

الله أكبر  
الله أكبر

الله أكبر



دانشگاه تربیت مدرس  
دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد  
مهندسی عمران - محیط زیست

پاکسازی خاک های آلوده به گازوئیل به کمک شوینده ها

احسان صالحیان

استاد راهنما:  
دکتر احمد خدادادی

استاد مشاور:  
دکتر حسین گنجی دوست

اسفند ۱۳۸۶

۹۹۱۷۵

کتابخانه تخصصی مهندسی  
موسسه تخصصی زبان

۱۵/۲۵/۱۳۸۷

۳۱۷



بسمه تعالی

## تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان

آقای احسان صالحیان پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان پاکسازی خاکهای آلوده به گازوئیل به کمک شوینده ها در تاریخ ۱۳۸۶/۱۲/۱۹ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی عمران - محیط زیست پیشنهاد می کنند.

امضا	رتبه علمی	نام و نام خانوادگی	عضو هیات داوران
	استادیار	دکتر احمد خدادادی	استاد راهنما
	استاد	دکتر حسین گنجی دوست	استاد مشاور
	استادیار	دکتر بیتا آینی	استاد ناظر
	استادیار	دکتر محمد تقی عبادی	استاد ناظر
	استادیار	دکتر بیتا آینی	مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)

۱۳۸۷ / ۵ / ۲۱

۹۹۱۷۵



## آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی- پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند: «کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته علمی است

که در سال ۱۳۸۶ در دانشکده مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم / جناب آقای دکتر احمد خداری مشاور سرکار خانم / جناب آقای دکتر حسن نجفی و مشاوره سرکار خانم / جناب آقای دکتر میرزا از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تادیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالعه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهند به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل و جه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش و تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب احسان حسینی دانشجوی رشته مهندسی عمران مقطع تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی احسان حسینی

تاریخ و امضاء:

احسان حسینی  
۱۳۸۶/۱۲/۲۰

## دستور العمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران لازم است اعضای هیات علمی دانشجویان دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان نامه و رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱: حقوق مادی و معنوی پایان نامه ها / رساله های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هر گونه بهره برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین نامه ها و دستورالعمل های مصوب دانشگاه باشد.

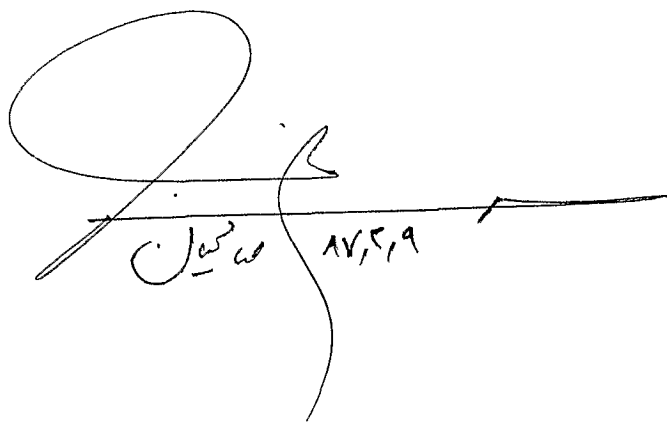
ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه / رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی می باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما نویسنده مسئول مقاله باشند.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان نامه / رساله نیز منتشر می شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آیین نامه های مصوب انجام می شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره های ملی، منطقه ای و بین المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه / رساله و تمامی طرح های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هر گونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری خواهد بود.



۱۷،۲،۹  
م. حسین

تقدیم به

پدر و مادر

بزرگوار و فداکار

و

خواهر مهربانم

## تقدیر و تشکر

بنام ایزد یکتا، خالق همه نیکیها و هستی بخش تمام مخلوقات و یاری گر تمامی تلاشگران. مراتب تشکر و امتنان خود را از اساتید ارجمند آقایان دکتر احمد خدادادی و دکتر حسین گنجی دوست که با راهنمایی ها و مساعدت های بیدریغ خود مرا در امر انجام این پایان نامه یاری فرمودند ابراز می دارم.

همچنین مراتب تشکر و حق شناسی خود را از استاد گرامی، خانم دکتر آیتی که در امر تحصیل در دوره کارشناسی ارشد مرا یاری فرمودند، اعلام می دارم. همچنین از کارشناس محترم آزمایشگاه محیط زیست، آقای الیاس شمس که در انجام این پایان نامه مرا یاری دادند، سپاسگزارم.

## چکیده

در این تحقیق پاکسازی گازوئیل از خاک در ستونی از خاک به ارتفاع ۱۵ سانتیمتر و قطر ۴ سانتیمتر مورد بررسی قرار گرفته است. خاک در مقادیر ۱۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک، توسط گازوئیل آلوده گردید و بعد از ۷۲ ساعت تحت اثر شوینده سدیم دودسیل سوافات در مقادیر ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴ درصد وزنی، قرار گرفت. جهت بررسی تاثیر pH محلول شستشو، کلیه آزمایش ها برای محلول شستشو با مقادیر pH ۴، ۷، ۹ و ۱۱ تکرار گردید. همچنین برای بررسی میزان تاثیر شوینده بر روند پاکسازی، آزمایشات با استفاده از آب به عنوان محلول شاهد و بدون شوینده نیز انجام گرفت. خاک تا میزان ۱۰ پوروالیوم مورد شستشو قرار گرفت و تغییرات نفوذپذیری و روند پاکسازی در طول آزمایش اندازه گیری گردید.

نتایج نشان داد که در کلیه حالات میزان پاکسازی برای مقادیر اسیدی محلول شستشو پایین می باشد و راندمان حذف در حالتی که از آب استفاده می شود، حدود یک سوم مقدار حداکثر است. در خاک آلوده به میزان ۱۰۰۰۰ ppm بیشترین راندمان حذف برای شوینده به میزان ۰/۳ و pH برابر ۱۱ و برای خاک با آلودگی اولیه ۲۰۰۰۰ ppm برای شوینده به میزان ۰/۱ و pH برابر ۱۱ بدست آمد. با افزایش میزان شوینده میزان نفوذپذیری کاهش می یابد و بیشترین مقدار آن در pH برابر با ۱۱ می باشد.

با افزایش میزان آلودگی اولیه سرعت افزایش راندمان حذف و نفوذپذیری با افزایش میزان pH کاهش می یابد و در حقیقت در مقادیر پایین آلودگی نقش pH در افزایش راندمان و نفوذپذیری بیشتر می باشد.

کلید واژه ها: تصفیه خاک، آلودگی خاک، گازوئیل، شوینده، راندمان حذف، نفوذپذیری



## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل اول: کلیات

۱	۱-۱- مقدمه	
۴	۲-۱- آلاینده	
۵	۱-۲-۱- ترکیبات آلی فرار	
۵	۲-۲-۱- ترکیبات آلی نیمه فرار	
۶	۱-۲-۲-۱- ترکیبات پلی کلره بی فنیل	
۷	۲-۲-۲-۱- ترکیبات PAHs	
۸	۳-۲-۲-۱- آفت کش ها	
۸	۳-۲-۱- مواد مختلف سوختی	
۹	۴-۲-۱- ترکیبات معدنی	
۱۰	۵-۲-۱- مواد منفجره	

### فصل دوم: خاکشویی

۱۲	۱-۲- مقدمه	
۱۲	۲-۲- تعریف خاکشویی	
۱۲	۱-۲-۲- شستشوی خاک (خارج از محل آلوده)	
۱۵	۲-۲-۲- شستشوی خاک (در محل آلوده)	
۱۷	۳-۲- عوامل موثر بر خاکشویی	
۱۷	۱-۳-۲- آلاینده	
۱۷	۲-۳-۲- پیوند خاک و آلاینده ها	
۱۹	۱-۲-۳-۲- انواع پیوندهای بین خاک و آلاینده ها	
۲۰	۳-۳-۲- خاک	
۲۱	۴-۳-۲- ارزیابی منطقه آلوده	
۲۱	۱-۴-۳-۲- مطالعه و ارزیابی اولیه	
۲۲	۲-۴-۳-۲- بازدید از منطقه آلوده	
۲۲	۳-۴-۳-۲- ارزیابی دقیق منطقه	
۲۳	۴-۴-۳-۲- ارزیابی تکمیلی	
۲۳	۵-۴-۳-۲- ارزیابی نهایی	
۲۳	۵-۳-۲- محلول شستشو	
۲۴	۱-۵-۳-۲- حلال	
۲۴	۲-۵-۳-۲- شوینده یا صابون: شوینده	
۲۶	۳-۵-۳-۲- عامل صابون ساز	

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲۷	۲-۳-۵-۴- عامل سختی گیر .....
۲۷	۲-۳-۵-۵- سازنده ها .....
۲۷	۲-۳-۵-۶- سایر عوامل بهبود دهنده .....
۲۹	۲-۴- مقایسه شوینده ها با حلالهای آلی .....
۳۰	۲-۵- مکانیزم تاثیر شوینده .....
۳۳	۲-۶- معیارهای انتخاب شوینده .....
۳۳	۲-۷- مقایسه شوینده های آنیونی و غیر یونی و کاتیونی .....
۳۴	۲-۸- TPH و اثرات آن بر روی انسان .....
۳۵	۲-۹- مدل ریاضی عملکرد شوینده در خاکشویی .....

### فصل سوم: مطالعات کتابخانه ای

۳۹	۳-۱- مقدمه .....
۳۹	۳-۲- مطالعات صورت گرفته .....

### فصل چهارم: مواد و روش ها

۴۷	۴-۱- مقدمه .....
۴۷	۴-۲- خاک مصرفی .....
۴۷	۴-۲-۱- سنجش مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک .....
۴۷	۴-۲-۱-۱- دانه بندی خاک .....
۴۸	۴-۲-۱-۲- هدایت الکتریکی خاک .....
۴۹	۴-۲-۱-۳- اندازه گیری pH خاک .....
۵۰	۴-۲-۲- بافت خاک .....
۵۰	۴-۳- مواد شیمیایی .....
۵۲	۴-۴- دستگاه های مورد استفاده جهت انجام آزمایش .....
۵۴	۴-۵- نحوه اندازه گیری TPH با استفاده از دستگاه .....
۵۴	۴-۵-۱- کالبراسیون دستگاه .....
۵۶	۴-۵-۲- رقیق سازی نمونه ها .....
۵۷	۴-۵-۳- ملاحظات لازم جهت اندازه گیری TPH توسط دستگاه TOG/TPH Analyzer .....

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۴-۶- پایلوت آزمایشگاهی .....	۵۷
۴-۷- روش انجام آزمایش .....	۵۹
۴-۸- محاسبات پوروالیوم ستون تخت آزمایش .....	۶۱
<b>فصل پنجم: نتایج و بحث</b>	
۵-۱- مقدمه .....	۶۲
۵-۲- حذف گازوئیل .....	۶۲
۵-۲-۱- حذف گازوئیل با میزان آلودگی اولیه ppm ۱۰۰۰۰ .....	۶۳
۵-۲-۲- حذف گازوئیل با میزان آلودگی اولیه ppm ۲۰۰۰۰ .....	۶۵
۵-۳- میزان نفوذپذیری خاک .....	۶۷
۵-۳-۱- نفوذپذیری خاک با میزان آلودگی اولیه ppm ۱۰۰۰۰ .....	۶۷
۵-۳-۲- نفوذپذیری خاک با میزان آلودگی اولیه ppm ۲۰۰۰۰ .....	۶۹
۵-۴- بررسی همزمان راندمان حذف و نفوذپذیری .....	۷۱
۵-۴-۱- آلودگی اولیه به میزان ppm ۱۰۰۰۰ .....	۷۲
۵-۴-۱-۱- شوینده به میزان ۰/۱ و pH برابر با ۴ .....	۷۲
۵-۴-۱-۲- شوینده به میزان ۰/۱ و pH برابر با ۷ .....	۷۲
۵-۴-۱-۳- شوینده به میزان ۰/۱ و pH برابر با ۹ .....	۷۳
۵-۴-۱-۴- شوینده به میزان ۰/۱ و pH برابر با ۱۱ .....	۷۳
۵-۴-۱-۵- شوینده به میزان ۰/۲ و pH برابر با ۴ .....	۷۴
۵-۴-۱-۶- شوینده به میزان ۰/۲ و pH برابر با ۷ .....	۷۵
۵-۴-۱-۷- شوینده به میزان ۰/۲ و pH برابر با ۹ .....	۷۶
۵-۴-۱-۸- شوینده به میزان ۰/۲ و pH برابر با ۱۱ .....	۷۶
۵-۴-۱-۹- شوینده به میزان ۰/۳ و pH برابر با ۴ .....	۷۷
۵-۴-۱-۱۰- شوینده به میزان ۰/۳ و pH برابر با ۷ .....	۷۸
۵-۴-۱-۱۱- شوینده به میزان ۰/۳ و pH برابر با ۹ .....	۷۹
۵-۴-۱-۱۲- شوینده به میزان ۰/۳ و pH برابر با ۱۱ .....	۷۹
۵-۴-۱-۱۳- شوینده به میزان ۰/۴ و pH برابر با ۴ .....	۷۹
۵-۴-۱-۱۴- شوینده به میزان ۰/۴ و pH برابر با ۷ .....	۸۱
۵-۴-۱-۱۵- شوینده به میزان ۰/۴ و pH برابر با ۹ .....	۸۱
۵-۴-۱-۱۶- شوینده به میزان ۰/۴ و pH برابر با ۱۱ .....	۸۱

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۸۳	۲-۴-۵- آلودگی اولیه به میزان ۲۰۰۰ ppm
۸۳	۱-۲-۴-۵- شوینده یه میزان ۰/۱ و pH برابر با ۴
۸۳	۲-۲-۴-۵- شوینده یه میزان ۰/۱ و pH برابر با ۷
۸۴	۳-۲-۴-۵- شوینده یه میزان ۰/۱ و pH برابر با ۹
۸۴	۴-۲-۴-۵- شوینده یه میزان ۰/۱ و pH برابر با ۱۱
۸۵	۵-۲-۴-۵- شوینده یه میزان ۰/۲ و pH برابر با ۴
۸۶	۶-۲-۴-۵- شوینده یه میزان ۰/۲ و pH برابر با ۷
۸۶	۷-۲-۴-۵- شوینده یه میزان ۰/۲ و pH برابر با ۹
۸۸	۸-۲-۴-۵- شوینده یه میزان ۰/۲ و pH برابر با ۱۱
۸۸	۹-۲-۴-۵- شوینده یه میزان ۰/۳ و pH برابر با ۴
۸۸	۱۰-۲-۴-۵- شوینده یه میزان ۰/۳ و pH برابر با ۷
۸۹	۱۱-۲-۴-۵- شوینده یه میزان ۰/۳ و pH برابر با ۹
۹۰	۱۲-۲-۴-۵- شوینده یه میزان ۰/۳ و pH برابر با ۱۱
۹۰	۱۳-۲-۴-۵- شوینده یه میزان ۰/۴ و pH برابر با ۴
۹۱	۱۴-۲-۴-۵- شوینده یه میزان ۰/۴ و pH برابر با ۷
۹۲	۱۵-۲-۴-۵- شوینده یه میزان ۰/۴ و pH برابر با ۹
۹۳	۱۶-۲-۴-۵- شوینده یه میزان ۰/۴ و pH برابر با ۱۱

### فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۹۴	۱-۶- مقدمه
۹۴	۲-۶- نتیجه گیری
۹۵	۳-۶- پیشنهادات
۱۰۰	منابع و مراجع
۱۰۶	واژه نامه

## فهرست اشکال

صفحه

عنوان

---

۱۵	شکل ۱-۲: شستشوی خاک (خارج از محل آلوده).....
۲۵	شکل ۲-۲: شکل شماتیکی از یک ملکول شوینده.....
۲۵	شکل ۳-۲: شکل شماتیکی از عملکرد شوینده.....
۳۲	شکل ۴-۲: رابطه میان غلظت شوینده و میزان حلالیت.....
۵۳	شکل ۱-۴: نحوه عملکرد دستگاه TOG/TPH Analyzer.....
۵۸	شکل ۲-۴: پایلوت انجام آزمایش.....

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۹	جدول ۱-۲ : ترکیبات سوختی
۱۰	جدول ۲-۲ : ترکیبات معدنی
۴۴	جدول ۱-۳ : خلاصه ای از مطالعات خاکشویی انجام گرفته در محل و نتایج بدست آمده
۵۰	جدول ۱-۴ : مشخصات خاک
۵۱	جدول ۲-۴ : مشخصات SDS
۶۲	جدول ۱-۵ : حالات مختلف آزمایش

## فهرست نمودارها

صفحه

عنوان

نمودار ۱-۳: منحنی دانه بندی خاک .....	۴۸
نمودار ۲-۳: نمودار کالیبراسیون دستگاه بین جذب ۰ تا ۴۶۵ .....	۵۵
نمودار ۳-۳: نمودار کالیبراسیون دستگاه بین جذب ۴۶۵ تا ۶۵۰ .....	۵۵
نمودار ۱-۵: راندمان حذف گازوئیل یا تاکید بر افزایش میزان شوینده .....	۶۳
نمودار ۲-۵: راندمان شستشو با تاکید بر افزایش میزان pH .....	۶۴
نمودار ۳-۵: راندمان حذف گازوئیل با تاکید بر افزایش مقدار شوینده .....	۶۵
نمودار ۴-۵: راندمان حذف گازوئیل با تاکید بر افزایش میزان pH .....	۶۶
نمودار ۵-۵: مقادیر نفوذپذیری خاک برای حالات مختلف آزمایش با تاکید بر افزایش میزان شوینده .....	۶۸
نمودار ۶-۵: مقادیر نفوذپذیری خاک برای حالات مختلف آزمایش با تاکید بر افزایش میزان pH .....	۶۹
نمودار ۷-۵: مقادیر نفوذپذیری خاک برای حالات مختلف آزمایش با تاکید بر افزایش میزان شوینده .....	۷۰
نمودار ۸-۵: مقادیر نفوذپذیری خاک را برای حالات مختلف آزمایش با تاکید بر افزایش میزان pH .....	۷۱
نمودار ۹-۵: روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۱ و pH برابر با ۴ .....	۷۲
نمودار ۱۰-۵: روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۱ و pH برابر با ۷ .....	۷۳
نمودار ۱۱-۵: روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۱ و pH برابر با ۹ .....	۷۴
نمودار ۱۲-۵: روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۱ و pH برابر با ۱۱ .....	۷۴
نمودار ۱۳-۵: روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۲ و pH برابر با ۴ .....	۷۵
نمودار ۱۴-۵: روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۲ و pH برابر با ۷ .....	۷۶
نمودار ۱۵-۵: روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۲ و pH برابر با ۹ .....	۷۷
نمودار ۱۶-۵: روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۲ و pH برابر با ۱۱ .....	۷۷
نمودار ۱۷-۵: روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۳ و pH برابر با ۴ .....	۷۸
نمودار ۱۸-۵: روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۳ و pH برابر با ۷ .....	۷۸
نمودار ۱۹-۵: روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۳ و pH برابر با ۹ .....	۷۹
نمودار ۲۰-۵: روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۳ و pH برابر با ۱۱ .....	۸۰
نمودار ۲۱-۵: روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۴ و pH برابر با ۴ .....	۸۰
نمودار ۲۲-۵: روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۴ و pH برابر با ۷ .....	۸۱
نمودار ۲۳-۵: روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۴ و pH برابر با ۹ .....	۸۲
نمودار ۲۴-۵: روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۴ و pH برابر با ۱۱ .....	۸۲
نمودار ۲۵-۵: روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۱ و pH برابر با ۴ .....	۸۳
نمودار ۲۶-۵: روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۱ و pH برابر با ۷ .....	۸۴
نمودار ۲۷-۵: روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۱ و pH برابر با ۹ .....	۸۵
نمودار ۲۸-۵: روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۱ و pH برابر با ۱۱ .....	۸۵
نمودار ۲۸-۵: روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۲ و pH برابر با ۴ .....	۸۶
نمودار ۲۹-۵: روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۲ و pH برابر با ۷ .....	۸۷

## فهرست نمودارها

صفحه

عنوان

---

نمودار ۳۰-۵ : روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۲ و pH برابر با ۹	۸۷
نمودار ۳۱-۵ : روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۲ و pH برابر با ۱۱	۸۸
نمودار ۳۲-۵ : روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۳ و pH برابر با ۴	۸۹
نمودار ۳۳-۵ : روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۳ و pH برابر با ۷	۸۹
نمودار ۳۴-۵ : روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۳ و pH برابر با ۹	۹۰
نمودار ۳۵-۵ : روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۳ و pH برابر با ۱۱	۹۱
نمودار ۳۶-۵ : روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۴ و pH برابر با ۴	۹۱
نمودار ۳۷-۵ : روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۴ و pH برابر با ۷	۹۲
نمودار ۳۸-۵ : روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۴ و pH برابر با ۹	۹۲
نمودار ۳۹-۵ : روند پاکسازی و نفوذپذیری برای شوینده به میزان ۰/۴ و pH برابر با ۱۱	۹۳



## پیشگفتار

با رشد سرسام آور تکنولوژی و گسترش روز افزون صنعت، همه روزه بر مقادیر آلاینده های تولیدی در جهان افزوده می شود. با توجه به محدودیت منابع و لزوم پاک نگاه داشتن محیط، رفع آلودگی از خاکها که در طی انواع فرایندهای صنعتی آلوده شده اند ضرورتی اساسی به شمار می رود. یکی از عمده ترین آلاینده های صنعتی، ترکیبات نفتی می باشد. یکی از این ترکیبات گازوئیل می باشد که با توجه به خطرهای بسیار بالای زیست محیطی این ماده، برهم زدن اکوسیستم خاک و احتمال آلوده کردن سفره های آب زیرزمینی در زمره مهمترین آلاینده ها بشمار می رود. بنابراین، یکی از وظایف اصلی نسل فعلی و آینده در جهت حفظ محیط زیست، رفع آلودگی های مختلف همچون ترکیبات نفتی می باشد.

آمار نشان می دهد که بسیاری از روش های پاکسازی ترکیبات نفتی به صورت فرایند خارج از محل می باشد که همواره با هزینه های بسیاری همراه است. یافتن راهکاری جهت پاکسازی خاکهای آلوده به ترکیبات نفتی و بویژه گازوئیل می تواند بسیار مفید باشد.

آلاینده های نفتی زیادی امروزه در محیط زیست بوسیله صنایع نفتی و شیمیایی تولید می شوند و جزء مهمترین آلوده سازهای محیط به حساب می آیند [۴۶].

نشت ترکیبات نفتی تحت تاثیر نیروهای کاپیلاری و ثقلی، منجر به حرکت عمودی در خاکهای غیر اشباع شده و خلل و فرج خاک را پر می کنند. آلودگی خاک ناشی از نشت تانکهای ذخیره مواد نفتی و اثرات نا مطلوب آن، از مشکلات عمده ای است که امروزه با آن روبرو هستیم، زیرا منابع ذخیره در اکثر نقاط توزیع شده اند [۲۰، ۱۲].

براساس آماري که تا سال ۱۳۸۰ اعلام گردیده است، کشور ایران با دارا بودن ۸,۵۸ درصد از منابع نفتی جهان و تولیدات پتروشیمی حدود ۳۰ میلیون تن در سال و دارا بودن مقام دوم ذخایر گازی جهان، وجود بیش از ۲۵۰۰۰ کیلومتر خطوط انتقال نفت و گاز، دارا بودن بیش از ۱۳۰۰ ایستگاه انتقال سوختگیری و ۱۰۰۰۰ تانکر حمل نفت و فراورده های نفتی، بسیار در معرض آلوده شدن

خاک به فراورده های نفتی قرار دارد. بنابراین توجه به مساله آلودگی های نفتی و ارائه راه حل مناسب جهت حل این مساله بسیار مهم می باشد. روش های رفع آلودگی از خاک به سه دسته کلی بیولوژیکی، فیزیکی، شیمیایی و حرارتی تقسیم می گردند و کلیه روش های پاکسازی زیر مجموعه ای از این سه دسته می باشند. عملیات پاکسازی به وسیله هر کدام از این روش ها بصورت خارج از محل آلوده (Ex-situ) یا در محل آلوده (In-situ) انجام میگیرند.

به علت اینکه استفاده از هر کدام از روش ها دارای اثرات زیست محیطی فراوانی بر روی منطقه آلوده می باشد، ملاحظه و ارزیابی این اثرات به هنگام انتخاب روش پاکسازی ضروری است.

مهمترین راهکار پس از جلوگیری از آلودگی خاک، پاکسازی آن می باشد. روش های پاکسازی خاک به تنهایی و بدون ارزیابی دقیق منطقه آلوده مورد نظر قابل استفاده نبوده و فقط راهنمایی کلی، جهت مطالعه و برنامه ریزی پیرامون رفع آلودگی می باشند. در مورد هر محل آلوده باید مطالعه و ارزیابی ویژه منطقه صورت پذیرد و طراحی روش های پاکسازی باید بر اساس ویژگی های منطقه مورد نظر باشد.

به علت اینکه نتایج حاصل از عملیات پاکسازی دارای ارتباط مستقیمی با ویژگی های خاک، نوع، میزان و گسترش آلاینده، شرایط هواشناسی، توپوگرافی، هیدروگرافی و بسیاری از اطلاعات دیگر می باشد، شروع عملیات پاکسازی بدون انجام بررسی های لازم و استفاده صرف از نتایج منطقه های مشابه به نتیجه مطلوبی منجر نخواهد شد.

تحقیقات زیادی در خصوص استفاده از روشهای مختلف تصفیه خاکهای آلوده به مواد نفتی انجام شده که تا حدودی نتایج مناسبی را در بر داشته است.

بسیاری از روش های پاکسازی خاک بصورت آزمایشی انجام گردیده اند و قابلیت استفاده از آنها در مقیاس های واقعی کم می باشد. در این تحقیق سعی گردیده است پاکسازی خاک در ستون خاک

و در اثر نفوذ طبیعی مواد شوینده مورد بررسی قرار گیرد تا نتایج بدست آمده قابلیت بیشتری جهت استفاده در مقیاس واقعی داشته باشند.

هدف از انجام این تحقیق، مطالعه پیرامون امکان استفاده از روش خاکشویی در محل می باشد. تا کنون مطالعات بسیار زیادی پیرامون خاکشویی خارج از محل صورت پذیرفته است، به این صورت که خاک آلوده از محل آلوده حفاری می گردد و سپس به محلی جهت شستشو منتقل می شود و در آنجا خاک آلوده با آب و مواد شوینده مخلوط گردیده و سپس خاک پاکسازی می شود. روش های خارج از محل به زمان کمتری جهت انجام عملیات نیاز دارند و مدت زمان پاکسازی نیز کمتر می باشد. ولی داراری هزینه بالایی بوده و در بسیاری از مواقع حمل و نقل خاک از بین مناطق مسکونی مشکل زا می باشد. در این مطالعه سعی شده است پاکسازی خاک های آلوده در ستون خاک و تحت نیروی ثقلی مورد بررسی قرار گیرد، بدلیل اینکه آزمایش ستونی می تواند بهترین حالت برای شبیه سازی خاک در محل باشد.

تا کنون تحقیقات کاملی در خصوص پاکسازی خاک آلوده به گازوئیل به کمک شوینده ها و انجام بصورت آزمایشات ستونی انجام نشده است. در این تحقیق ضمن بررسی در مورد کارایی شوینده های مختلف در پاکسازی خاک های آلوده به نفت، شوینده مناسب انتخاب و شرایط بهینه با توجه به خواص فیزیکی، شیمیایی خاک، از طریق آزمایش ستونی مورد بررسی قرار خواهد گرفت و هدف، بررسی تاثیر نوع و میزان مواد شوینده بر مشخصات فیزیکی، شیمیایی خاک و حالت بهینه برای پارامترهای مختلف جهت رسیدن به بیشترین راندمان مورد نظر می باشد. بطور جزئی می توان اهداف را بصورت زیر خلاصه نمود:

➤ بررسی تاثیر میزان مواد شوینده جهت شستشوی خاک.

➤ تغییرات نفوذ پذیری خاک در طول آزمایش.

➤ تعیین بهینه pH محلول شستشو.

➤ یافتن بهترین حالت جهت انجام عملیات شستشو با توجه به مقادیر و روند پاکسازی و نفوذپذیری.

در این تحقیق پاکسازی گازوئیل از خاک در ستونی از خاک به ارتفاع ۱۵ سانتیمتر و قطر ۴ سانتیمتر مورد بررسی قرار گرفته است. خاک در مقادیر ۱۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک، توسط گازوئیل آلوده گردیده و بعد از ۷۲ ساعت تحت اثر شوینده SDS در مقادیر ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴ درصد وزنی، قرار گرفت. جهت بررسی تاثیر pH محلول شستشو کلیه آزمایش ها برای محلول شستشو با مقادیر pH ۴، ۷، ۹ و ۱۱ تکرار گردید. همچنین برای بررسی میزان تاثیر شوینده بر روند پاکسازی، آزمایشات با استفاده از آب و بدون شوینده نیز انجام گرفت. خاک تا میزان ۱۰ پورالیوم مورد شستشو قرار گرفت و تغییرات نفوذپذیری و روند پاکسازی در طول آزمایش اندازه گیری گردید. در فصل اول این پایان نامه به کلیاتی پیرامون موضوع پایان نامه و علت انتخاب موضوع پرداخته شده است.

در فصل دوم، مروری بر کارهای انجام گرفته و تعریفی جامع از روش خاکشویی ارائه گردیده و سپس محلول شوینده، انواع و ترکیبات آن و نحوه عملکرد آن جهت پاکسازی خاک های آلوده به ترکیبات نفتی گفته شده است. در فصل سوم دستگاهها، پایلوت انجام کار، مواد و روشهای انجام آزمایش، در فصل چهارم نتایج و بحث و در فصل آخر نیز نتایج نهایی و پیشنهادات ارائه گردیده است.