

# تعیین روش مناسب برای تخمین ضریب جذب MTBE توسط خاک پالایشگاه تهران (شهرری)

• محمد نیکخواه منفرد، کارشناس ارشد عمران - محیط زیست، دانشکده عمران دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی m.nickhah@gmail.com  
 • محمدرضا صبور، دکتری ژئوتکنیک زیست محیطی، عضو هیأت علمی دانشکده عمران دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی mrsbr@hotmail.com

## چکیده

**واژه‌های کلیدی:** ضریب پخش (Distribution Coefficient-Kd)، ژئوتکنیک زیست محیطی، متیل ترشیو بوتیل اتر (MTBE)، پالایشگاه تهران، آب زیرزمینی

## مقدمه

امروزه یکی از نگرانی‌های جدی اندیشمندان، عدم هم‌خوانی نیازهای انسان کنونی، با منابع موجود زمین است؛ از جمله این منابع و یکی از مهمترین لوازم حفظ یکپارچگی محیط زیست، منابع آب‌های شیرین است. یکی دیگر از منابع بسیار مهم، خاک می‌باشد که افزون بر اینکه به عنوان بستر اصلی رشد گیاهان و از عناصر مهم محیط زیست دارای اهمیتی بالاست، یکی از محیط‌های اصلی جابه‌جایی آب نیز به شمار می‌رود. آلوده شدن خاک می‌تواند باعث ورود آلاینده‌ها به چرخه غذایی موجودات زنده و در نهایت ایجاد معضل برای انسان‌ها شود. در کنار این، آلاینده‌های خطرناک با عبور از محیط متخلخل خاک به منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی راه یافته، آنها را آلوده می‌کنند و آگاهی از نحوه پراکنش این آلاینده‌ها در محیط می‌تواند نقشی اساسی در پیش‌بینی شرایط محیط زیست و در صورت نیاز، پاکسازی آن ایفا کند. یکی از شاخص‌های مؤثر در جلوگیری از نفوذ آلاینده‌های به سفره‌های آب زیرزمینی، میزان قابلیت جذب خاک است که هرچه این توانایی در خاک منطقه بیشتر باشد، آلاینده کمتر مجال نفوذ به اعماق پایین‌تر لایه خاک را می‌یابد و عمق کمتری آلوده می‌شود که به تبع آن، احتمال آلوده شدن آب‌های زیرزمینی، کاهش می‌یابد و آگاهی

متیل ترشیو بوتیل اتر (MTBE) از افزوده‌های بنزین است که در افزایش عدد اکتان سوخت برای بهره‌وری بیشتر کاربرد دارد. سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا MTBE را ماده‌ای مضر با سرطان‌زایی بالا طبقه‌بندی کرده است. این ماده از مخازن زیرزمینی سوخت، وارد محیط خاک می‌شود. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی MTBE موجب نفوذ سریع این ماده در خاک و ورود به آب‌های زیرزمینی می‌گردد. در نشت این ماده به خاک، توانایی خاک در جذب آلاینده، نقشی مهم در حذف MTBE ایفا می‌کند و شاخص ضریب پخش (Distribution Coefficient-Kd)، این توانایی را نشان می‌دهد. این شاخص در ژئوتکنیک زیست محیطی خاک بررسی می‌شود. چون دامنه‌ی تغییرات این شاخص برابر صفر تا هزار و حتی بیشتر است، در مدل‌سازی، حرکت و پراکنش آلاینده‌ها در خاک، نقشی مهم دارد. در این پژوهش با انجام چندین آزمایش جذب با خاک شهرری و آلاینده‌ی MTBE، مقدار واقعی جذب اندازه‌گیری و با توجه به مقدار به دست آمده، روش‌های مختلف عددی موجود، از نظر تطابق نتایج تخمینی با مقدار واقعی بررسی شد تا مناسب‌ترین روش تخمین برای خاک این منطقه و MTBE انتخاب شود. آزمایش‌های این پژوهش، (آزمایش‌های خاک جذب و GC)، همگی طبق استاندارد ASTM انجام گرفته است. در پایان مشاهده شد که هر چهار روش بررسی شده، برای تعیین ضریب جذب قابل استفاده‌اند؛ اما در شرایط مشابه، می‌توان به ترتیب، روش‌های دوبینین - رادوشکویچ، لانگ‌مایر، فرن‌دلیخ و در نهایت ایزوترم خطی را برای تخمین Kd و فرآیند جذب، پیشنهاد کرد.

بهران، کارخانه سولفور سدیم و...، از قدیمی‌ترین و معروفترین مناطق صنعت نفت به شمار می‌رود که به خاطر مرکزیت، نزدیکی به پایتخت و فاصله کم با زمین‌های مسکونی و کشاورزی (باقرشهر و اسماعیل‌آباد) و معضلات زیست‌محیطی متعدد ناشی از آن، همواره مورد توجه بوده است؛ تا آنجا که طی مطالعاتی که در سال ۱۳۸۳ توسط شرکت ژاپنی «ایده میتسو» انجام گرفت، از نفوذ یک میلیون و ۴۴۰ هزار مترمکعب موادنفیتی دارای MTBE به عمق متوسط ۱/۵ تا ۷ متر بر روی سفره آب‌های زیرزمینی طی سال‌های گذشته، تنها در محوطه پالایشگاه تهران پرده برداشته شد. [۴]

در این شرایط، آگاهی از میزان نفوذ و نشت آلاینده‌ها به داخل خاک و امکان پیش‌بینی حرکت و جابه‌جایی آلاینده‌ها به طریق علمی از اهمیتی به‌سزا برخوردار خواهد بود و یکی از روش‌های دستیابی به این پیش‌بینی، مدلسازی است. تنظیم و واسنجی<sup>۱</sup> و حساسیت‌سنجی یک مدل و بهینه‌سازی آن برای منطقه موردنظر در مواجهه با نفوذ آلاینده‌های مختلف، کاربردی بسیار مهم در تخمین میزان آلودگی در محیط‌های سطحی و زیرسطحی و منابع آب و نیز تعیین جهت و عمق پراکنش آلاینده‌ها خواهد داشت.

با توجه به این مهم، و با در نظر گرفتن خاک پالایشگاه تهران (به خاطر مشکلات زیست‌محیطی متعدد منطقه) و آلاینده MTBE (به خاطر فراوانی و خطراتی که برای محیط و سلامت افراد دارد) جهت انجام یک موردپژوهی انتخاب شد تا ضریب پخش MTBE<sup>۲</sup> در این خاک، اندازه‌گیری شود.

انتخاب شاخص ضریب پخش (Kd) بر این مبنا صورت گرفت که دامنه مقادیر این ضریب، بسیار وسیع است [۱] و تاکنون روش‌های مختلفی برای به دست آوردن و تخمین این ضریب، پیشنهاد شده که در هر یک مقداری متفاوت حاصل می‌شود و از آنجا که از سویی مقدار این ضریب با فرآیندهای تأخیر<sup>۳</sup> از جمله جذب<sup>۴</sup>، رابطه‌ای تنگاتنگ دارد و از دیگر سو، نرم‌افزارهای مدلسازی، نیازمند این ضریب به عنوان مقدار ورودی هستند، تخمین دقیق و نزدیک به واقعیت Kd، از ملزومات بررسی پراکنش آلاینده‌ها در آب‌های زیرزمینی می‌باشد.

### روش انجام کار آزمایش‌های خاک

پس از تهیه مقادیری از خاک منطقه شهر ری، مطابق استاندارد ASTM آزمایش‌های مقدماتی خاک بر روی آن انجام شد که طبق این آزمایش‌ها، نوع این خاک از جنس رس با درصد ماسه ۱/۳۳٪ تعیین گشت. چگالی

1. Calibration
2. Distribution Coefficient
3. Retardation
4. Sorption

از این قابلیت خاک برای هر منطقه‌ای می‌تواند جهت تصمیم‌گیری‌های زیست‌محیطی، دیدی مناسب به کارشناسان دهد؛ اما از آنجا که برای محاسبه این ضریب، راه‌های مختلفی پیشنهاد شده است و از هر روش، مقداری متفاوت با سایر روش‌ها حاصل می‌شود، لازم است شرایط خاک و آلاینده موردنظر بررسی شود و بهترین روش - که از سایر روش‌ها به مقادیر واقعی نزدیک‌تر است - انتخاب گردد.

از جمله روش‌های مناسب برای تخمین، مجموعه روش‌های «ایزوترم جذب»<sup>۱</sup> می‌باشد که نظر به اهمیت ضریب جذب در جابه‌جایی آلاینده‌ها و خودپالایی خاک و پژوهش‌های بسیاری که جهت دستیابی به روش‌های مناسب تعیین آن صورت گرفته، این روش امروزه در جهان بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در این روش شاخص‌های مؤثر بر یک فرآیند جذب ثابت نگه داشته می‌شود و تنها اثر غلظت آلاینده بر جذب را بررسی می‌کنند. [۳]

اگر غلظت آلاینده‌ای که با خاک در تماس است، به طور یکنواخت بیشتر شود، کل سطح خاک از آلاینده اشباع می‌گردد و دیگر با افزایش غلظت آلاینده، جذب نخواهیم داشت و رابطه بین جذب سطحی و غلظت آلاینده خطی نخواهد ماند. مدل‌های ایزوترم برای توضیح این شرایط تعریف شده‌اند. در شرایطی که میزان آلاینده موجود، برای ایجاد جذب خطی کافی است، مدل‌های ایزوترم قابل استفاده‌اند. ۴ مدل ایزوترم جذبی که در این پژوهش، بر اساس آنها ضریب پخش محاسبه و ارزیابی می‌شود، عبارت‌اند از مدل خطی<sup>۲</sup>، مدل لانگ‌مایر<sup>۳</sup>، مدل فرن‌دلیخ<sup>۴</sup> و مدل دو‌بینین-رادوشکویچ<sup>۵</sup>. [۳]

### ضرورت و فرضیات تحقیق

از جمله فعالیت‌های صنعتی مهم - که از نظر تولید آلاینده‌های گوناگون زیست‌محیطی در صدر سایر فعالیت‌ها قرار دارد - می‌توان به فعالیت‌های صنایع نفت و گاز و پتروشیمی اشاره کرد. فرآورده‌ها، محصولات فرعی، مواد زاید و پساب‌هایی تولیدی در واحدهای این صنایع از مهمترین منابع آلاینده محیط‌زیست و به ویژه منابع آب به شمار می‌رود؛ ایران نیز به عنوان یک کشور نفت‌خیز، همواره با مشکلات زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های این صنعت دست‌وپنجه نرم کرده است.

برای نمونه منطقه پالایشگاه تهران (شهر ری) و جایگاه‌ها و انبارهای اطراف آن و نیز شرکت‌هایی چون شرکت لوله‌های نفت، شرکت نفت

1. Isotherm Adsorption Models
2. Linear Model
3. Langmuir Model
4. Freundlich Model
5. Dubinin-Radushkevich Model

خاک موردنظر نیز برابر  $\frac{2}{88} \frac{g}{m^3}$  به دست آمد؛ سپس جهت تعیین ضریب جذب، برای چهار نمونه مختلف، بر اساس استاندارد ASTM D4646-03، آزمایش جذب انجام شد. بدین منظور، ۴ نمونه خاک با درصد وزنی مختلف به مدت ۲۴ ساعت در معرض تماس با محلول MTBE و آب، با غلظت‌های گوناگون قرار گرفت و پس از آن فاز محلول از فاز جامد جدا شده، به وسیله آزمایش GC، مقدار غلظت MTBE در آن مشخص گردید. از آنجا که به دلیل کوتاه بودن مدت آزمایش، امکان زوال رادیواکتیو و یا تجزیه مولکولی توسط میکروارگانیسم‌ها وجود نداشته و نیز به خاطر رعایت شرایط آزمایشگاهی، میزان تبخیر، تقریباً صفر بوده است، می‌توان گفت که تفاوت غلظت اولیه و غلظت محلول پس از ۲۴ ساعت، ناشی از جذب MTBE توسط خاک می‌باشد و بدین ترتیب، ضریب جذب را محاسبه کرد. مقادیر اولیه و نتایج آزمایش جذب در (جدول ۱) دیده می‌شود.

### بررسی نتایج پخش با مدل‌های ایزوترم جذب

با توجه به نتایج حاصله، سه نمونه برای رسم منحنی و تعیین شاخص‌های هر مدل ایزوترم به کار می‌رود و از نمونه چهارم برای بررسی صحت و دقت مدل استفاده می‌شود.

باید توجه داشت که در بین چهار روش محاسبه ضریب جذب، تنها از روش خطی می‌توان مستقیماً به مقدار این ضریب دست یافت و در سایر روش‌ها، شاخص‌هایی به دست می‌آید که با استفاده از آنها به عنوان ورودی نرم‌افزارهای مدل‌سازی (از قبیل MODFLOW) نرم‌افزار در هر نقطه با گرفتن مشتق جزئی، ضریب جذب آن نقطه را محاسبه می‌کند [۲]. به همین دلیل، در این پژوهش، به جای مقایسه ضریب جذب، فرآیند جذب مورد مقایسه قرار گرفته است و در واقع برای منحنی‌های به دست آمده در هر روش، این نکته بررسی شده که آیا این منحنی‌ها می‌توانند سایر نقاط حاصل از آزمایش‌های جذب دیگر را نیز پوشش دهند یا خیر.

### مدل خطی [۳]

ساده‌ترین و متداول‌ترین راه تعیین ضریب  $K_d$ ، استفاده از نمودار خطی است. طبق تعریف،  $K_d$  عبارت است از نسبت ماده جذب‌شده در واحد وزن جاذب به غلظت اولیه آن در محلول.

بنابراین اگر در یک دستگاه مختصات، محور افقی نشان‌دهنده مقدار غلظت اولیه محلول و محور عمودی نشان‌دهنده ماده جذب‌شده در واحد وزن جاذب باشد، شیب خط رسم‌شده، معرف  $K_d$  خواهد بود.

با رسم نمودار (شکل ۱)، به خطی با (رابطه ۱) می‌رسیم که طبق آن،  $K_d$  برابر  $\frac{lit}{g} \cdot 0.114$  خواهد بود.

1. Gas Chromatography

$$A_i = 0.0114C_i \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن:

$A_i$ : مقدار آلاینده جذب‌شده در واحد جرم جامد

$C_i$ : غلظت آلاینده در محلول

حال اگر  $C_i$  به دست آمده از نمونه چهارم را در (رابطه ۱) قرار دهیم،

$$\text{برابر } \frac{mg}{gr} \cdot 0.842 \text{ به دست می‌آید.}$$

### مدل لانگ‌مایر [۳]

مدل لانگ‌مایر برای توصیف جذب مولکول‌های گاز بر سطوح جامد همگن پیشنهاد شد. این مدل این‌گونه نشان داده می‌شود:

$$A_i = \frac{K_L \cdot A_m \cdot C_i}{1 + K_L \cdot C_i} \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در آن:

$A_i$ : مقدار آلاینده جذب‌شده در واحد جرم جامد

$K_L$ : ثابت جذب لانگ‌مایر مربوط به انرژی جذب

$A_m$ : بیشترین ظرفیت جذب جامد

$C_i$ : غلظت آلاینده در محلول

اگر  $K_L$  را با  $\frac{1}{B}$  جایگزین کنیم، پس از ساده‌سازی رابطه خواهیم داشت:

$$A_i = -B \left( \frac{A_i}{C_i} \right) + A_m \quad (\text{رابطه ۳})$$

اگر  $A_i$  را بر محور عمودی و  $\frac{A_i}{C_i}$  را بر محور افقی یک دستگاه مختصات نشان دهیم، شیب  $-B$  و عرض از مبدأ  $A_m$  به دست خواهد آمد.

با توجه به نتایج آزمایش جذب و با رسم نمودار، مقادیر  $A_m$  و  $-B$ ، به ترتیب برابر  $8/982$  و  $-0.0491$  خواهد بود.

حال نمودار را بر حسب (رابطه ۴) در (شکل ۳) رسم می‌کنیم، طبق

تعریف، شیب آن در هر نقطه برابر  $K_d$  خواهد بود.

$$A_i = \frac{A_m \cdot C_i}{B + C_i} \quad (\text{رابطه ۴})$$

حال اگر مقدار  $C_i$  به دست آمده از نمونه چهارم را در رابطه منحنی

برازش‌یافته از سه نقطه نخست قرار دهیم،  $A_i$  برابر  $\frac{mg}{gr} \cdot 0.1643$  به دست می‌آید.

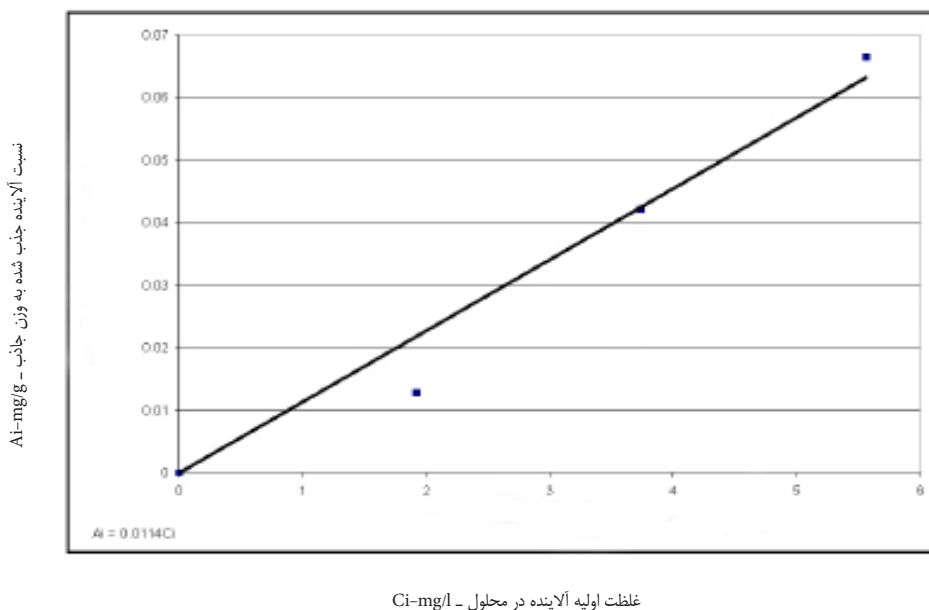
### مدل فرن‌دلیخ [۳]

مدل ایزوترم فرن‌دلیخ بدین‌صورت تعریف شده است

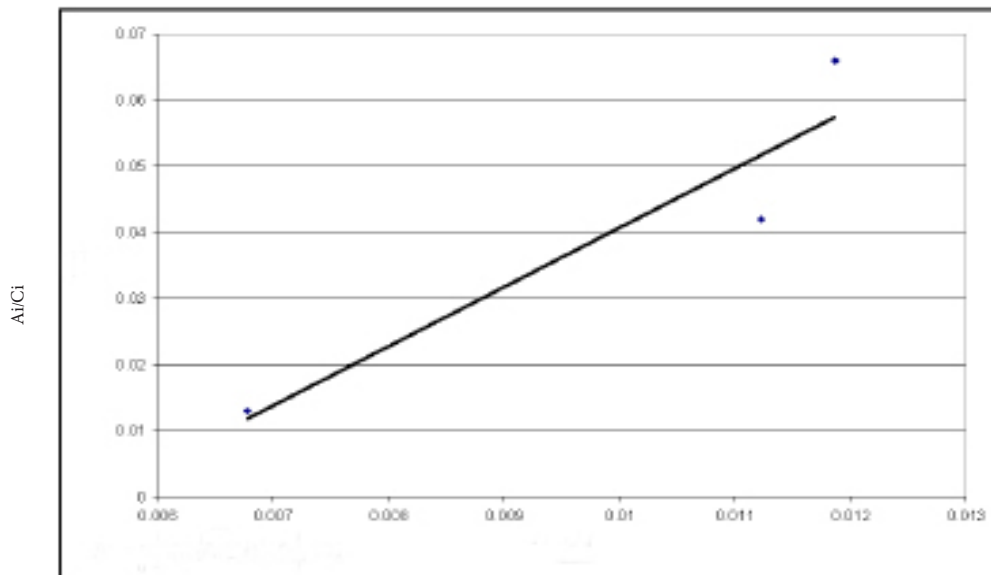
جدول شماره ۱. نتایج آزمایش جذب خطی برای تعیین غلظت MTBE جذب شده توسط خاک پالایشگاه تهران

شماره نمونه	جرم خاک جاذب (gf)	حجم خاک جاذب (ml)	حجم فاز مایع محلول (ml)	غلظت اولیه MTBE در آب (mg/l)	غلظت تصحیح شده MTBE در آب (mg/l)	جرم MTBE در نمونه (mg)	غلظت MTBE در آب طبق نتیجه آزمایش GC (mg/l)	تفاضل غلظت اولیه و ثانویه MTBE (mg/l)	جرم MTBE جذب شده (mg)	غلظت MTBE در واحد جرم خاک (mg/g)	درصد جرمی جذب MTBE توسط خاک (%)
۱	۸	۲/۷۷۸	۳۴۷/۲۲۲	۵/۴۰۹	۱/۹۱۸	۰/۴۷۴	۱/۵	۰/۴۱۸	۰/۱۰۳	۰/۰۱۳۰	۲/۱۳
۲	۱۲	۴/۱۶۷	۳۴۵/۱۳۳	۷/۲۱۲	۳/۷۴۱	۰/۹۲۰	۱/۶۸	۲/۰۶۰۵	۰/۵۰۷	۰/۰۴۲۲	۵۵/۰۸۶
۳	۱۶	۵/۵۵۶	۳۴۴/۴۴۴	۹/۰۱۵	۵/۵۶۳	۱/۳۶۰	۱/۲۱	۴/۳۵۳	۱/۰۶۴	۰/۰۶۷	۷۸/۲۳۹
۴	۲۰	۶/۹۴۴	۳۴۳/۰۵۵۶	۱۰/۷۱۸	۷/۳۸۶	۱/۷۹۵	۱/۲۷	۱/۱۱۱	۱/۴۸۶	۰/۰۷۴۳	۸۲/۷۰۴
میانگین											
											۵۹/۷۰۴

شکل شماره ۱. نمودار تعیین ضریب جذب به روش ایزوترم خطی



شکل شماره ۲. نمودار تعیین شاخص‌های روش روش لانگ‌مایر



$$A_i = 8.982(A_i/C_i) - 0.0491$$

Ai-mg/g

### مدل دوبینین - رادوشکویچ [۳]

چهارمین مدل جذب، حاصل مطالعات ایزوترم دوبینین و رادوشکویچ است که برای جذب عناصر اصلی به کار می‌رود. مدل دوبینین - رادوشکویچ نسبت به مدل لانگ‌مایر، عمومیتی بیشتر دارد؛ چرا که در آن نیازی به جذب همگن یا ثابت پتانسیل جذب نیست. این مدل بدین شکل است:

$$A_i = A_m \cdot e^{-K_{DR} \cdot \varepsilon^2} \quad (\text{رابطه ۶})$$

که در آن:

$A_i$ : مقدار آلاینده جذب شده در واحد جرم جامد

$A_m$ : ظرفیت جذب از عامل جذب در هر واحد جرم

$K_{DR}$ : ثابت جذب دوبینین - رادوشکویچ

$\varepsilon$  از این رابطه به دست می‌آید:

$$\varepsilon = R \cdot T \cdot \ln(1 + \frac{A_i}{A_m}) \quad (\text{رابطه ۷})$$

که در آن:

$$R: \text{ثابت گازها برابر } \frac{8.314 \text{ J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

T: دما (K)

$C_i$ : غلظت آلاینده در محلول

معادله دوبینین - رادوشکویچ می‌تواند به شکل معادله زیر تغییر یابد:

$$\ln A_i = \ln A_m - K_{DR} \cdot \varepsilon^2 \quad (\text{رابطه ۸})$$

اگر  $\ln A_i$  بر محور عمودی و  $\varepsilon^2$  بر محور افقی یک دستگاه مختصات ترسیم شود،  $\ln A_m$  به عنوان عرض از مبدأ و  $-K_{DR}$  به عنوان شیب حاصل از نمودار خطی رسم شده خواهد بود.

با توجه به نتایج حاصل از آزمایش جذب و با رسم نمودار، مقادیر  $K_{DR}$  و  $A_m$  به ترتیب برابر  $2 \times 10^{-6}$  و  $0.0834$  حاصل می‌شود.

حال با رسم نمودار بر اساس (رابطه ۶)، به (شکل ۷) خواهیم رسید که با جایگذاری مقدار  $C_i$  به دست آمده از نمونه چهارم در رابطه منحنی

$$A_i = K_F \cdot C_i^N \quad (\text{رابطه ۵})$$

که در آن:

$A_i$ : مقدار آلاینده جذب شده در واحد جرم جامد

$C_i$ : غلظت آلاینده در محلول

$K_F$ : ثابت جذب فرندلیخ

N: ثابت

با لگاریتم گرفتن از رابطه مدل فرندلیخ به رابطه خطی ذیل می‌رسیم:

$$\log A_i = \log K_F + N \cdot \log C_i \quad (\text{رابطه ۵})$$

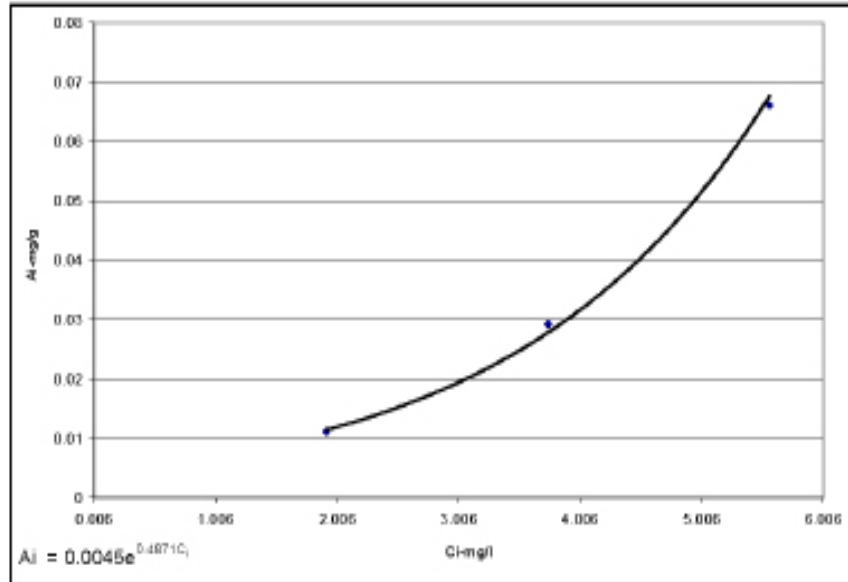
اگر  $\log A_i$  را در محور عمودی و  $\log C_i$  را بر محور افقی یک دستگاه مختصات ترسیم کنیم و خطی از نقاط به دست آمده برازش دهیم، شیب N و عرض از مبدأ  $\log K_F$  به دست خواهد آمد. اگر در (رابطه ۵)، داشته باشیم  $N=1$ ، آن گاه طبق تعریف ضریب جذب،  $K_F$  برابر با  $K_d$  خواهد بود.

در شرایط مشابه، معمولاً مدل فرندلیخ بر مدل لانگ‌مایر برتری دارد و استفاده از آن توصیه می‌شود. [۳]

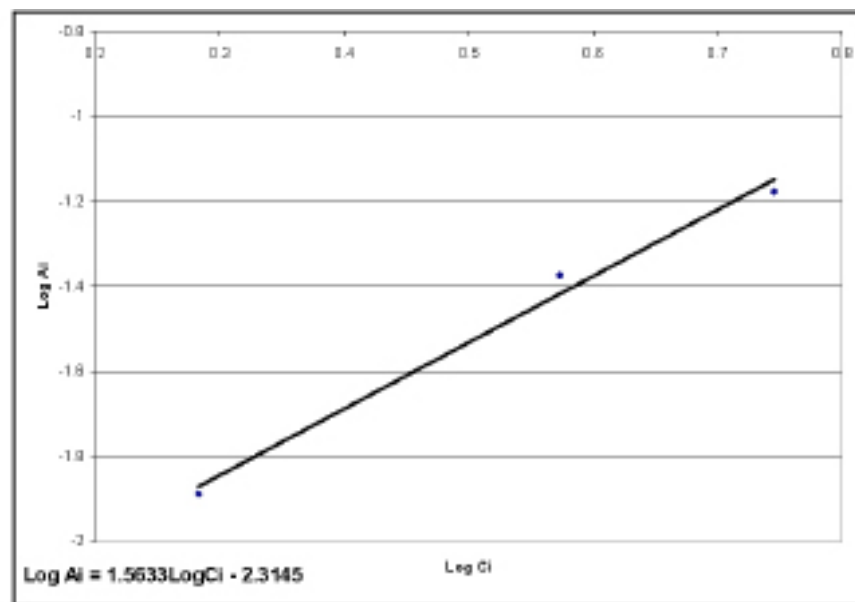
با توجه به نتایج حاصل از آزمایش جذب و با رسم نمودار، مقادیر  $K_F$  و N، به ترتیب برابر  $0.00048$  و  $1/56$  حاصل می‌شود.

حال با رسم نمودار بر اساس (رابطه ۵)، به (شکل ۵) خواهیم رسید که با جایگذاری مقدار  $C_i$  به دست آمده از نمونه چهارم در رابطه منحنی برازش یافته از سه نقطه‌ی نخست،  $A_i$  برابر  $0.0875 \frac{\text{mg}}{\text{g}}$  به دست می‌آید.

شکل شماره ۳. نمودار تعیین ضریب جذب به روش لانگمایر



شکل شماره ۴. نمودار تعیین شاخص‌های روش فرندلیخ



برازش یافته از سه نقطه نخست،  $A_i$  برابر  $0.687 \frac{mg}{gr}$  به دست می آید.

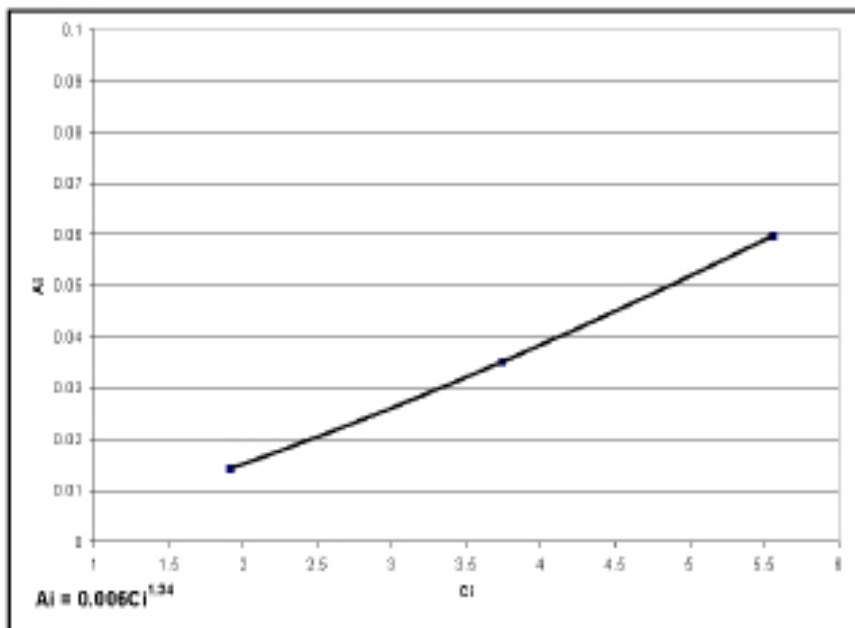
بودن سطح ذرات و... می باشد، معمولاً ماهیتی غیرخطی است.

نتایج حاصله حاکی از آن است که در هر چهار روش بررسی شده، اختلاف آنقدر نیست که باعث نادیده گرفتن روش و عدم کارایی آن شود؛ اما در شرایط مشابه، می توان به ترتیب، روش های دوبینین - رادوشکوویچ، لانگ مایر، فرندلیخ و در نهایت ایزوترم خطی را برای تخمین  $K_d$  و فرآیند جذب، پیشنهاد کرد.

### نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده در (جدول ۲)، مشاهده می شود که کمترین درصد اختلاف متعلق به روش دوبینین - رادوشکوویچ و بیشترین درصد اختلاف، مربوط به روش ایزوترم خطی می باشد. اختلاف زیاد حاصل از روش ایزوترم خطی از قبل هم پیش بینی می شد. چرا که در این روش، نمودار برازش یافته، الزاماً باید از مبدأ مختصات نیز بگذرد و همچنین ماهیت فرآیند جذب، از آنجا که کاملاً وابسته به میزان آلاینده، نوع خاک، اشباع

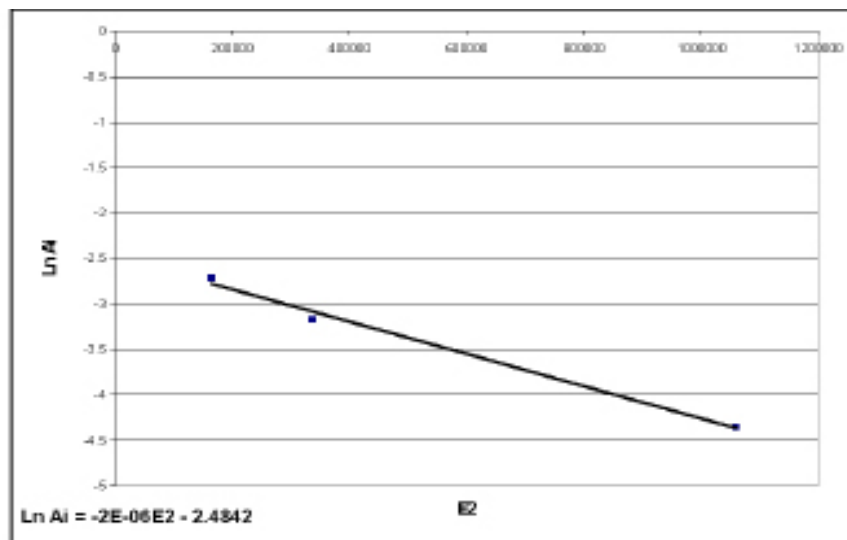
شکل شماره ۵. نمودار تعیین ضریب جذب به روش فرندلیخ



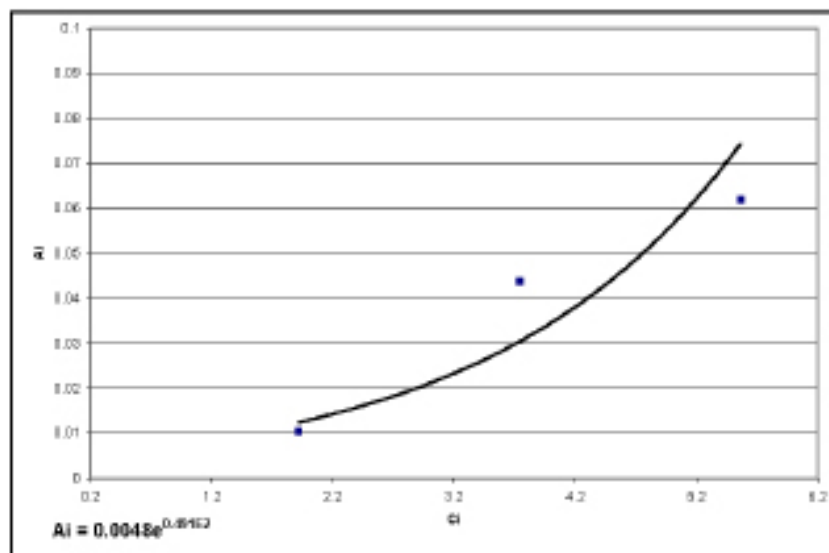
جدول شماره ۲. مقایسه ی نتایج آزمایش و مدل سازی

روش تخمین $K_d$	نتیجه ی واقعی نمونه ی چهارم (mg/l)	نتیجه تخمینی نمونه چهارم (mg/l)	درصد اختلاف
ایزوترم خطی	۰/۰۷۴۳	۰/۰۱۱۴	٪ ۶/۳۰
لانگ مایر	۰/۰۷۴۳	۰/۰۸۴۲	٪ ۰/۹۹
فرندلیخ	۰/۰۷۴۳	۰/۰۸۷۵	٪ ۱/۳۲
دوبینین - رادوشکوویچ	۰/۰۷۴۳	۰/۰۶۷۸	٪ ۰/۶۶

شکل شماره ۶. نمودار تعیین شاخص‌های روش دوبینین - رادوشکویچ



شکل شماره ۷. نمودار تعیین ضریب جذب به روش دوبینین - رادوشکویچ





## منابع

- ۱) ابوالفضل زاده، عماد و گیتی پور، سعید؛ ۱۳۸۶؛ «بررسی میزان جذب و نشت MTBE در خاک‌های رسی معمولی و اصلاح شده»؛ پایان نامه کارشناسی ارشد؛ دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران
- ۲) محمد، نیک خواه منفرد و محمدرضا، صبور؛ ۱۳۸۶؛ «شبیه سازی و مدل سازی عددی جهت بررسی پراکنش آلاینده های هیدروکربنی نفتی از مخازن در خاک»؛ پایان نامه کارشناسی ارشد؛ دانشکده عمران دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
- 3) EPA; Office of Radiation and Indoor Air; August 1999; “UNDERSTANDING VARIATION IN PARTITION COEFFICIENT, Kd, VALUES”; EPA 402-R-99-004A
- 4) <http://www.hamshahrionline.ir/News/?id=41720>

---

# Determination of appropriate method for estimating of MTBE absorption coefficient by the soil of Tehran oil refinery (Ray city)

M. Nickhah Monfared, M.Sc Graduated of Civil- Environment, Khaje Nasir University  
M. R. Sabour, Phd. Environmental Geotechnics, Khaje Nasir University

## Abstract

Methyl Tertiary-Butyl Ether (MTBE) is one of the gas additives that can be more effective in increasing the octan rating of fuel. EPA (Environmental Protection Agency) has labeled MTBE in carcinogen compounds. This compound can leak into the soil from underground fuel tanks and its chemical and physical properties affords rapid influence.

Sorption ability of soil, is so effective in influence of MTBE into the soil and “distribution Coefficient (Kd)” can show this ability. Kd is one of the important effectives that recently lionizes in Environmental Geotechnics and its range is so wide in as much as it can be “0” or “1000” and more; This wide range is important in using numerical models for underground water and contaminant transformation modeling.

In this study, the real value of sorption has been determined by several sorption tests on MTBE and the soil of Ray city and according this value, various isotherm models were studied to find the most accurate model for MTBE and this soil.

In this study, all of the tests have done according to ASTM standards.

Finally, it's concluded that all of studied models are appropriate for calculating Kd but in similar cases, we can offer foloing models sequently: Dubinin-Radushkevich Model; Langmuir Model; Freundlich Model; Linear Model.

**Key words:** Distribution Coefficient; Environmental Geotechnics; MTBE (Methyl Tertiary-Butyl Ether); Tehran Oil refinery; Underground Water