بیش از جهت قائم است. آبرفت‌های رسی معمولاً نرم‌اند و ماسه‌ها حالتی سست دارند و یا این که از تراکم متوسطی برخوردارند [۱۵]. هانت^۱ در سال ۱۹۸۴ در طبقه‌بندی خاکها بر مبنای منشأ و محل تشکیل، یکی از انواع رسوبات آبرفتی را رسوبات دلتایی نامید و محل تشکیل رسوبات دلتایی را، دلتا یا خلیج دهانه‌ای^۲ معرفی نمود [۱۶]. رسوبات دلتایی معمولاً متغیر، سست و ریزدانه هستند و به‌تدریج به درشت دانه تبدیل می‌شوند. در محل ورود آب به دریا، مسیر جریان رود ممکن است به‌طور متناوب معکوس گردد. این عمل ممکن است بر اثر طغیان رود و یا جزر و مد باشد. در بخشهای انتهایی رود و در محل برخورد آن به دریا، معمولاً رسوبات دانه ریز برجای گذارده می‌شود. حجم این رسوبات باید به اندازه‌ای باشد که جزر و مد، امواج یا جریان‌های دریایی قادر به حمل و پراکنده نمودن آنها نباشند. عامل مهم دیگر وجود محیط آرام و کم انرژی است. در چنین نقاطی انباشته شدن تدریجی رسوبات و پیشروی آن به سمت دریا، دلتا را به‌وجود می‌آورد. رسوبات دلتایی که در سواحل

¹ Hunt

² Estuary

انتخاب شده است که حداکثر پراکندگی را از جهت بررسی دقیق تر گسترش و مقدار نفت در آبهای زیرسطحی فراهم آورند.

۲-۳- مشخص نمودن ارتفاع زمین

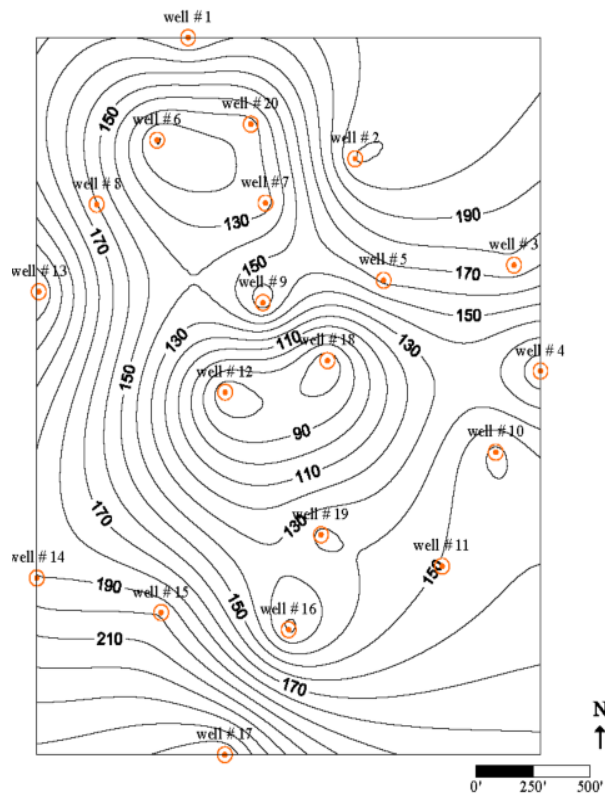
برای مشخص نمودن ارتفاع سطح زمین در هر یک از چاهها نسبت به یکدیگر و نسبت به سطح آزاد دریا، مشخص نمودن دقیق تفاوت در سطوح آب در چاهها و شیب زمین، نقشه برداری انجام شد. در نقشه برداری های انجام شده، مقدار ارتفاع سطح زمین هر یک از چاهها اندازه گیری شد. به منظور تعیین دقیق ارتفاع هر یک از سطوح نسبت به سطح آزاد دریا، کلیه اندازه گیری ها توسط نقطه ای مشخص^۱ در پالایشگاه نرمالیزه شدند. شکل ۲ منحنی میزان ارتفاع سطح زمین محوطه پالایشگاه را به همراه محل چاهها نشان می دهد.

طراحی، نصب و تعیین سطح آبهای زیرزمینی در جدول ۱ آمده است. جدول ۲، مشخصات ساختمان درونی چاههای آبی مشاهده ای تکمیل شده در این پروژه را نشان می دهد. برای جلوگیری از نفوذ آبهای روزمینی به درون چاه، بعد از انجام عملیات آستره شنی^۲ در چاهها، یک متر انتهایی چاه تا سطح زمین به واسطه سیمان، مسدود گردید و نیز سطح روزمینی چاه با اندازه یک متر مربع سیمان شد. شکل ۳، شماتیک وضعیت چاه شماره ۲ را نشان می دهد که در آن عمق حفاری، نحوه تکمیل^۳، موقعیت و سطح تراز آب زیرزمینی نشان داده شده است.

جدول ۱- استانداردهای استفاده شده در رابطه با طراحی و نصب و

تعیین سطح آبهای زیرزمینی

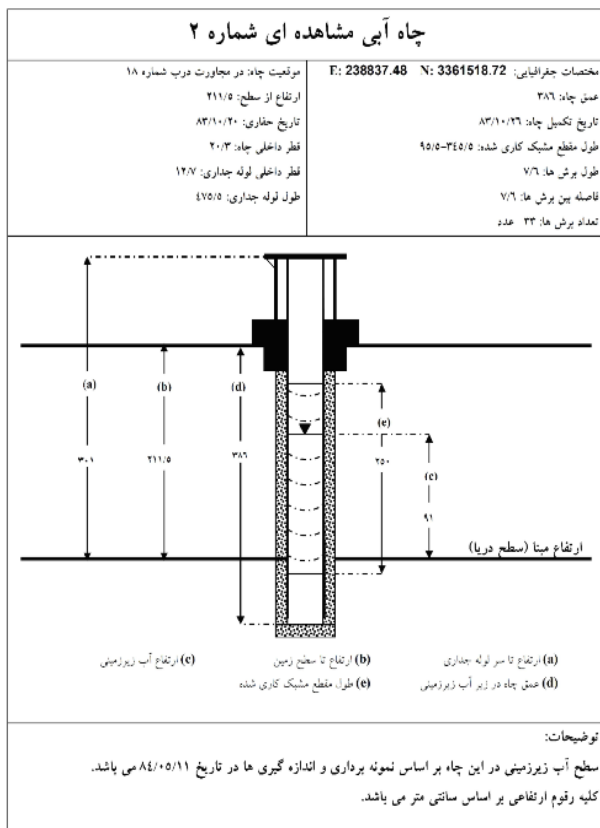
توضیحات	استاندارد
روش آزمایش استاندارد برای مشخص کردن سطح آبهای زیرزمینی در چاهک یا چاه مشاهده ای آبهای زیرزمینی	ASTM D 4750
طراحی و نصب چاههای آبی مشاهده ای در سفره های آبی زیرزمینی	ASTM D 5092



شکل ۲- منحنی های ارتفاع سطح زمین نسبت به سطح دریا در محوطه پالایشگاه بر حسب سانتی متر

۳-۳- حفاری و تکمیل چاههای آبی مشاهده ای

عملیات حفاری یکی از مهم ترین مراحل پروژه بود که با توجه به شرایط در حال کار پالایشگاه، دستگاههای موجود و محل انتخاب شده جهت حفاری، مناسب ترین وسیله حفاری که دارای قابلیت مانور بالا در سطح پالایشگاه باشد، طراحی شد. مراحل مختلف



شکل ۳- شماتیک وضعیت چاه مشاهده ای شماره ۲

² Gravel Packing

³ Completion

¹ Bench Mark

جدول ۲- مشخصات ساختمان درون چاهی چاههای آبی مشاهده‌ای

شماره چاه	موقعیت چاه	تراز سطح (cm)	عمق چاه (cm)	لوله جداری		طول مقطع مشبک کاری شده (cm)		طول برشها (cm)	فاصله بین برشها (cm)	تعداد برشها
				قطر (cm)	طول (cm)	از	تا			
۱	نزدیک مخزن روزمینی W7	۱۹۱/۵	۴۷۴	۸/۹	۵۴۰	۱۱۴	۲۷۴	۷/۶	۷/۶	۲۱
۲	به فاصله ۱۰۰ متر از درب شماره ۱۸.	۲۱۱/۵	۳۸۶	۱۲/۷	۴۷۵/۵	۹۵/۵	۳۴۵/۵	۷/۶	۷/۶	۳۳
۳	در مجاورت ایستگاه پمپاژ نفت تهران	۱۷۷/۵	۵۰۰	۱۲/۷	۵۸۷	۳۶	۲۳۶	۷/۶	۱۰/۱۶	۲۰
۴	به فاصله ۱۱۲ متر از مخزن روزمینی ۸۰۳	۱۱۰/۵	۵۰۰	۱۲/۷	۵۸۷	۶۴	۲۱۴	۷/۶	۱۰/۱	۱۵
۵	به فاصله ۶۲ متر از مخزن روزمینی ۲۳۹	۱۶۲/۵	۵۰۰	۱۲/۷	۶۲۲	۱۳۰	۳۵۰	۷/۶	۱۰/۱	۲۲
۶	به فاصله ۸۱ متر از مخزن روزمینی ۲۳۲	۱۰۸/۵	۴۰۰	۱۲/۷	۴۸۲	۸۲	۳۰۲	۷/۶	۷/۶	۲۹
۷	به فاصله ۴۱ متر از مخزن روزمینی ۲۳۶	۱۲۵/۵	۵۱۰	۱۲/۷	۶۱۹	۱۳۰	۳۵۰	۷/۶	۷/۶	۲۹
۸	به فاصله ۵۴ متر از فلر.	۱۶۰/۵	۵۰۰	۱۲/۷	۶۰۷	۱۳۰	۳۵۰	۷/۶	۷/۶	۲۹
۹	به فاصله ۳۶ متر از main route	۱۶۷/۵	۵۰۰	۱۲/۷	۶۱۱	۱۶۰	۳۸۰	۷/۶	۱۰/۱	۲۲
۱۰	به فاصله ۴۴ متر از مخزن روزمینی ۴۲۲	۱۶۳/۵	۵۰۰	۱۲/۷	۶۰۱	۱۱۰	۲۶۰	۷/۶	۱۰/۱	۱۵
۱۱	به فاصله ۸۱ متر از lamp post	۱۵۰/۵	۵۰۰	۱۲/۷	۶۰۸	۱۱۰	۲۶۰	۷/۶	۱۰/۱	۱۵
۱۲	به فاصله ۱۸ متر از ساختمان ها.	۷۰/۵	۵۰۰	۱۲/۷	۶۰۸	۱۰۰	۳۲۰	۷/۶	۱۰/۱	۲۲
۱۳	به فاصله ۴۳ متر از محل تصفیه پساب صنعتی.	۲۳۰/۵	۵۰۰	۱۲/۷	۶۰۲	۱۳۰	۳۵۰	۷/۶	۱۰/۱	۲۲
۱۴	به فاصله ۳ متر از steam pipe post	۱۹۰	۵۰۰	۱۲/۷	۵۹۴	۱۸۰	۴۰۰	۷/۶	۱۰/۱	۲۲
۱۵	به فاصله ۱۱ متر از H Sub-Ftu	۱۹۹	۵۰۰	۱۲/۷	۵۸۲	۱۳۰	۳۵۰	۷/۶	۱۰/۱	۲۲
۱۶	به فاصله ۱۶ متر از مخزن ذخیره oil skin	۱۱۷	۵۰۰	۱۲/۷	۵۹۳	۱۳۰	۳۵۰	۷/۶	۱۰/۱	۲۲
۱۷	به فاصله ۱۸ متر از lamp post	۲۶۰	۵۰۰	۱۲/۷	۵۸۲	۱۳۰	۳۵۰	۷/۶	۱۰/۱	۲۲
۱۸	به فاصله ۳۲ متر از مخزن روزمینی ۳۰۶	۷۰/۵	۵۰۰	۱۲/۷	۶۰۴	۱۴۰	۳۶۰	۷/۶	۱۰/۱	۲۲
۱۹	به فاصله ۱۹ متر از مخزن روزمینی ۶۱۲	۱۴۳	۵۰۰	۱۲/۷	۶۰۲	۱۰۰	۲۶۰	۷/۶	۱۰/۱	۱۵
۲۰	به فاصله ۱۳ متر از مخزن روزمینی ۲۶۲	۱۲۵/۵	۵۰۰	۱۲/۷	۸۸۱	۱۰۰	۳۶۰	۷/۶	۱۰/۱	۲۳

۴- روشهای نمونه برداری و اندازه گیری

۴-۱- اندازه گیری سطح تراز آبهای زیرزمینی

با توجه به این که جزر و مد در رودخانه‌های بهمنشیر و اروندرود در دو نوبت صبح و بعدازظهر انجام می‌پذیرد، برای داشتن میانگینی از جزر و مد، زمان نمونه‌گیری در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری تراز آبهای زیرزمینی و نمونه‌گیری از آب در چاههای آبی مشاهده‌ای در زمان‌های مختلف در یک دوره یک‌ساله انجام گردید. همچنین از استاندارد ASTM D 4750 برای تعیین سطح آبهای زیرزمینی استفاده شد. اندازه‌گیری تراز آب در ۲۰ حلقه چاه مشاهده‌ای با محاسبه میانگین زمان جزر و مد منطقه و در زمان‌های ثابت انجام گردید. نتایج اندازه‌گیری تغییرات سطح ایستابی هر یک از چاههای آبی مشاهده‌ای در طول دوره یک‌ساله نمونه‌برداری، ارتباط بین

جزر و مد در رودخانه‌های بهمنشیر و اروندرود و آبهای زیرزمینی پالایشگاه آبادان، دمای هوا و میزان بارندگی را به‌وضوح نشان می‌دهد.

۴-۲- نمونه‌برداری از آب

نمونه‌برداری از آب توسط وسیله‌ای مخصوص به نام بیلر^۱ انجام شده است.

۴-۳- اندازه‌گیری مقدار نفت موجود در آب

به‌منظور اندازه‌گیری نفت محلول در آب از استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست روش ۴۱۳/۳^۲ استفاده شد. به‌این منظور

¹ Bailer

² EPA (Method 413.3)



شکل ۴- تصویر نمونه‌های آب از چاه‌های آبی مشاهده‌ای

جدول ۳- تخمین مقدار نفت شناور بر روی آبهای زیرزمینی در محدوده چاههای ۳ و ۱۱

محدوده چاه	نوع نفت شناور	سطح (acre)	ضخامت نفت شناور (ft)	مقدار نفت (bbl)
۳	نفت سبک	۲۸/۶	۰/۰۹۸	۲۱۷۴۴
۱۱	قیر	۲۴/۷	۰/۰۴۹	۹۳۹۰

یک سال، اندازه‌گیری شد. در این تحقیق تغییرات پتانسیل آب در هر کدام از چاه‌های آبی مشاهده‌ای در طی زمان نمونه‌گیری و همچنین حرکت آبهای زیرزمینی در لایه‌های زیرین پالایشگاه مشخص گردید. شکل ۵، میانگین تغییرات سطح ایستابی آبهای زیرزمینی را در محوطه پالایشگاه در یک دوره نمونه‌برداری یک

۵۰۰ میلی لیتر از نمونه آب چاه‌های مشاهده‌ای درون یک قیف دکانتور ریخته شد. ظرف نمونه دو بار، هر بار با ۱۰ میلی لیتر تری کلرورتی فلورواتان شستشو داده و به قیف دکانتور اضافه گردید. سپس به مدت ۲ دقیقه به هم زده و گازگیری شد. فاز آلی درون یک بالن مخصوص دستگاه چرخشی^۱ ریخته شد و مجدداً ۱۰ میلی لیتر دیگر حلال به فاز آبی اضافه و به هم زده شد و به بالن اضافه گردید. سپس بالن حاوی روغن و حلال، روی دستگاه نصب شد. حمام روی ۷۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد و دستگاه روشن شد. هنگامی که کل حلال تبخیر گردید دما از ۴۷ درجه سانتی‌گراد تنزل یافت. سپس بالن از دستگاه جدا شد و درون آن با سشوار هوازده و در دسیکاتور خنک شد و بعد از آن وزن گردید و در پایان مقدار نفت موجود در آب مشخص شد. ضخامت قشر نفتی شناور بر روی آب زیرزمینی نیز با استفاده از چسب شاخص نفت^۲، که به محض برخورد با نفت تغییر رنگ می‌دهد، اندازه‌گیری شد. روش کار نیز همانند چسب شاخص آب^۳ است. این چسب مخصوص فقط در حین تماس با نفت تغییر رنگ داده و به این ترتیب ضخامت قشر نفتی بر روی متر فلزی اندازه‌گیری می‌گردد. پس از اندازه‌گیری ضخامت قشر نفتی شناور بر روی آبهای زیرزمینی، از نفت شناور نیز نمونه‌برداری شد. شکل ۴، تصویر نمونه‌های آب از چاه‌های آبی مشاهده‌ای اخذ شده در یکی از دوره‌های زمانی نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.

به منظور محاسبه مقدار نفت شناور بر روی آبهای زیرزمینی، ابتدا محدوده مشاهده نفت شناور در اطراف چاههای ۳ و ۱۱، بر حسب ایکر^۴، مشخص و محاسبه گردید. ضخامت میانگین نفت نیز محاسبه شد و با استفاده از رابطه ۱ (روش حجمی^۵)، مقدار نفت شناور در محدوده چاههای ۳ و ۱۱ طبق جدول ۳، تخمین زده شد.

$$Q = 7758 \times A \times h \quad (1)$$

که در آن

Q مقدار نفت بر حسب bbl، A سطح بر حسب ایکر، h ضخامت نفت شناور بر حسب فوت است.

۵- تعیین الگوی حرکت آبهای زیرزمینی پالایشگاه آبادان

به منظور تعیین حرکت آبهای زیرزمینی در پالایشگاه آبادان، تراز آب درون هر یک از چاه‌های مشاهده‌ای در زمان‌های ثابت در طول

¹ Rotary

² Indicator Paste, Oil

³ Indicator Paste, Water

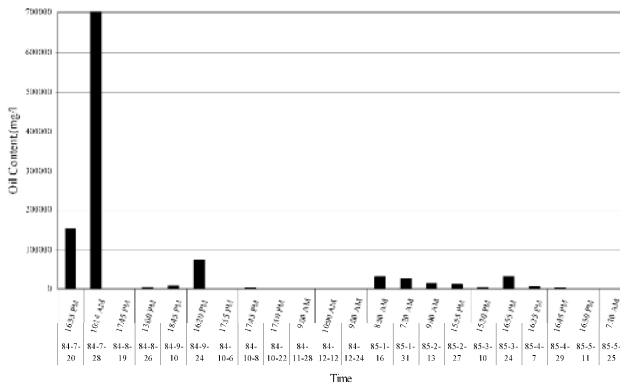
⁴ Acre

⁵ Volumetric

۶- تغییرات مقدار نفت در آبهای زیرزمینی پالایشگاه

نتایج اندازه‌گیری مقدار نفت در نمونه‌های آبی اخذ شده در طول زمان نمونه‌گیری در این تحقیق در این قسمت بررسی شد. میانگین مقدار نفت محلول در آب در کل محوطه پالایشگاه، ۲۴۶۱ میلی‌گرم در لیتر بود. نمودار میله‌ای مقدار نفت و تغییرات آن در نمونه آب چاه شماره ۳، در شکل ۶ نشان داده شده است. شکل ۷، تغییرات مقدار و گسترش نفت را برای کل چاهها در یک دوره نمونه‌برداری نشان می‌دهد. در این کانتور، میزان نفت موجود در آب بر مبنای رنگ در سمت راست نشان داده شده است. در این شکل حداکثر مقدار نفت در آبهای زیرزمینی پالایشگاه آبادان در محوطه چاههای آبی مشاهده ای شماره ۳ و ۱۱ دیده می‌شود. همچنین گسترش مواد نفتی در این شکلها نشان داده شده است. گسترش و پخش مقدار نفت از چاههای شماره ۳ و ۱۱ در زمانهای مختلف نمونه‌گیری دیده شده است که نشان دهنده وجود منابع پخش در همین زمانها است به این معنی که در کنار این دو چاه فعالیتهای اخیر پالایشگاه، باعث نشت نفت شده است.

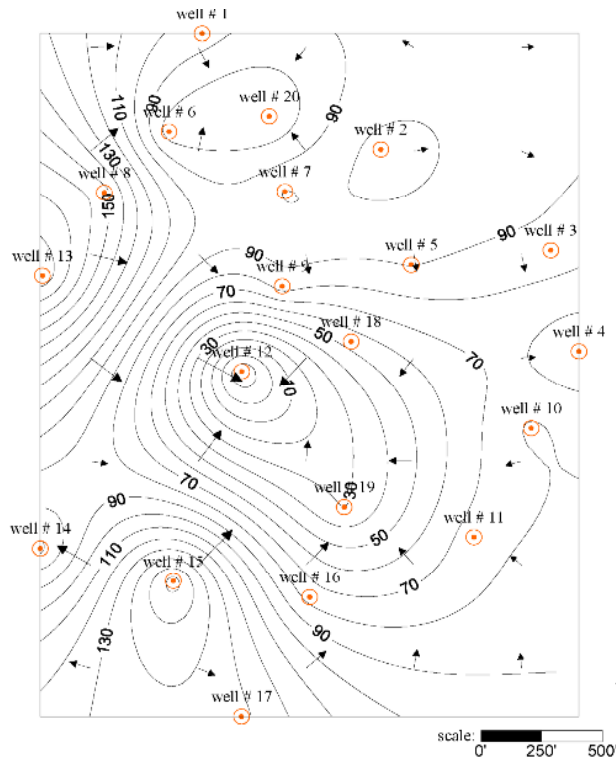
علاوه بر اندازه‌گیری نفت محلول در آب، نوع و مقدار نفت شناور بر روی آبهای زیرزمینی نیز مشخص گردید. تنها مکان‌های مشاهده نفت به صورت قشر نفتی و شناور در آبهای زیرزمینی نیز، محوطه چاههای شماره ۳ و ۱۱ بود. در مدت زمان انجام این تحقیق نفت شناور بر روی آبهای زیرزمینی فقط در اطراف چاههای ۳ و ۱۱ مشاهده شد. چاه شماره ۳ نزدیک به ایستگاه انتقال نفت تصفیه شده به اهواز و چاه شماره ۱۱ نزدیک به مکان بارگیری قیر پالایشگاه بود.



شکل ۶- نمودار میله‌ای مقدار نفت و تغییرات آن در نمونه آب در چاه شماره ۳

۷- نتایج و بحث

حجم و گسترش نفت در آبهای زیرزمینی پالایشگاه بستگی به میزان نفت در زمان پخش دارد. نوسانات سطح آبهای زیرزمینی و



شکل ۵- منحنی‌های میانگین سطح ایستابی و جهت حرکت آبهای زیرزمینی پالایشگاه آبادان در طول مدت یکسال نمونه‌گیری

ساله نشان می‌دهد. خطوط هم پتانسیل^۱ و خطوط جریان^۲ نشان می‌دهند که سه جهت جریان متفاوت در پالایشگاه آبادان موجود است که به ترتیب اهمیت عبارت‌اند از:

۱- یک جریان آب زیرزمینی عمدتاً به طرف وسط پالایشگاه و در محدوده چاههای ۱۲ و ۱۸. همچنین چاههای شماره ۹، ۱۶، ۱۹ و ۱۰ نیز در این محدوده قرار می‌گیرند.

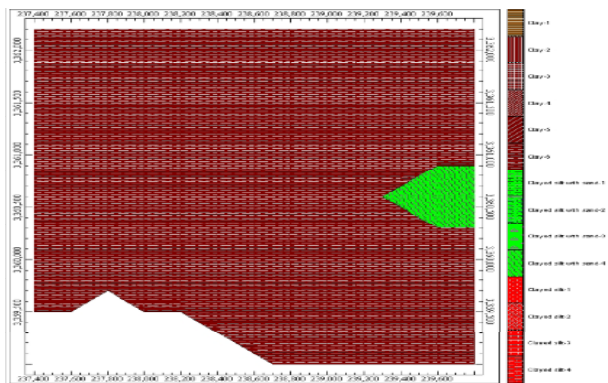
۲- یک جریان دیگر در شمال غربی پالایشگاه در محدوده چاههای شماره ۲۰، که چاههای شماره ۱، ۶ و ۷ نیز در این محدوده قرار می‌گیرند.

۳- یک جریان آب زیرزمینی در شرق پالایشگاه که در محدوده چاه شماره ۳ و ۴ است.

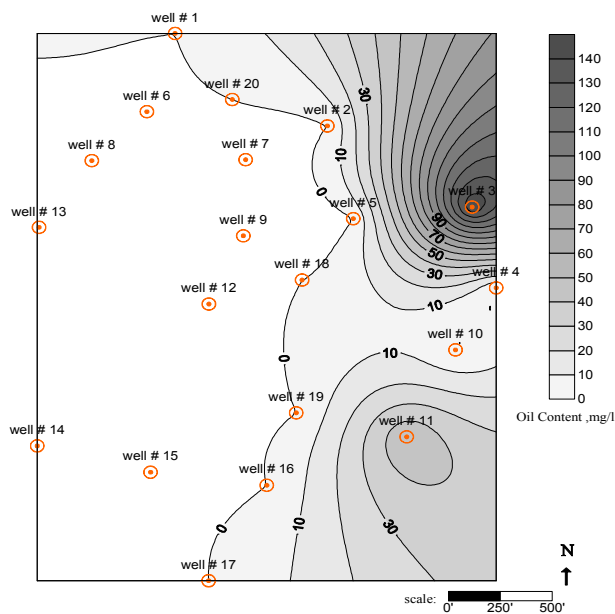
مهم‌ترین عامل حرکت در آبهای زیرزمینی اختلاف پتانسیل موجود بین دو نقطه است. حرکت آبهای زیرزمینی بر اساس قوانین هیدرولیک یعنی از پتانسیل بالا به طرف پتانسیل پایین است. براساس نتایج حاصل، چاههای شماره ۱۸ و ۱۲ در پایین‌ترین سطح نسبت به چاههای مجاور قرار دارند و همین امر باعث ایجاد یک گرادیان هیدرولیکی به سمت اصلی‌ترین منطقه حرکت آبهای زیرزمینی در پالایشگاه آبادان شده است.

¹ Iso Potential Lines

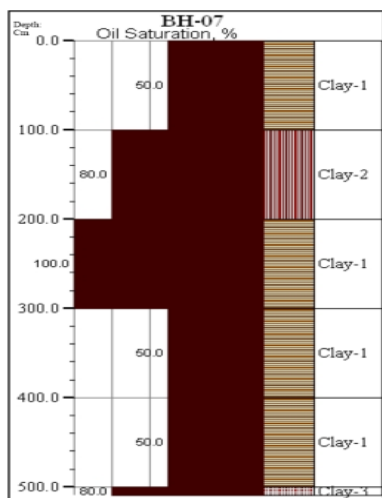
² Flow Lines



شکل ۸- نقشه الگوی گسترش لایه های زیرسطحی در محوطه پالایشگاه در ارتفاع ۳۶۰ سانتی متری پایین تر از سطح دریا



شکل ۷- کانتور مقدار نفت و گسترش آن در پالایشگاه آبادان در یکی از دوره های نمونه برداری



شکل ۹- شمای لایه های زیرسطحی و درصد اشباع و آغستگی به نفت چاه ۷

زیاد به عنوان یک مانع زمین شناسی مناسب قلمداد می شوند [۲۱]. ارزیابی نقش رس به عنوان یک مانع در جلوگیری از آلودگی توسط محققان زیادی انجام شده است [۲۲، ۲۳ و ۲۴]. همچنین رس به عنوان ترکیب اصلی در ایجاد موانع^۲ با هدف دفن مواد آلوده و زباله به کار می رود و نقش اساسی در کنترل آلودگی دارد [۲۵ و ۲۶]. محققان زیادی نشان داده اند که بهره مندی از خصوصیات زمین شناسی/هیدروژئولوژی و خواص میرایی مواد و لایه های زیرسطحی رس در شرایط مناسب، در جلوگیری از آلودگی منابع آبی مؤثر است [۲۷-۳۰]. همچنین مزایای بعضی از ترکیبات رسی برای حذف آلودگی های آلی از آب در تحقیقات زیادی به ثبت رسیده است [۳۱-۳۷].

عواملی مثل جزر و مد و نوسانات سطح ایستابی در چاهها باعث شده است که نفت به حالت شناور روی آب درآید و با

خصوصیات لایه های زیرزمینی نیز نقش مهمی دارا هستند. مقدار نفت در طول زمان نمونه برداری از آبهای زیرزمینی یکسان نیست به طوری که در زمانی زیاد و در زمان دیگر کم است (شکلهای ۶ و ۷). بالا بودن این مقدار در چاه شماره ۳ در دوره های اول و دوم دیده شد. در چاه شماره ۱۱ افزایش میزان نفت در آبهای زیرزمینی در دوره های چهارم و پنجم مشاهده شد. اطلاعات زمین شناسی، حفاری های انجام شده در پالایشگاه و نیز شکل های ۸ و ۹، به وضوح غالب بودن رس را در لایه های زیرسطحی پالایشگاه نمایان می سازند. شکل ۸ نقشه الگوی گسترش لایه های زیرسطحی در محوطه پالایشگاه در ارتفاع ۳۶۰ سانتی متری پایین تر از سطح دریا را نشان می دهد. شکل ۹ نیز شمای لایه های زیرسطحی^۱ چاه شماره ۷ را نشان می دهد که در آن جنس لایه های زیرسطحی و نیز درصد اشباع نفت این لایه ها به وضوح مشخص است. با شروع جنگ تحمیلی، تانکفارم پالایشگاه تخریب، و قسمت اعظم نفت به لایه های زیرسطحی نفوذ کرد. در این پژوهش میزان اشباع نفت در هر یک مغزه های حاصل از حفاری، محاسبه گردید. مقدار آغستگی خاک به نفت از ۲۰ تا ۸۵ درصد بود و به طور کلی میانگین مقدار مواد نفتی در خاک به میزان ۵۲ درصد از حجم فضای بین دانه ای بود. مشاهده مواد نفتی در لایه های رسی زیرسطحی پالایشگاه آبادان، در برخی پژوهشها گزارش شده است [۳ و ۱۹].

در نواحی گرمسیری، مقاطع هوازده غنی از رس با ضخامت

² Barriers

¹ Strip Log

بالارفتن سطح ایستابی، نفت به سمت بالا و با پایین آمدن سطح ایستابی، نفت به سمت پایین حرکت نماید. به طور کلی در میان چاههای حفاری شده در پالایشگاه فقط در چاههای ۳ و ۱۱ نفت در آب زیرزمینی مشاهده شد و این به این دلیل است که در طول زمان نمونه برداری از آبهای زیرزمینی در دوره یکساله به غیر از دوره اول و دوم در چاه شماره ۳ و دورههای چهارم و پنجم در چاه شماره ۱۱، هیچگونه اتفاقی از نظر پخش مواد نفتی در پالایشگاه رخ نداد. در چاههای دیگر به غیر از چاههای شماره ۳ و ۱۱ هیچگونه مواد نفتی مشاهده نشد. چاه شماره ۳ نزدیک به ایستگاه انتقال نفت تصفیه شده به اهواز و چاه شماره ۱۱ نزدیک به مکان بارگیری قیر پالایشگاه بود. پخش مداوم نفت از این دو مکان، باعث مشاهده شدن نفت در این مکانها و گستردگی آن در اطراف این چاهها شده است. به طور میانگین مقدار ضخامت نفت مشاهده شده در آب چاه شماره ۳، ۵ سانتی متر و در چاه شماره ۱۱، ۱/۵ سانتی متر بود.

۸- نتیجه گیری

- ۱- مقدار نفت در محدوده چاه شماره ۳، به مقدار ۲۱۷۴۴ بشکه از نوع نفت تصفیه شده بود. در محدوده چاه شماره ۱۱ نیز مقدار نفت حدود ۹۳۹۰ بشکه از نوع قیر، محاسبه شد.
- ۲- قسمت اعظم مواد نفتی پخش شده در زمان جنگ تحمیلی، جذب رس شده است و سطح پالایشگاه به صورت گسترده تا عمق ۴/۵ متری آغشته به نفت است. مواد نفتی موجود در چاههای شماره ۳ و ۱۱ به دلیل فعالیتهای اخیر در پالایشگاه است.
- ۳- چاههای آبی مشاهده ای موجود در پالایشگاه آبادان، ابزار مفیدی برای نظارت بر آلودگی آبهای زیرزمینی هستند.

۹- قدردانی

به این وسیله از اداره پژوهش و توسعه شرکت پالایش نفت آبادان به خاطر پشتیبانی مالی از این پروژه که برای اولین بار در ایران انجام شد، قدردانی به عمل می آید.

۱۰- مراجع

- 1- Stegman, R. (2003). *Treatment of Contaminated Soil*, Berlin Pub., Germany.
- 2- Ehteshami, M., and Ahmadnia, R. (2006). "Modeling of Petroleum hydrocarbon leakage in soil resources of underground waters." *Environment Science and Thechnology*, 29 (2), 47-57.
- 3- Shadizadeh, S. R., and Zoveidavianpoor, M. (2007). "Investigation of crude oil penetration in Abadan refinery underground layer." Research Project, Petroleum University of Technology and Abadan Refinery, (in Persian).
- 4- Askarzadeh, T., Bazrafshan, A., and Hajipourfard, H. (2003). "Petroleum pollution investigation of groundwater in Arak refinery." *Environmental Studies*, 32, 56-67.
- 5- <http://www.abadan-ref.ir>, (Dec. 2, 2008).
- 6- Abdul, A. S. (1988). "Migration of petroleum products through sandy hydrogeologic system." *Groundwater Monitoring Review*, 8 (4), 73-81.
- 7- Chitsazan, M., and Akhtari, Y. (2005). "Evaluating the potential of groundwater pollution in Kherran and Zowericherry plains through GIS-based DRASTIC model." *J. of Water and Wastewater*, 59, 39-51.
- 8- Environmental Protection Agency Office. (2005). *Report of Leader Committee About Petroleum Pollution of Tehran Refinery and Suburbs*, 2nd volume, Tehran.
- 9- Chaîneau, C. H., Morel, J. L., and Oudot, J. (1997). "Phytotoxicity and plant uptake of fuel oil Hydrocarbanos." *J. Environ Qual.*, 22, 1032-1037.
- 10- Terje, K. (1984). "Effect of oil pollution on the germination and vegetative growth of five species of vascular plant." *Oil and Petrochem Pollut.*, 2, 25-30.
- 11- LAND. (2002). "The requirements on treatment of soil and groundwater polluted with oil products and pollution limits." *Ministry of Environment of Lithuania*, p 31.
- 12- Marcionis, A. (1999). *Results of ecohydrogeological investigation and groundwater monitoring network implementation in JS, Lietuvos Kuras gas station, UAB, Grota Vilnius*, 5-20.
- 13- Short, J. W., and Heintz R. A. (1997). "Identification of Exxon Valdez oil in sediments and tissue from Prince William Sound and the North Western Gulf of William based in a PAH weathering model." *Environ. Sci. Technol.*, 31, 2375-2384.
- 14- Darwishzadeh, A. (1992). *Geology of Iran*, Amirkabir pub., Tehran.

- 15- Memarian, F. (2001). *Engineering Geology and Geotechnic*, 2nd Ed., Tehran University Pub, Tehran.
- 16- Hunt, R.E. (1984). *Geotechnical Engineering Investigation Manual*, McGraw Hill, USA.
- 17- Zamiran Engineering Co. (2003). *Final report of soil mechanic and foundation investigation of Abadan reactor*, Tehran, (in Persian).
- 18- Khuzestan Company of Soil Mechanic and Technical Laboratory. (2003). *Report of soil mechanic of wastewater purification of Abadan refinery*, Abadan (in Persian),
- 19- Mandro Consulting Engineer's Co. (1989). *Report of research and investigation of soil mechanic, foundation and strength of geotechnical materials of Abadan refinery rebuilding project*, Tehran, (in Persian).
- 20- Peykav Consulting Engineers Co. (2001). *Geotechnical investigation report of distillation yard construction of Abadan refinery*, Tehran, (in Persian).
- 21- Allen, A. (2002). *Attenuation: A cost effective landfill strategy for developing countries*. in: van Rooy, J.L., Jermey, C.A. (eds) *Engineering Geology for Developing Countries*, International Association of Engineering Geology and the Environment, USA.
- 22- Chhabra, R., Pleysier, J., and Cremers A. (1975). "The Measurement of the cation exchange capacity and exchangeable cations in soils, A new method." *Proc. Int. Clay Conf.*, 439-449.
- 23- Roehl, K. E., and Czurda, K. (1998). "Diffusion and solid speciation of Cd and Pb in clay liners." *Applied Clay Science*, 12, 387-402.
- 24- Salim, I. A., Miller, C. J., and Howard, J. L. (1996). "Sorption isotherm-sequential extraction analysis of heavy metal retention in landfill liners." *J. of Soil Science Society America*, 60, 107-114.
- 25- Rowe, R. K., Quigley, R. M., Mohn, R. (1995). *Clayed barrier systems for waste disposal facilities*, 1st Ed., Spon Press Publishing, Kingston.
- 26- Percival, C., Schroeder, C., and Leape, J. (1992). *Environmental regulation: law, science, and policy*, 2nd Ed., Little Brown and Company, New York.
- 27- Batchelder, M., Mather, J. D., and Joseph, J.B. (1998a). "Mineralogical and chemical changes in mineral liners in contact with landfill leachate." *Waste Management and Research*, 16, 411-420.
- 28- Batchelder, M., Mather, J.D., and Joseph, J. B. (1998b). "The stability of the Oxford Clay as a mineral liner for landfill." *J. of the Chartered Institution of Water and Environmental Management*, 12, 92-97.
- 29- DoE. (1978). *Cooperative Programme of Research on the Behavior of Waste in Landfill Sites*, Department of the Environmental, Her Majesty's Stationery Office (HMSO), Malaysia.
- 30- Warith, M.A., and Yong, R.N. (1991). "Landfill leachate attenuation by clay soil." *Hazardous Waste and Hazardous Materials*, 8 (2), 127-141.
- 31- McBride, M.B., and Mortland, M.M. (1973). "Segregation and exchange properties of alkylammonium ions in a smectite and vermiculite." *Clays and Clay Minerals*, 21, 323-329.
- 32- Alther, G.R. (1999). "Removal of oil from wastewater with organo-clay." *International Water Irrigation Review*, 19 (4), 44.
- 33- Beall, G.W. (1984). *Method of breaking emulsions; Absorption of a quaternary ammonium exchanged clay in wastewater*, U.S. Patent, 4,470,912.
- 34- Beall, G.W. (1985a). *Process for treating organic contaminated water; Organoclay absorption column followed by active carbon*, U.S. Patent 4,517,094.
- 35- Beall, G.W. (1985b). *Method of removing organic contaminants from aqueous compositions; Absorption with reaction product of clay and quaternary ammonium salt*, U.S. Patent 4,549,590.
- 36- Beall, G.W. (1996). *Method of removing water-insoluble organic contaminants from an acidic aqueous stream*, U.S. Patent 5,567,318.
- 37- Kokai, T. (1975). Japanese Patent Application 25,489.