

مدلسازی نشت هیدروکربنهای نفتی در منابع خاک آبهای زیرزمینی

دکتر مجید احتشامی

دانشکده عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

رامین احمدنیا

دانشکده عمران محیط زیست دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده

امروزه با توجه به روند رو به رشد افزایش جمعیت، و رشد روزافزون صنایع وابسته به نفت، میزان تقاضا برای مواد نفتی افزایش چشمگیری یافته است. افزایش تولید و به تبع آن افزایش میزان مصرف همراه با ریخت و پاشهای فراوانی است که این مسئله نشت مواد نفتی به محیط زیست را شدت می بخشد. آلوده شدن منابع آب و خاک اثرات زیان بار و بعضاً جبران ناپذیری به همراه دارد. مشخص شدن میزان ماده نشت کننده، مسیر حرکت، ماندگاری آن در محیطهای مختلف و میزان غلظت آن در عمقهای مختلف از اساسی ترین اطلاعاتی است که در مدیریت منابع آب و خاک به منظور مقابله با آلودگی محیطهای آبی و خاک باید در دسترس تصمیم گیرندگان قرار داشته باشد. در این نوشتار به منظور مدلسازی نشت فرآورده های نفتی در منابع آب و خاک از مدلی بنام RITZ استفاده شده است، تا ضمن بررسی فرآیند نشت، مکان و غلظت ماده نشت کننده را تخمین زد و بر این اساس اقدامات لازم برای کنترل آلودگی محیط بکار برد و جهت صحت سنجی مدل اطلاعات خروجی مدل با اطلاعات حاصل از مطالعات آزمایشگاهی صورت پذیرفته مقایسه شد که نتایج واسنجی های مثبت صورت پذیرفته در جداول و نمودار های جداگانه ای نشان داده شده است. واژه های کلیدی: مدلسازی، هیدروکربنهای نفتی، منابع آب و خاک، نشت

مقدمه

مخازن و غیره نیز باعث تخلیه ناگهانی ترکیبات نفتی به مقادیر بسیار زیاد در محیط زیست می شود. برخی از حوادث مهم نشت نفت در جهان گزارش شده [۲] که از جمله می توان شکست خط لوله اهواز در سال ۱۹۷۸ میلادی (۱۱۰ میلیون تن)، غرق شدن کشتی نفتکش Nova در سال ۱۹۸۵ در خلیج فارس (۷۷ میلیون تن) و نشت ۳۴ میلیون تن مواد نفتی از پالایشگاه میزوشیمای ژاپن در سال ۱۹۷۴ را نام برد.

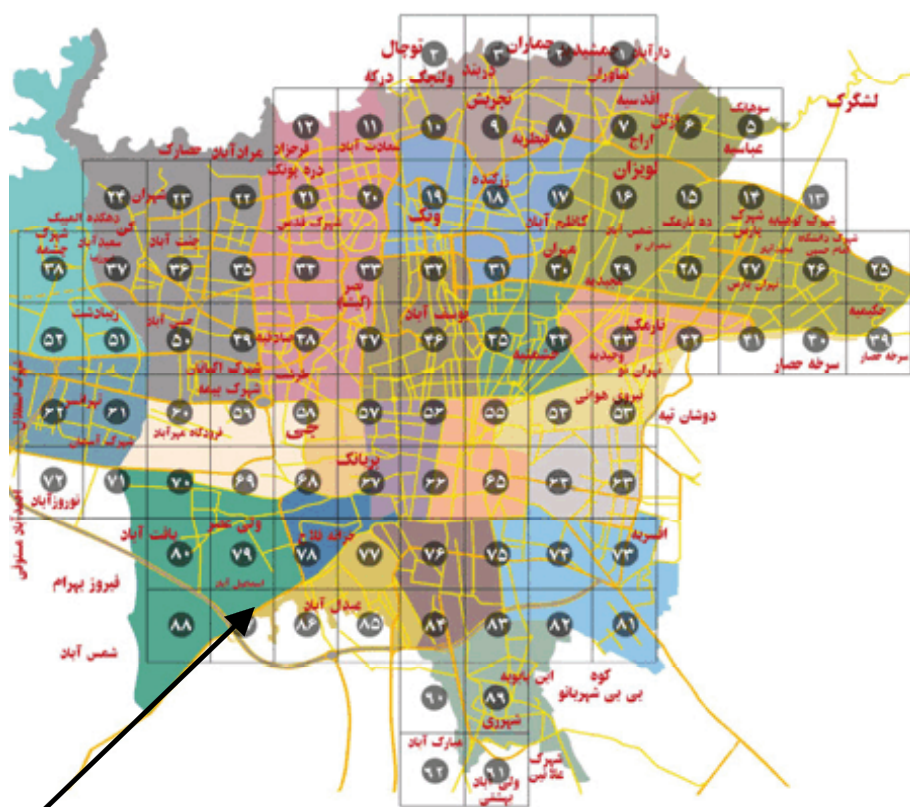
ورود این دسته از مواد به آبهای سطحی و روان آبهای سطحی که مواد نفتی را از تاسیسات و پالایشگاهها و غیره شسته و وارد آبهای جاری مجاور این مناطق می کنند صورت می پذیرد. در هر سال بین ۲۰ تا ۳۴۰ میلیون گالن نفت در کره زمین منتشر می شود. بیشترین

در جهان بیشتر از ۲ بلیون تن نفت در هر سال تولید می شود [۱] و مقادیر زیادی از این تولید در آبهای اقیانوسها و محیط خشکیها تخلیه میشود. مقادیر زیادی نفت و ترکیبات آن روزانه مصرف می شود. مصرف نفت دنیا حدود ۷ میلیون تن در روز است. طبیعی است که این مصرف و تولید زیاد با ریخت و پاشها و نشتهای زیادی در محیط آبی و خاکی و حتی در اتمسفر همراه است. حمل و نقل، ذخیره سازی، تصفیه، بارگیری، تولید محصولات جانبی، استخراج و دیگر فرآیندهایی که روی نفت و مشتقات آن انجام می شود با نشت این مواد به محیط همراه است. از طرفی حوادث مختلف از جمله ترکیدن و شکستن لوله ها، جنگها و آتش سوزی و انفجار چاهها، غرق شدن یا سوراخ شدن کشتی ها، شکستگی

در جوار و یا داخل اراضی کشاورزی روستا قرار گرفته است، خط لوله ۸ اینچی نفت دقیقاً از فاصله دو متری خانه ها عبور داده شده، آلودگی گوگردی به قدری در این محدوده بالا است که بخشی از خاک را به شدت پوک کرده است. به علت آلودگی شدید آب چاه ها، برخی کشاورزان مجبور به استفاده فاضلاب تهران برای آبیاری اراضی کشاورزی شده اند، سبزی کاری ها اکثراً خشک شده است، وجود داغ نفت های کنار جوی های آبرسانی مزارع، بدون هر نوع آزمایشی شاهد گویایی از آلودگی شدید نفتی در آب چاه های منطقه است. در اوایل اسفند ماه سال گذشته (۱۳۸۲) نشت نفت و گاز به قدری افزایش می یابد که حتی با زدن کبریت آب آن آتش گرفت. (شکل ۲)

انتشارها ناشی از تانکرها، سیستم های لوله کشی، تسهیلات ساحلی و نفت کش ها است. جنگها و حوادث نیز سهم زیادی از علل انتشار را به خود اختصاص می دهد. همچنین به گل نشستن و غرق شدن کشتی های نفت کش نیز عامل بسیاری از انتشارها در جهان بوده است [۳].

اثرات زیست محیطی نشت مواد نفتی در محیط زیست نشت مواد نفتی به محیط زیست اثرات زینباری از خود بر جای می گذارد برای مثال در روستای اسماعیل آباد از توابع تهران (در نزدیکی پالایشگاه تهران- شکل ۱) نشت مواد نفتی مخاطرات زیست محیطی جبران ناپذیری با خود به همراه داشته است. مخازن عظیم نفت، بنزین و گاز



روستای اسماعیل آباد(ری)

شکل ۱: نقشه تهران

مدل کمی

مدل کمی شامل نوشتن یک برنامه یا کد کامپیوتری می شود یا میتواند انتخاب کد مناسب باشد [۵]. مطالعاتی توسط آزمایشگاه ORD سازمان حفاظت محیط آمریکا Ada اکلاهما و Athens جورجیا بر روی مدل‌های ریاضی مختلف در زمینه حرکت آلاینده ها و تغییرات و سرانجام این مواد درون توده خاک و منابع آب های زیر زمینی گرفت.

این پژوهش بر روی ۹ مدل مختلف انجام گرفت. با اینکه پارامتر های ورودی هر مدل با سایر مدلها متفاوت است اما تمام این مدلها در شرایط یکسان و مشابه نتایج مشابهی را ارائه کردند.

مدلها از قرار زیر می باشند.

۱. RITZ (Regulatory & Investigative Treatment Zone Model)
 ۲. VIP (Vadose Zone Intractive Process Model)
 ۳. CMLS (Chemical Movement in Layered Soil Model)
 ۴. HYDRUS
 ۵. SUMMER
 ۶. MULTIMED (Multimedia Exposure Assessment Model)
 ۷. VLEACH (Vadose Zone Leaching Model)
 ۸. SESOIL (Seasonal Soil Compartment)
 ۹. PRZM-2 (Pesticide Root Zone Model)
- مدل‌های RITZ, VIP, CMLS و HYDRUS [۶] و مدل‌های SUMMER، MULTIMED، VLEACH، SESOIL، PRZM-2 بررسی و ارزیابی شدند [۷].



شکل ۲: آلودگی شدید آب شرب به مواد نفتی و آتش گرفتن آن

بررسی عوامل موثر بر حرکت مواد نفتی در لایه های خاک

آگاهی از سرنوشت مواد نفتی و شیمیایی در محیط‌های زیست سطحی و زیر سطحی از نظر حفاظت کیفیت آب و نظارت زیست محیطی مسئولانه به مواد نفتی از اهمیت به سزایی برخوردار است. در این زمینه نیاز شدیدی به مطالعات آزمایشی طراحی شده به منظور درک کامل چگونگی حرکت و تجزیه مواد نفتی و ترکیبات خاص احساس می شود.

استفاده از مدل بعنوان یک ابزار مدیریتی

مدیریت کیفیت منابع آب و خاک نیاز به درک مناسبی از عواملی دارد که سرنوشت مواد و فرآورده های نفتی و شیمیایی را در محیط زیست تعیین می کنند. مواد نفتی که وارد خاک می شوند ممکن است در لایه های خاک شسته شوند و تهدیدی برای کیفیت آبهای زیرزمینی به شمار آیند ، و یا در نزدیکی سطح زمین باقی بمانند و بوسیله آبهای سطحی ، سیلابها و جریانات آب سطحی و یا آبگیرها حرکت کنند ، و یا حتی بوسیله میکروبهای خاک یا گیاهان تجزیه شوند که در این صورت هیچگونه تاثیر زیست محیطی به همراه نخواهند داشت. آگاهی از سرنوشت این دسته از مواد می تواند پی آمدهای زیست محیطی ناخواسته را کاهش دهد و پیش بینی رفتار مواد نفتی در زمان نشت بمنظور کنترل حرکت و نهایتاً حذف آنها از منابع آب و خاک را میسر سازد [۴].

معادلات ریاضی مدل RITZ

معادله حاکم

معادله حاکم در مدل [۶] معادله جریان در حالت غیر اشباع و ایزوتروپیک می باشد (معادله ۱) که بصورت هماهنگ با معادله جریان آلاینده (معادله ۲) حل می شود [۸]. از حل معادلات زیر در حالت غیر اشباع معادلات مدل RITZ را تحلیل نمود.

(۱)

$$K_x \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right) + K_y \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial h}{\partial y} \right) + K_z \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial h}{\partial z} \right) = - \frac{\partial \theta}{\partial t}$$

$$(۲) D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - V \frac{\partial C}{\partial c} = R \frac{\partial C}{\partial t}$$

که:

K ضریب هدایت هیدرولیکی خاک

D ضریب پخش

V سرعت انتشار جریان

R فاکتور تاخیر و θ درصد رطوبت خاک است.

مجموع غلظت آلاینده: مجموع غلظت آلاینده $C_T(x, t)$

در مکان x و زمان t بصورت زیر بدست می آید:

حد بالای لجن آلاینده $x <$

$$C_T(x, t) = 0 \quad (۳)$$

$x \leq Pzd$ حد بالای لجن آلاینده

(۴)

$$C_T(x, t) = C_{T_0} \exp(-\mu_0 t) \quad pzd < x \leq \text{حد پایین لجن آلاینده}$$

(۵)

$$C_T(x, t) = C_{T_0} \text{Re} \exp(-\mu_p t) / (R + R_T - \exp(-\mu_p(t - (x - pzd)/V_p)))$$

حد بالای لجن آلاینده $x >$

(۶)

$$C_T(x, t) = 0 \quad \text{غلظت اولیه آلاینده}$$

μ_p ثابت تجزیه آلاینده $(\mu_p = h(2)/t_{1/2p})$

μ_0 ثابت تجزیه نفت $(\mu_0 = h(2)/t_{1/2o})$

R فاکتور تأخیر آلاینده در ناحیه آلودگی

R_T توزیع نفت در فاکتور تاخیری

V_p سرعت انتشار آلاینده در پائین دست منطقه

پاکسازی

pzd عمق ناحیه خاکبرداری شده (حفاری شده)

(۷)

$$C_{T_0} = SAR.Sp / (10^4 Pzd) \quad \text{که:}$$

SAR نرخ تولید لجن

S_p غلظت آلاینده درون توده لجن است.

فاکتور تأخیر R برابر است با:

(۸)

$$R = 1 + (\rho K_D + (\theta_s - \theta)(K_H)) / \theta \quad \text{که:}$$

ρ چگالی (دانسیته) حجمی خاک

θ میزان حجمی آب موجود در خاک

θ_s میزان حجم آب اشباع خاک

k_D ضریب جذب آلاینده در خاک

k_H ثابت بدون بعد قانون هانری (C_v / C_w)

غلظت آلاینده در خاک

غلظت آلاینده در خاک $C_S(x, t)$ در مکان x و زمان t

به این صورت زیر محاسبه می شود. (رابطه ۹)

(۹)

$$C_S(x, t) = K_D C_w(x, t)$$

که:

k_D ضریب قسمت خاک/ آب برای آلاینده

$C_w(x, t)$ غلظت آلاینده در آب می باشد.

$C_w(x, t)$ جرم آلاینده در آب به ازای واحد جرم

جامدات خاک است. در این نرم افزار این واحد بصورت

گرم آلاینده به ازای کیلوگرم خاک در نظر گرفته شده

است.

زمان رسیدن بالادست (حد بالای) لجن آلاینده به

عمق مخصوص

در این مدل، آلاینده ای که حاوی مقدار مشخصی خاک

باشد، لجن آلاینده در نظر گرفته می شود. در بالا و پائین

این لجن، غلظت آلاینده صفر است. مکان و محدوده بالا

و پائین لجن آلاینده با زمان تغییر می کند. معادله ای

که بیانگر مکان بالا و پائین لجن است به عنوان تابعی

از زمان به سادگی قابل حل نیست. با این وجود، زمان

$$X_{\text{bottom}} \leq \text{pzd} \quad \text{برای}$$

$$t_{\text{bottom}}(x_{\text{bottom}}) = 0 \quad (16)$$

$$X_{\text{bottom}} > \text{pzd} \quad \text{برای}$$

$$t_{\text{bottom}}(x_{\text{bottom}}) = (x_{\text{bottom}} - \text{pzd}) / V_p \quad (17)$$

که

pzd عمق بستر ناحیه خاکبرداری شده
 V_p سرعت انتشار آلاینده در پائین دست منطقه
 پاکسازی است.

مقدار آلاینده نشت کننده به زیر ناحیه پاکسازی

مقدار آلاینده نشت کننده به زیر ناحیه پاکسازی، M_L
 از طریق انتگرال گیری از حاصلضرب نرخ جایگزینی^۱ در
 غلظت آلاینده در آب در عمق ناحیه پاکسازی بدست
 می آید

$$M_L = \int_0^t V_a \theta C_w(tzd, t) dt \quad (18)$$

که نرخ جایگزینی $V_a \theta$ و $C_w(tzd, t)$ غلظت آلاینده
 در آب است که قبلاً توضیح داده شده است. این انتگرال
 طریق روش رامبرگ قابل حل است و همگرایی در
 هنگامیکه اختلاف دو برآورد متوالی به کمتر از
 $10^{-6} - 10^{-7}$ درصد آلاینده برسد، بوجود می آید.

تحلیل حساسیت پارامترها در واسنجی مدل

هدف از تحلیل حساسیت، نمایش عکس العمل مدل
 نسبت به تغییر یک پارامتر غیر مطمئن ورودی است.
 پاسخ مدل نسبت به تغییر پارامتر ورودی می تواند زیاد
 یا خیلی کم باشد.

مدل RITZ به پارامترهای نرخ ورود مجدد^۲، مقدار
 کربن ارگانیکی، مقدار اشباع آب^۳، غلظت نفت در لجن
 نفتی و هدایت هیدرولیکی اشباع حساسیت نشان می
 دهد که نتایج در شکل های شماره ۳ و ۴ و ۵ نشان داده
 شده است.

T_{top} هنگامیکه بالادست لجن به مکان می رسد قابل
 اندازه گیری است. این معادله بصورت زیر است:

$$t_{\text{top}}(x_{\text{top}}) = \mu_o^{-1} \text{Ln}\{(1 + R_T / R) \exp [\mu_o x_{\text{top}} / V_p - F(x_{\text{top}})] - R_T / R\} \quad (10)$$

برای $X_{\text{top}} < \text{pzd}$

$$t_{\text{top}}(x_{\text{top}}) = t_{\text{top}}(\text{Pzd}) + (x_{\text{top}} - \text{Pzd}) / V_p - G(x_{\text{top}}) \quad (11)$$

برای $\text{Pzd} < X_{\text{top}} < \text{tzd}$

$$F(x_{\text{top}}) = \mu_o A V_p^{-1} \text{Ln}(1 + x_{\text{top}} / g) \quad \text{که} \quad (12)$$

$$G(x_{\text{top}}) = a V_p^{-1} \text{Ln}[(g + x_{\text{top}}) / (g + \text{pzd})], \quad (13)$$

$$g = D_s \delta / D_A + a \quad (14)$$

$$a = k_H D_s / V_a \theta \quad (15)$$

D_A ضریب انتشار بخار آلاینده در هوا

D_s ضریب انتشار بخار آلاینده در خاک

δ ضخامت لایه ایستا (ساکن) مرزی در بالای خاک

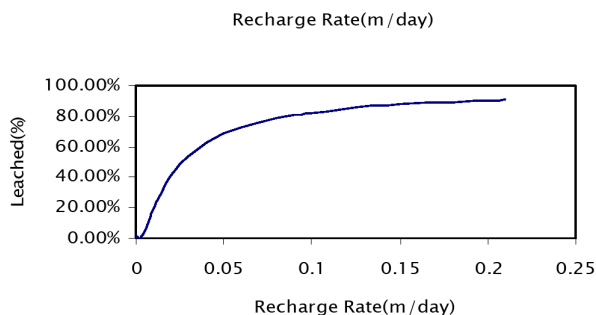
tzd عمق ناحیه پاکسازی

اگرچه معادلات بالا برای تمامی عمقها صادق است، جریان
 اضافی عددی در معادله نخست در زمانی که $\mu_o x_{\text{top}} / V_p$
 بسیار بزرگ می شود اتفاق می افتد.

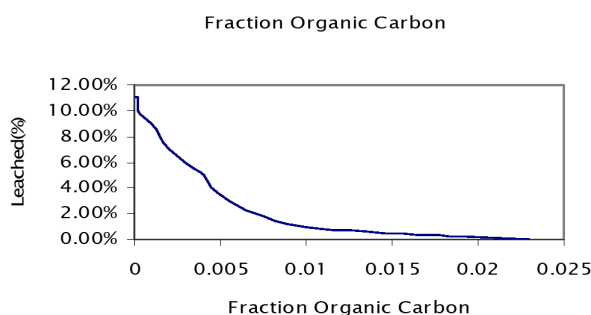
زمان رسیدن پائین (حد پائین) لجن آلاینده به عمق مخصوص

بستر لجن آلاینده در زمان حفر در انتهای عمق ناحیه
 خاکبرداری است. با گذشت زمان این بستر (حد پائین)
 به سمت عمقهای بیشتر حرکت می کند. زمانی که طی
 آن بستر لجن به مکان X_{bottom} می رسد بصورت زیر
 قابل محاسبه است:

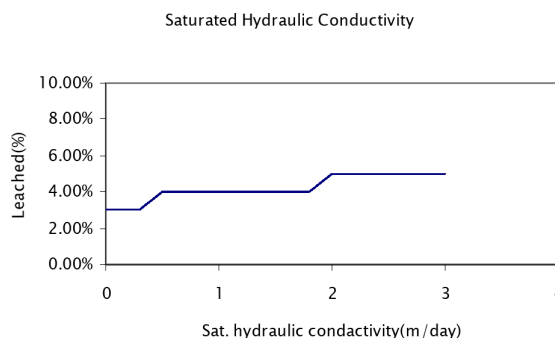
-
- ۱ recharge rate
 ۲ Recharge Rate
 ۳ Saturated Water Content



شکل ۳- نتایج واسنجی مدل نسبت به تغییرات مقدار کربن ارگانیکی اشباع خاک و اثرات آن بر درصد نشت



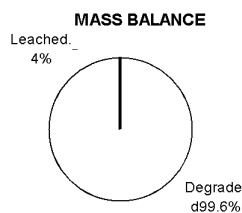
شکل ۴- نتایج واسنجی مدل نسبت به تغییرات مقدار شارژ مجدد (Recharge Rate) اشباع خاک و اثرات آن بر درصد نشت



شکل ۵- نتایج واسنجی مدل نسبت به تغییرات مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و اثرات آن بر درصد نشت

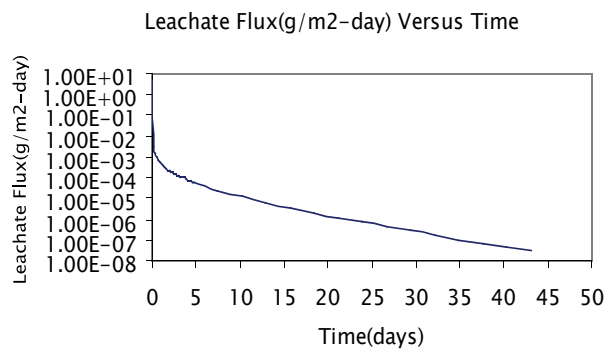
واسنجی مدل کمی

یا تبخیر شود، از محیط نشت خارج شود. در شکل شماره ۶ مقادیر ماده نفتی تجزیه شده نشان داده شده است.



شکل ۶- مقادیر ماده نفتی که تجزیه شده و یا به لایه های داخلی خاک نشت کرده اند

بر این اساس اطلاعات بدست آمده از اجرای مدل بر اساس پارامترهای محیط واقعی نشت [۷ و ۶] مقایسه شد. نتایج حاصل از این مطالعه حاوی نکات جالب توجهی است که به همراه نمودارها و جداول مربوطه ذکر خواهد شد. مدل RITZ اطلاعات جالب و جامعی در خصوص وضعیت ماده نشت کننده در اختیار ما قرار می دهد. اولین موضوعی که در برخورد با مسئله نشت مورد اهمیت قرار دارد، بخشی از آن ماده نشت کننده است که بدون اینکه تجزیه بیولوژیکی شده و

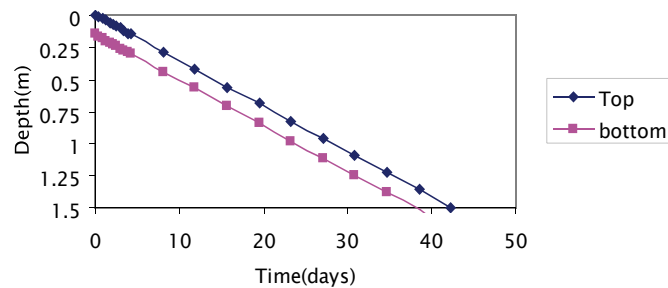


شکل ۷- تغییرات flux آلاینده نسبت به زمان

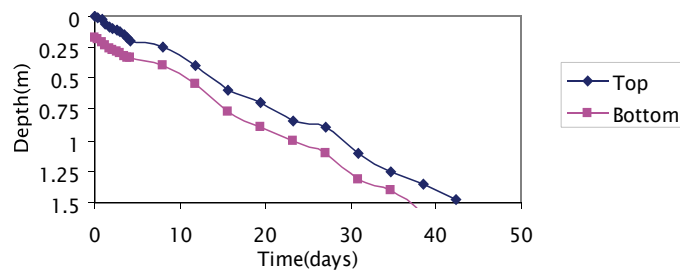
بینی شده پی برد. البته تحلیل دقیق تر میزان صحت و نزدیکی اطلاعات مذکور تحت آزمونهای آماری تحلیل خطا در جدول شماره ۱ نشان داده شده است که نتایج مثبت و آسانجی ها را نشان می دهد.

همانگونه که در شکل شماره ۷ نشان داده شده است ، تغییر میزان Flux آلاینده (مقدار نشت بر واحد سطح در مقیاس زمان) بشدت تابع زمان است و این افت زیاد در مقدار Flux بدلیل تجزیه و تبخیر بخش زیادی از آلاینده می باشد.

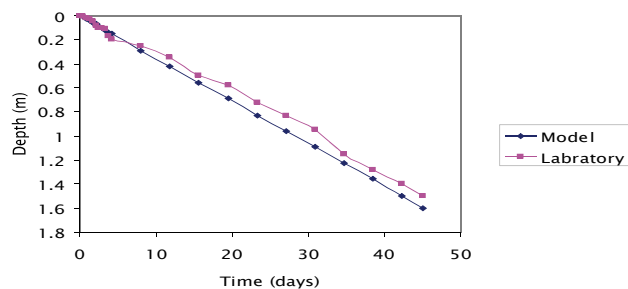
از مقایسه اشکال شماره ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ در بدو امر نیز می توان به نزدیکی زیاد میان مقادیر مشاهده شده و پیش



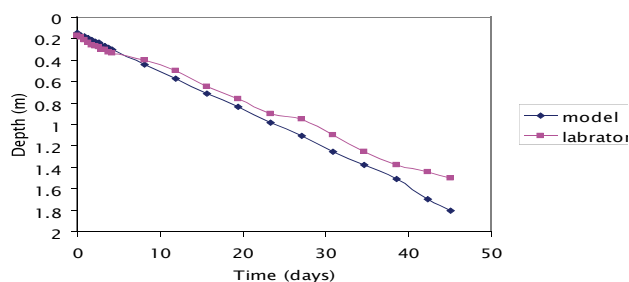
شکل ۸- موقعیت لجن نفتی تا عمق ناحیه پاکسازی بر اساس نتایج حاصل از مدل RITZ



شکل ۹- موقعیت لجن نفتی تا عمق ناحیه پاکسازی حاصل از مطالعات آزمایشگاهی



شکل ۱۰- اسکاتر دیاگرام مربوط به حد بالای لجن آلاینده



شکل ۱۱- اسکاتر دیاگرام مربوط به حد پایین لجن آلاینده

محاسبات و مشاهدات باهم مقایسه شدند و همین عمل در مورد حد پائین لجن حاصل از نشت گازوئیل هم صورت پذیرفت.

در این جدول بمنظور دستیابی به میزان اختلاف موجود میان داده های مشاهدات و محاسباتی این مقادیر تحت شش آزمون ذکر شده در بالا مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این آزمونها مقادیر مربوط به حد بالا در هر دو حالت

CRITERIA		TOP(m)	BOTTOM(m)
Mean Error	ME	-۰,۰۴۳۶۴	۰,۰۴۵۴۵۵
Mean Absolute Error	MAE	۰,۰۹۶۳۶۴	۰,۱۳۹۰۹۱
Root Mean Square error	RMS	۰,۲۴۷۳۱۳	۰,۳۷۹۴۹۷
Coefficient of Determination	CD	۰,۸۴۷۶۵۷	۰,۷۲۰۱۲
Modeling Efficiency	EF	۰,۱۷۹۷۲۳	۰,۳۱۰۰۷
Coefficient of Residual Mass	CRM	-۰,۰۸۴۶۶	-۰,۰۶۷۶۱
Max Residual		۰,۰۵	۰,۲۵
Min Residual		-۰,۱۴	-۰,۰۵

غلظت آلاینده در عمق های مختلف

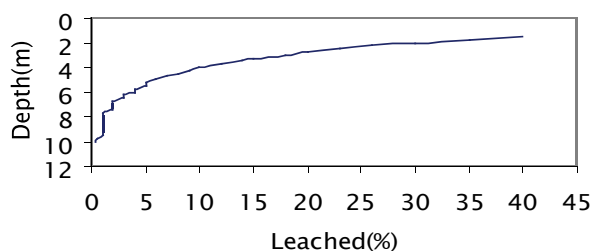
با توجه به نتایج بدست آمده در مورد میزان غلظت گازوئیل در عمق تا ۱/۵ متر، و مقایسه مقادیر مذکور با مقادیر غلظت مشاهده شده می توان اذعان داشت که مدل در این زمینه هم موفق بوده و نتایج حاصل از آن در خصوص تخمین غلظت ماده نشت کننده نیز قابل استناد می باشد. از این رو مدل برای حالتی که عمق ناحیه پاکسازی تا ۱۰ متر (سطح آب زیر زمینی منطقه شهر ری) افزایش می یابد در هر نیم

متر افزایش عمق ناحیه پاکسازی با همان مشخصات نشتی که در ابتدا برای مدل در نظر گرفته شده بود اجرا شد که نتایج حاصل از آن در جدول شماره ۲ و شکل شماره ۱۲ نشان داده شده است. جدول شماره ۲ بیانگر این واقعیت است که در صورت عدم توجه و مقابله با این جریان بسیار شدید آلاینده نفتی، غلظتهای قابل توجهی از این ماده به عمق های زیاد راه یافته و در سر راه خود سفره های آب زیر زمینی را در معرض آلودگی شدیدی قرار خواهد داد.

جدول ۲- پروفیل غلظت آلاینده تا عمق ۱۰ متر (مشخصات خاک شهر ری)

Concentration profile															
Depth (m)	Time (days)														
	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰	۱۰۵	۱۲۰	۱۵۰	۱۶۵	۱۸۰	۱۹۵	۲۰۸	۲۴۰	۲۷۰
Total pollutant (g/m ³)															
۱.۵	۲۰۰۰	۱۶۰۰	۱۳۰۰	۱۰۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲	۰	۱۴۰۰	۱۲۰۰	۹۳۰	۷۴۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲.۵	۰	۰	۱۰۰۰	۸۵۰	۶۸۰	۵۴۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۰	۰	۰	۷۷۰	۶۲۰	۴۹۰	۳۹۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳.۵	۰	۰	۰	۶۹۰	۵۶۰	۴۵۰	۳۶۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴	۰	۰	۰	۰	۵۰۰	۴۱۰	۳۳۰	۲۶۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴.۵	۰	۰	۰	۰	۰	۳۷۰	۳۰۰	۲۴۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۷۰	۲۲۰	۱۴۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۵.۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۴۰	۲۰۰	۱۳۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۸۰	۱۱۰	۹۱	۰	۰	۰	۰	۰
۶.۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۸۳	۶۶	۰	۰	۰	۰
۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹۳	۷۶	۶۰	۴۸	۰	۰	۰
۷.۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۸	۵۵	۴۴	۳۶	۰	۰
۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۱	۵۰	۴۰	۳۳	۰	۰
۸.۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۵	۳۶	۳۰	۰	۰
۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۳	۲۷	۲۴	۰
۹.۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۷	۱۵	۱۴
۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۸۸

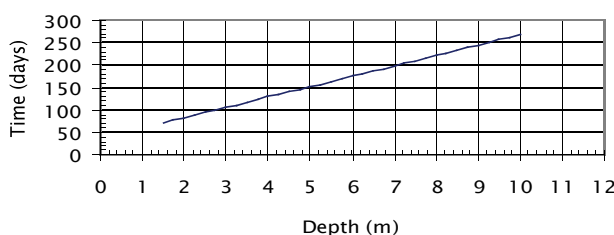
Leached content in various depth



شکل ۱۲- تغییر درصد نشت گازوئیل در عمق های متفاوت ناحیه پاکسازی بر اساس نتایج خروجی مدل RITZ

بمنظور دستیابی به اطلاعاتی در خصوص میزان ماندگاری آلاینده در عمق های مختلف ناحیه پاکسازی مدل RITZ برای چندین عمق مابین ۱/۵ تا ۱۰ متر، اجرا گردید که بدین وسیله مدت زمان ماندگاری آلاینده در هر عمق مشخص گردید. نتایج حاصله در شکل شماره ۱۳ نشان داده شده است.

Maximun residence of oil in varius depth



شکل ۱۳- حداکثر زمان ماندگاری آلاینده در عمق های ۱/۵ تا ۱۰ متری از سطح زمین

منطقه آلوده شده و حفظ منابع آبهای زیر زمینی برنامه ریزی کنیم. در غیر این صورت برنامه ریزی جهت پاکسازی سایت های آلوده شده به مواد نفتی و یا هر ماده شیمیایی دیگری عملاً نتیجه مطلوب را در برنخواهد داشت. بدلیل نبود اطلاعات آزمایشگاهی در خصوص غلظت آلاینده در عمق های زیاد به ناچار با توجه به صحت ارائه نتایج مدل RITZ برای عمق های تا ۱،۵ متر می توان تا حدود زیادی به نتایج ارائه شده از سوی مدل برای عمق های بیشتر از ۱/۵ اعتماد کرد.

تفسیر نتایج

همانگونه که انتظار می رفت، ملاحظه می شود که ماندگاری آلاینده در ناحیه پاکسازی با افزایش عمق افزایش می یابد. و این بدیهی است که جریان نشت در این حالت نیاز به زمان بیشتری برای عبور از این ناحیه دارد، و این میزان در اینجا از ۷۱ روز برای عمق ۱/۵ متر تا ۲۶۸ روز برای عمق ۱۰ متر متغیر است. آگاهی از این اطلاعات برای مدیریت منابع خاک و آب امری حیاتی است و به ما این امکان را می دهد که با توجه به در اختیار داشتن زمان شروع نشت از وضعیت آلاینده در اعماق خاک و حداکثر زمانی که لازم است تا جریان نشت به سفره های آبهای زیرزمینی برسد جهت پاکسازی

Reference

1. Atlas and Barta (1997). "Microbial Ecology". Forth edition. Benjamin Pub. New York
2. Jay Lehr, Marve, Tyler (2001). "Complex Environmental Remediation Problems, Mc Graw Hill, New York. Sec. 9
3. Stegman R. (2003). "Treatment of contaminated soil". Berlin Pub. Pp400-450
4. Millington, J.R. and J.M. Qurik. (1980). "Permeability of porous soils". Trans Farady Soc.57: 1200-1207
5. Longley A., Gilbey M. and Kennedy B., (2003) "Modeling of oily contaminated soil". Proceeding of fifth national workshop on the assessment of the site contamination. National
6. Environmental Council Service Corporation.
7. Nofziger. D.L., J.R. Williams, (1994) "Interactive Simulation of the Fate of Hazardous Chemicals during Land Treatment of Oily Wastes. Kerr Environmental Research Laboratory U.S. EPA Ada Oklahoma
8. Nofziger D.L., Criscenti (1994). "Models for Detailed Assessments" Part 3. EPA Soil Research Center
9. Short, Thomas E. (1985). "Movement of contaminants from oily wastes during land treatment." Proceeding of Conference on Environmental and Public Health Effects of Soils Contaminated with Petroleum Products, Amherest, MA